



**HAL**  
open science

# Conception d'un programme d'investigations ou de surveillance d'un site industriel

Frédéric Staut

► **To cite this version:**

Frédéric Staut. Conception d'un programme d'investigations ou de surveillance d'un site industriel. Sciences de la Terre. 2014. hal-02108543

**HAL Id: hal-02108543**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02108543>**

Submitted on 24 Apr 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## 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-memoires-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-memoires-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>

**Master 2 Géosciences,  
planètes, ressources et  
environnement**

Spécialité Sol, eau et  
environnement

**Rapport de stage**

**Conception d'un Programme d'Investigations  
ou de Surveillance d'un site industriel**

*Maîtres de stage*

Charlotte LOMBARD – Ingénieur bureau d'études

Raphaël WURM – Ingénieur d'affaires

*Tuteur universitaire*

Pierre FAURE – Chargé de Recherche

**Frédéric STAUT  
2013-2014**

**SOMMAIRE**

<b>I RESUME .....</b>	<b>4</b>
<b>II INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>III RÉFÉRENTIELS – SOURCES D’INFORMATIONS.....</b>	<b>6</b>
• ... Référentiels .....	6
• ... Documents consultés.....	6
<b>IV DESCRIPTION DU SITE ET DE SON PROCHE.....</b>	<b>8</b>
• ... Description du site .....	8
<b>V ETUDE DE VULNERABILITE DE L’ENVIRONNEMENT (A110) .....</b>	<b>9</b>
• ... Contexte géologique, hydrogéologique et hydrologique .....	9
• ... Zones protégées .....	10
• ... BASOL / BASIAS .....	10
• ... Vulnérabilité.....	10
<b>VI HISTORIQUE DU SITE ET DES ACTIVITES .....</b>	<b>11</b>
• ... Activité actuelle et passée du site, statut ICPE .....	11
• ... Historique général de site .....	11
<b>VII PLAN DES INVESTIGATIONS.....</b>	<b>13</b>
• ... Sécurité .....	13
• ... Reconnaissance des sols.....	13
• ... Reconnaissance des eaux souterraines.....	15
<b>VIII RESULTATS .....</b>	<b>18</b>
• ... Observations de terrain.....	18
• ... Analyses des sols .....	19
• ... Analyses des eaux souterraines.....	20
• ... Analyses des gaz du sol .....	21
• ... Synthèse de l’état des milieux .....	22
• ... Schéma conceptuel et évaluation sommaire des risques .....	22
• ... Propriétés physico-chimiques et toxicologiques des substances .....	23
• ... Conclusions et recommandations .....	23
<b>IX CONCLUSION .....</b>	<b>24</b>
<b>X BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>25</b>
• ... Références bibliographiques .....	25
• ... Normes.....	25
• ... Notes .....	25
• ... Arrêtés .....	25
• ... Sites internet .....	25

## SOMMAIRE DES ANNEXES

### Annexe 1 : Investigations de terrain

Figure 1 : Plan des investigations

Figure 2 : Exemple d'une fiche de sondage et d'une fiche de prélèvement d'eaux souterraines

### Annexe 2 : Présentation des résultats

Figure 1 : Esquisse piézométrique

Figure 2 : Teneurs en hydrocarbures totaux dans les sols

Figure 3 : Résultats d'analyses de sol

Figure 4 : Résultats des analyses par screening

Figure 5 : Synthèse de l'état des milieux

Figure 6 : Tableaux récapitulatifs des risques

### Annexe 3 : Schéma conceptuel

#### LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des bureaux et agences en France

Figure 2 : Photographie aérienne avec emprise du site

Figure 3 : Facteurs d'un risque

#### LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Eléments de la mission selon la norme NF X 31-620

Tableau 2 : Documents consultés

Tableau 3 : Dates clés de l'historique du site

Tableau 4 : Détails des sondages

Tableau 5 : Indices organoleptiques des sondages

Tableau 6 : Indices organoleptiques des piézomètres

Tableau 7 : Piézométrie

Tableau 8 : Résultats d'analyses des prélèvements d'eau

Tableau 9 : Résultats d'analyses des gaz du sol

## I RESUME

L'objectif de mon stage était d'appliquer mes connaissances apprises lors de mon cursus universitaire au sein d'un Bureau d'études. Ainsi j'ai assisté Charlotte Lombard, Ingénieur d'affaires au sein de Sita Remediation, dans son travail.

Les tâches effectuées étaient variées. En effet, j'ai pu participer à des investigations de terrain (forage, travaux de prospection...), assister les techniciens dans leurs travaux de suivis de nappe, d'eau superficielle et d'air ambiant tout en rédigeant les rapports de suivis associés.

Ce stage m'a également permis d'effectuer une CPIS (Conception d'un Programme d'Investigations ou de Surveillance) intégrant l'ensemble des étapes permettant de décrire les caractéristiques d'un site d'étude et définir la qualité des sols, des eaux souterraines et d'air ambiant au droit de ce site.

C'est ce dernier travail qui englobe bien les différentes activités effectuées lors de mon stage que j'ai décidé de présenter. Ce rapport détaille ainsi la méthode de travail et un certain nombre d'étapes menant à la réalisation d'une CPIS.

**Mots clés : eaux, nappe, pollution, risques, schéma conceptuel, sols**

## II INTRODUCTION

J'ai choisi de réaliser mon stage de fin d'études dans le domaine des sites et sols pollués, au sein du bureau d'études de l'Agence SITA Remediation de Bischheim.

SITA Remediation est une filiale de SITA Spécialités regroupant l'ensemble des activités « déchets dangereux » de SITA France du groupe SITA (groupe SUEZ ENVIRONNEMENT). C'est une société issue de la fusion en 2000 de deux sociétés pionnières dans la réhabilitation des sites et sols pollués depuis 1990 que sont ATE (Filiale de RHODIA) et Geoclean (Filiale de SITA). Le site <http://www.sitaremediation.fr/> nous informe sur les 20 années d'expérience de l'entreprise et les différentes compétences dans le traitement des sites pollués.

Comme on le voit sur la **figure 1**, SITA Remediation est présent en France avec un réseau de 7 agences et de 5 bureaux et le siège social est à Meyzieu en région lyonnaise.

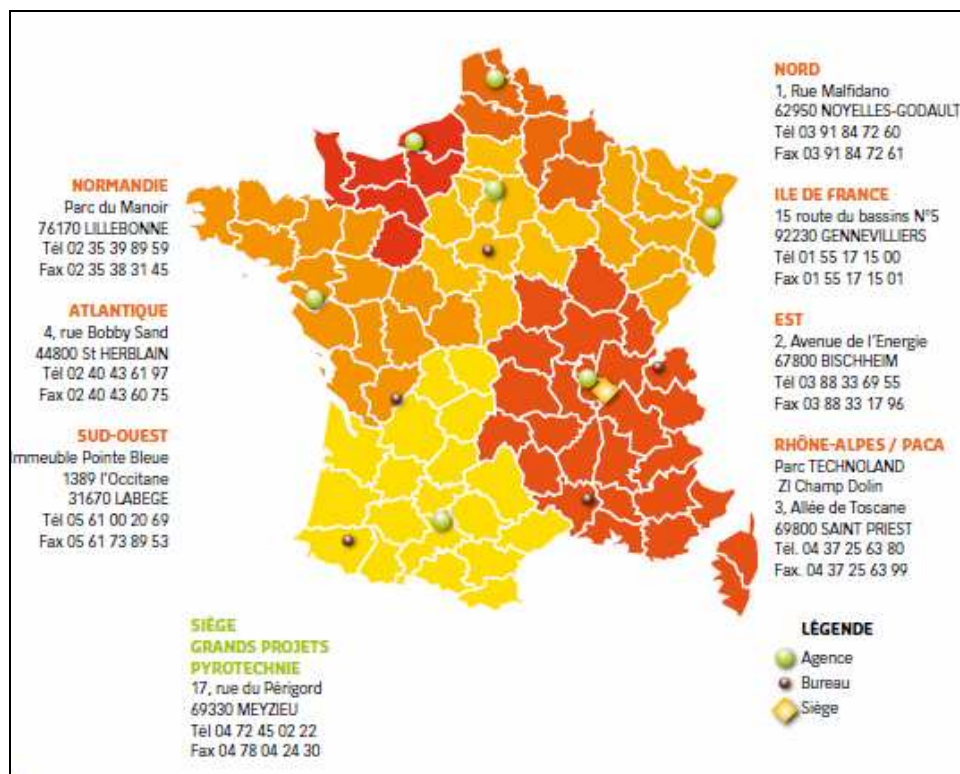


Figure 1 : Localisation des agences et bureaux en France (<http://www.sitaremediation.fr/>)

La société est également implantée dans 3 pays européens (Belgique, Hollande et Allemagne). Pour ma part, j'ai évolué au sein de l'Agence de Bischheim dont l'activité couvre tout l'Est de la France depuis la Haute-Marne jusqu'au Doubs. Les services de cette Agence sont :

- le bureau d'études qui se charge des suivis de nappe et d'air ambiant, diagnostics environnementaux et plans de gestion,
- les travaux qui se chargent de la réhabilitation, des traitements in situ/sur site/hors site et de la dépollution pyrotechnique.

Mon rapport s'inscrit dans les travaux du Bureau d'études. Celui-ci reprend les différentes étapes d'une CPIS, première étape d'un plan de gestion. Ainsi, j'ai pu lors de ce travail :

- déterminer l'historique du site à partir de la synthèse de l'ensemble des documents mis à disposition par le client, des archives ainsi qu'à partir des témoignages apportés par les employés anciens et actuels,
- déterminer la vulnérabilité de son environnement,

- analyser et interpréter les résultats d'analyses,
- mettre en oeuvre le schéma conceptuel.

La proposition d'éventuelles mesures complémentaires, l'identification d'options de gestion et la réalisation d'un bilan coûts avantages sont les prochaines étapes du plan de gestion.

## III RÉFÉRENTIELS – SOURCES D'INFORMATIONS

### • REFERENTIELS

Le travail présenté s'appuie sur la réglementation relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, encadrée par les notes et circulaires ministérielles du 8 février 2007 et leurs annexes (cf. portail officiel du Ministère en charge de l'environnement <http://www.sites-pollues.developpement-durable.gouv.fr/>).

Ainsi, il respecte le contenu des documents de référence suivants :

- note ministérielle du 8 février 2007 « Sites et sols pollués - modalités de gestion et réaménagement des sites pollués » (<http://www.sites-pollues.developpement-durable.gouv.fr/>),
- norme AFNOR NF X31-620-2 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués », juin 2011.

Les codifications en lien avec la CPIS réalisée sont détaillées dans le **tableau 1** ci-dessous.

**Tableau 1 : Eléments de la mission selon la norme NF X 31-620**

Eléments de la mission selon la norme NF X 31-620			
Prestation globale		Prestations élémentaires	
PG : plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation d'un site	CPIS : Conception de programmes d'investigations ou de surveillance	A100	Visite de site
		A110	Etude historique, documentaire et mémorielle
		A120	Etude de vulnérabilité des milieux
		A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols
		A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines
		A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques
		A320	Analyse des enjeux sanitaires (démarche d'évaluation des risques sanitaires)
	A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts avantages	

### • DOCUMENTS CONSULTES

Les documents menant à la réalisation de l'étude historique et de l'étude de vulnérabilité doivent être nombreux et variés afin de bien appréhender l'évolution du site et de ses activités. Les plans, cartes et documents administratifs disponibles ont ainsi été regroupés dans le **tableau 2** ci-dessous.



Tableau 2 : Documents consultés

Nature de la ressource consultée	Intitulé du document
Carte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carte géologique du BRGM</li> <li>- Carte topographique IGN</li> </ul>
Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ancien plan des locaux de l'entreprise</li> <li>- Ancien plan d'un projet d'agrandissement des locaux</li> <li>- Ancien plan d'implantation de sondages réalisé par un Bureau d'études</li> </ul>
Document administratif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrêté préfectoral de 1973 et différentes annexes associées</li> <li>- Rapport présentant les résultats et interprétations de la reconnaissance</li> <li>- Notice technique du projet d'agrandissement des locaux</li> </ul>
Base de données	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Banque du sous-sol du BRGM (<a href="http://infoterre.brgm.fr">http://infoterre.brgm.fr</a>)</li> <li>- Photothèque IGN (<a href="http://ign.fr">http://ign.fr</a>)</li> <li>- BASOL (<a href="http://basol.developpement-durable.gouv.fr/">http://basol.developpement-durable.gouv.fr/</a>)</li> <li>- BASIAS (<a href="http://basias.brgm.fr">http://basias.brgm.fr</a>)</li> <li>- BARPI (<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>)</li> </ul>
Sites Internet	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="http://www.geoportail.gouv.fr">http://www.geoportail.gouv.fr</a></li> <li><a href="http://www.aprona.net">http://www.aprona.net</a></li> </ul>

Les plans et documents administratifs m'ont été directement fournis par un Ingénieur de SITA Remediation qui avait effectué une partie du travail préalable de recherche documentaire. Toutefois, étant donné la quantité d'informations, il s'avérait nécessaire de filtrer l'information afin d'y faire ressortir les éléments les plus pertinents.

Les cartes, bases de données et sites Internet sont également indispensables afin de caractériser et de définir les emplacements des zones sources potentielles de pollution au droit de la zone d'étude. Afin de répondre aux objectifs de la **prestation A110** d'une CPIS, la recherche documentaire doit donc être la plus complète et exhaustive possible. C'est pourquoi cette étape fut relativement longue et délicate puisqu'elle exigeait une importante quantité d'informations.

## IV DESCRIPTION DU SITE ET DE SON PROCHE

### • DESCRIPTION DU SITE

Soumis à la réglementation pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, le site objet de la présente étude est une société de stockage de peintures et vernis implantée dans une zone industrielle. Il est implanté sur un terrain d'environ 4600 m<sup>2</sup> occupés en partie par des bâtiments dont les structures métalliques sont prédominantes (hangar, mobiliers et dalles de béton). Son environnement immédiat est constitué par des bâtiments industriels et commerciaux.



Figure 2 : Photographie aérienne avec emprise du site en rouge

Deux visites de site, prestation obligatoire selon la norme **NF X 31-620**, ont été effectuées en septembre 2013 et en janvier 2014. La première visite a été réalisée par le chef de projet dans le cadre de la réalisation de la proposition technique et financière. Par la suite, j'ai assisté un technicien sur site lors d'investigations de terrain.

Il n'y a pas d'espaces verts sur le site. Le reste étant recouvert d'enrobés pour une utilisation de parking.

Un plan du site est visible en **annexe 1, figure 1**.

## V ETUDE DE VULNERABILITE DE L'ENVIRONNEMENT (A110)

### • CONTEXTE GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE

#### • Contexte géologique

Le site repose sur des alluvions sablo-limoneuses avec des poches de vase sur une épaisseur variable de plusieurs décimètres à quelques mètres reposant sur des alluvions sablo-graveleuses présentes sur une grande épaisseur. Cette dernière couche est constituée par des graviers sans sable, de sable et plus rarement d'argile et de vase.

#### • Contexte hydrogéologique

Au droit du site, la nappe des alluvions est la première nappe susceptible d'être recoupée. Cette nappe, sujette à fluctuations saisonnières, se situe à faible profondeur (environ 2 à 3 m) et sa direction est nord nord-est à nord nord-ouest.

#### • Contexte hydrologique

Plusieurs cours d'eau sont présents dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude dont un canal qui ne peut cependant être considéré comme vulnérable à une pollution malgré sa proximité au site puisque la connexion hydraulique avec la nappe est inexistante.

Deux cours d'eau peuvent constituer des exutoires des eaux souterraines vu leur position à l'aval hydraulique. Cependant, ces cours d'eau ne semblent pas particulièrement vulnérables à une pollution en raison de leur distance au site et des phénomènes de dilution.

Il est également à noter la présence de plans d'eau aux alentours du site. En raison de leur position (en amont ou position latérale) et de leur distance par rapport au site, ces points d'eau ne sont pas considérés comme vulnérables à une éventuelle pollution issue du site.

Le site se trouve en zone dans laquelle l'aléa inondation dans les sédiments est fort voire très élevé.

A l'aide des informations collectées dans la base de données BSS eaux<sup>1</sup>, il a été décidé de détailler les captages pour l'adduction en eau industrielle (AEI) et les captages à usage de puits privé les plus proches (rayon de 1 km autour de la zone d'étude) et donc les plus vulnérables. Concernant les captages pour l'adduction en eau potable (AEP), il a été décidé de prendre en compte ceux situés dans un rayon de 5 km autour du site.

A partir de ces informations, les captages les plus vulnérables ont été déterminés. Ceux-ci sont généralement situés à proximité du site et à l'aval hydraulique. A partir d'une certaine distance, la vulnérabilité des captages situés à l'aval hydraulique diminue en raison des phénomènes de dispersion, dilution et d'atténuation naturelle mais ces derniers restent sensibles à une éventuelle pollution.

Un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) recouvrant cette zone existe également. Consultable sur le site <http://www.aprona.net>, il vise à plusieurs objectifs dont la préservation de la nappe phréatique, la restauration des écosystèmes aquatiques ou la gestion des débits en période de crues comme en période d'étiages en tenant en compte à la fois des besoins pour les différents usages et de la sauvegarde de la biodiversité.

---

<sup>1</sup> Banque de données du sous-sol du BRGM

## • ZONES PROTEGEES

D'après les informations collectées à partir du site <http://infoterre.brgm.fr/> du BRGM, les zones protégées recensées dans un rayon de 5 km autour du site sont les suivantes :

- une zone Natura 2000 directive Habitats au Sud-est du site,
- une zone Natura 2000 directive Oiseaux au Sud-est du site,
- deux ZNIEFF type II (grands ensembles naturels offrant des potentialités biologiques importantes) au Sud-ouest et au Sud-est du site,
- deux ZNIEFF type I (territoire correspondant à une ou plusieurs unités écologiques homogènes abritant au moins une espèce ou un habitat caractéristique remarquable ou rare) au Sud et à l'Ouest du site,
- une zones humide RAMSAR (Zones humides d'importance internationale) à l'Est.

## • BASOL / BASIAS

D'après les informations recueillies auprès des bases de données du BRGM (BASIAS et BASOL), les activités industrielles potentiellement polluantes installées ou qui ont été installées auprès du site d'étude sont nombreuses. Notre site est vulnérable par rapport à des activités situées à l'amont hydraulique. Les autres activités sont situées à l'aval hydraulique et ne constituent pas des sources susceptibles d'affecter le site. Il est à noter qu'une industrie située à l'amont hydraulique a connu une pollution historique relativement importante par des COHV qui a pu affecter les eaux souterraines du site étudié.

## • VULNERABILITE

L'étude documentaire de l'environnement du site a mis en évidence les points suivants :

- la présence d'une nappe alluviale productrice à une profondeur de 2 à 3 m environ et s'écoulant vers le nord/nord-est. Celle-ci peut néanmoins fluctuer saisonnièrement et ainsi également s'écouler dans une direction nord/nord-ouest,
- des terrains sous-jacents perméables (sables, graviers et galets peu susceptibles de limiter la migration d'une éventuelle pollution) à peu perméables (matériel plus ou moins argileux avec par endroits intercalations de lits tourbeux) plus aptes à limiter la migration d'une pollution,
- des captages AEP non vulnérables en raison de leur distance et position par rapport au site, la présence d'une grande part de puits privés dont la vulnérabilité est relativement importante (le canal ne constituant pas une barrière hydraulique) et des captages AEI dont les plus vulnérables sont situés à proximité du site et à l'aval hydraulique,
- le site est situé à proximité de périmètres de protection dont deux zones Natura 2000 (directive Oiseaux et directive Habitats), deux ZNIEFF type II, deux ZNIEFF de type I et une zone RAMSAR,
- une quantité importante d'activités autour du site pouvant l'impacter directement en cas de pollution.

L'enjeu principal est la nappe alluviale vulnérable. Ces caractéristiques menacent directement les puits privés et les captages AEI situés à l'aval hydraulique et à proximité du site. Les cours d'eau sont moins sensibles en raison de leur distance par rapport au site et des phénomènes de dilution, de dispersion et d'atténuation naturelle, limitant l'impact d'une pollution (B.Lemière *et al.*, 2001).

## VI HISTORIQUE DU SITE ET DES ACTIVITES

### • ACTIVITE ACTUELLE ET PASSEE DU SITE, STATUT ICPE

- Activité actuelle du site

Il y a un projet de cessation d'activité sur le site puis cession du terrain mais ce dernier est encore en activité pour la vente de produits de peintures.

- Activité passée du site

Dès 1948, l'entreprise fabriquait des peintures et vernis. Il y a eu par la suite une activité de stockage relativement important de peintures, solvants et liquides inflammables au droit du site. La base de données *Basias* nous informe sur les différents produits utilisés ou générés par l'activité du site et les quantités (180 m<sup>3</sup>).

- Statut ICPE

Le site est soumis à la réglementation pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement pour l'activité suivante : dépôt de liquides inflammables sous le régime de la déclaration.

### • HISTORIQUE GENERAL DE SITE

Grâce aux différentes sources d'information (documents récoltés, visite et interview du personnel), l'histoire du site a pu partiellement être recomposée. Celle-ci est résumée dans le **tableau 3** à travers les dates clés :

**Tableau 3 : Dates clés de l'historique du site**

<b>1948</b>	Démarrage de l'activité industrielle au droit du site
<b>1973</b>	Début de l'activité fabrication de peinture (de 1948 à 1973, le site était soumis à autorisation pour la fabrication de peinture et de vernis)
<b>entre 1973 et 1989</b>	Incendie au droit du site selon témoignage oral du personnel. Aucune indication écrite de cet incendie n'a été retrouvée.
<b>1989</b>	Devis pour le dégazage et inertage à l'eau de 16 cuves semi enterrées pour une capacité de 150 m <sup>3</sup> . Précision des travaux effectués : <ul style="list-style-type: none"> <li>• dégazage des tuyauteries avec démontage,</li> <li>• nettoyage des bacs cloisonnés,</li> <li>• démontage et enlèvement de l'ensemble</li> </ul> Nous n'avons pas de traces écrites pour vérifier si cette opération a été réalisée.
<b>1994-1995</b>	Restructuration des bâtiments et construction d'un dock. Le site prend alors la configuration actuelle. Un courrier de 1995 d'un cabinet d'architecture concernant la situation financière des travaux de restructuration indique une plus value du coût en raison de « sortie cuves ».
<b>2007</b>	Incident de dépotage dans la cave abritant les cuves de chauffage au fuel. La quantité déversée au sol n'est pas connue. Une opération de pompage du fuel dans la cave a été réalisée.

Les éléments qui ont pu avoir un impact dans les sols et les eaux souterraines sont donc :

- l'important incendie qui a eu lieu entre 1973 et 1989,
- l'ancien parc à cuves composé de 16 cuves semi enterrées,
- l'incident de déversement de FOD qui s'est produit par le passé au niveau de la cuve présente dans la cave du bâtiment principal.

A travers des ressources documentaires variées, ces premières étapes essentielles permettent donc :

- d'appréhender les sources de pollution potentielles et donc de s'informer sur les propriétés des polluants,
- de connaître les modalités de transfert de ces polluants selon l'état des milieux (revêtement de surface, propriétés de la nappe...),
- de guider les investigations à réaliser dans la prochaine étape.

## VII PLAN DES INVESTIGATIONS

Cette phase, à laquelle j'ai participé, va être présentée brièvement.

### • SECURITE

L'établissement de consignes de sécurité est une étape fondamentale nécessaire au bon fonctionnement du chantier. Elle limitera les risques liés à l'intervention afin d'exposer le moins possible les équipes présentes sur le terrain.

La sécurité lors du chantier est assurée par :

- le respect des consignes de sécurité de SITA REMEDIATION,
- la rédaction d'un plan de prévention avant le démarrage de la phase de travaux,
- la consultation des plans de réseaux enterrés,
- la consultation des plans fournis lors des DICT (déclaration d'intention de commencement de travaux),
- une sécurisation des points de sondage par contrôle d'absence de réseaux enterrés.

### • RECONNAISSANCE DES SOLS

- Sondages

Un premier plan d'investigation a été établi à la suite de l'étude documentaire et des visites de site. La localisation et la profondeur des sondages de reconnaissance ont été définies suite aux résultats de la phase documentaire, de façon à préciser la qualité du sous-sol au niveau des zones sources potentielles de pollution non reconnues à ce stade de l'étude et en fonction des contraintes liées au terrain (zones accessibles...).

Le plan d'investigations a donc été ciblé en fonction des zones de pollution potentielles et de l'accessibilité.

Au total, 13 sondages ont été réalisés. La profondeur a été variable et définie en fonction du type d'infrastructures, de la nature des polluants, du type de recouvrement de surface et de l'accessibilité. Ainsi, un sondage à l'intérieur d'un bâtiment n'a pas les mêmes contraintes qu'un sondage à l'extérieur. En effet, les sondages effectués à l'extérieur ont pu être réalisés à la foreuse alors que les zones situées à l'intérieur d'un bâtiment (non accessible à une foreuse) ont nécessité un carottier portatif généralement utilisé dans des milieux confinés.

La récapitulation des détails des sondages est présentée dans le **tableau 4** de la page suivante.

Tableau 4 : Détails des sondages

Infrastructure	Sondage				
	nom	mode de forage	diamètre (mm)	revêtement	profondeur
Zone des anciennes cuves	S1 à S5	carottier	80	enrobé	4 m
Zone de la chaudière et cuves FOD	S6 à S9	carottier portatif	60 et 50	dalle béton	3 m
Zone de stockage en caves	S10 et S11	carottier portatif	60 et 50	dalle béton	3 m
Zone extérieur (parking actuel et ancien bâtiment historique)	S12	carottier	80	enrobé	4 m
Zone extérieur (parking actuel et ancien bâtiment historique)	S13	carottier	83 et 60	enrobé	4 m

- Prélèvements de sol

Pour chaque point de sondage il a été procédé aux prestations suivantes :

- relevé des caractéristiques lithologiques et organoleptiques des couches de terrain rencontrées,
- relevé des indices organoleptiques de pollution,
- prélèvement d'échantillons de sol à 0,5 m ou sous la dalle béton, puis tous les mètres et dans les horizons apparaissant souillés jusqu'à la fin du sondage dans un but d'analyses,
- mesure des composés organiques volatils émanant des terres par détecteur à photo-ionisation durant la réalisation du sondage,

L'ensemble des investigations est supervisé par un géologue de SITA Remediation chargé du choix et du conditionnement des échantillons de l'étiquetage et de la mise en glacière avant envoi au laboratoire par messagerie express.

Un exemple d'une fiche de sondage est présenté en **annexe 1, figure 2**.

- Analyses de sol

#### VII-1-A-a Programme analytique

Des analyses ont été effectuées par un laboratoire sur des échantillons de sol. Le choix des échantillons et des analyses a été guidé par le type d'infrastructures visées, la synthèse de l'étude documentaire et les indices organoleptiques de pollution relevés lors des investigations de terrain.

Vu les polluants potentiellement présents sur site, les analyses suivantes ont été effectuées :

- les hydrocarbures C5-C40 sur tous les sondages ; soit 13 analyses,
- les métaux à raison d'une analyse systématique, soit 13 analyses,
- les BTEX/COHV à raison d'une analyse systématique, soit 13 analyses,
- les HAP, à raison d'une analyse sur 3 ; soit 4 analyses,
- analyse de type inventaire à raison de 2 analyses.

En complément, des analyses ont été effectuées en vue de l'analyse des risques résiduels :

- 2 analyses de type TPH selon la norme ISO 22 155 ou équivalent à réaliser sur les échantillons les plus pollués,
- 1 analyse de granulométrie / sédimentométrie selon la norme NF ISO 13 320-1 ou équivalent,



- 1 analyse du Carbone Organique Total (COT) selon la norme NF ISO 10 694 ou équivalent.

### VII-1-A-b Définition du degré de contamination des sols

Pour appréhender le degré de pollution des sols, et en cohérence avec la réglementation relative aux sites et sols pollués (cf. circulaire ministérielle du 8 février 2007 et documents associés – <http://www.sites-pollues.developpement-durable.gouv.fr>), les teneurs mesurées dans les sols doivent être comparées :

- à l'état initial du site, non connu,
- aux valeurs de bruit de fond naturel : il en existe pour les métaux,
- aux valeurs réglementaires existantes (non existantes pour les sols).

En l'état actuel des connaissances, les seules valeurs disponibles sont les valeurs de bruits de fond en métaux.

A titre indicatif, les résultats d'analyses de sol seront également comparés :

- entre eux : SITA REMEDIATION se base sur son expérience dans le domaine de la réhabilitation de sites et sols pollués et l'analyse des risques associés adaptée au contexte du site,
- aux valeurs d'acceptation des terres en ISDI, Installation de Stockage des Déchets Inertes<sup>2</sup>.

**Les critères d'acceptation ISDI ne représentent pas des valeurs « limites » et ne constituent en aucun cas des seuils de dépollution.**

Nous rappelons que la politique française de gestion des sites et sols pollués est basée sur la notion de compatibilité entre les milieux et leurs usages. En ce sens, l'usage actuel et futur d'un site est un élément essentiel d'appréciation des mesures de gestion à mettre en œuvre.

Les valeurs de référence choisies sont présentées dans le tableau de résultat présenté en **annexe 2, figure 3**.

### • RECONNAISSANCE DES EAUX SOUTERRAINES

- Implantation

Dans un premier temps, trois ouvrages ont été implantés (un en amont et deux en aval hydraulique supposé). La configuration du site a contraint la pose du piézomètre amont déjà en position aval du bâtiment principal. Etant donné la présence d'un impact dans les sols au droit de la zone de la chaudière et des cuves FOD mais l'absence d'impact dans les eaux souterraines, une zone intermédiaire a été investiguée en juillet 2014. Cette campagne a mené à réaliser un autre piézomètre (PZ4) à l'amont hydraulique du site mais en aval hydraulique de la zone de la chaudière et des cuves FOD.

- Méthodologie de forage

La méthode destructive au marteau fond de trou ou odex a été utilisée. Celle-ci permet de traverser tout type de terrain. Les eaux souterraines sont présentes vers 2-3 mètres au droit du site. La

---

<sup>2</sup> Arrêté du 28 octobre 2010 fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans des installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations

réalisation de piézomètres à 7 mètres de profondeur a été réalisée pour obtenir une colonne d'eau dans l'ouvrage suffisante.

Lors de leur réalisation, les ouvrages piézométriques ont été équipés de la façon suivante :

- mise en place d'un tubage PVC crépiné dans les zones productives (zones recueillant l'eau) surmonté par du tubage plein, en diamètre 64/75 mm,
- comblement de l'espace compris entre la paroi du forage et le tube PVC avec un massif filtrant siliceux permettant d'harmoniser et d'augmenter la perméabilité au voisinage du sondage, et de jouer un rôle de filtre en retenant les éléments les plus fins,
- mise en place d'un bouchon étanche d'argiles gonflantes surplombant le tubage plein permettant d'éviter toute contamination de l'ouvrage par les eaux de ruissellement,
- équipement de la tête d'ouvrage par une bouche à clé verrouillable cimentée à la surface du sol.

A la suite de leur réalisation, un nettoyage à l'air lift ou à la pompe immergée est nécessaire pour obtenir une eau claire adaptée aux analyses en laboratoire. Ensuite, un nivellement relatif entre les ouvrages permet d'établir un sens d'écoulement des eaux souterraines dans l'objectif de tracer une esquisse piézométrique et de vérifier les hypothèses de la phase documentaire.

- Analyses d'eau

#### **VII-1-A-c Programme analytique**

Comme pour les analyses de sol, le choix des échantillons et des analyses a été guidé par le type d'infrastructures visées, la synthèse de l'étude documentaire et les indices organoleptiques de pollution relevés lors des investigations de terrain.

Des analyses ont été effectuées par un laboratoire des échantillons de sol sélectionnés pour les paramètres suivants :

- les hydrocarbures C5-C40 ; soit 3 analyses
- les métaux ; soit 3 analyses,
- les BTEX ; soit 3 analyses,
- les HAP ; soit 3 analyses,
- les COHV ; soit 3 analyses.

#### **VII-1-A-d Définition du degré de contamination des eaux**

En cohérence avec la réglementation française de février 2007 de gestion des sites pollués, les teneurs mesurées dans les milieux sont comparées à des valeurs de référence réglementaires en vigueur. A ce titre, les résultats d'analyse de cette campagne seront comparés aux concentrations seuils présentées dans les textes suivants :

- **valeurs réglementaires françaises** : Arrêté du 11 janvier 2007 « relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique » - Annexe I (eaux destinées à la consommation humaine), Annexe II (eaux brutes de toute origine utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine) et Annexe III (eaux douces superficielles destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux de source conditionnés),
- **les valeurs guides OMS** : « Directives de qualité pour l'eau de boisson » premier addendum à l'édition 3 de 2004, OMS 2006 – tableau A4.3.

Les résultats sont également comparés par rapport :

- aux teneurs en amont et aval hydraulique. C'est la notion d'impact. Un impact d'une activité sur un site est considéré lorsqu'il est possible de mettre en évidence une

augmentation de 50% de la concentration d'un paramètre entre la position hydraulique amont et la position hydraulique aval d'un site.

Les valeurs de référence des paramètres analysés sont présentées dans les tableaux de résultats d'analyses dans la prochaine partie.

## VIII RESULTATS

### • OBSERVATIONS DE TERRAIN

- Indices organoleptiques sur les sols

Lors de la réalisation des sondages, des indices organoleptiques ont été observés. Ils sont récapitulés dans les **tableaux 5 et 6** ci-après. Seuls les sondages présentant des indices organoleptiques figurent dans le tableau. Les mesures de détection par photo-ionisation (principe utilisant des photons pour ioniser les molécules de gaz) ont également été reportées.

**Tableau 5 : Indices organoleptiques des sondages**

Nom	Profondeur (m)	Indices de terrain	Profondeur (m)	Mesures gaz (ppmV)
S4	0,5 à 4	odeurs d'hydrocarbures	2,1	50
			3	1
S6	0,5 à 3	très légères odeurs d'hydrocarbures	0,5	7
			1	1
S7	0,5 à 3	odeurs d'hydrocarbures	0,5	22
			1	19
			2	80
			3	120
S8	0,5 à 3	traces grises et odeurs d'hydrocarbures	0,5	60
			3	60
S9	0,5 à 3	odeurs d'hydrocarbures	0,5	30
			2	20
			3	5

- Indices organoleptiques sur les eaux souterraines

Les indices organoleptiques relevés dans les eaux souterraines sont présentés dans le tableau ci-après.

**Tableau 6 : Indices organoleptiques des piézomètres**

Ouvrage	Indices organoleptiques	Mesures gaz (ppmV)
PZ1	/	0
PZ2	eaux de couleur beige (intensité légère) et légèrement sableuse	0
PZ3	/	0
PZ4	/	0

La réalimentation au droit des piézomètres était très bonne. Ceci confirme les données acquises lors de l'étude documentaire qui révélait une nappe productrice.

- Nivellement et piézométrie

Le nivellement des piézomètres permet, après mesure des niveaux d'eau dans les ouvrages, de déduire le sens d'écoulement des eaux souterraines au droit du site. Le résultat du nivellement final de l'ensemble des ouvrages est présenté dans le **tableau 7** ci-après.

**Tableau 7 : Piézométrie**

	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4
date de prélèvement	07/07/14	07/07/14	07/07/14	07/07/14
cote de l'ouvrage (m)	99,99	100,13	99,969	100
profondeur du niveau d'eau	2,4115	2,535	2,455	2,39
cote du toit de la nappe	97,5785	97,595	97,514	97,61
profondeur de l'ouvrage (m)	6,85	6,8	6,85	7

Le sens d'écoulement général des eaux souterraines ainsi mis en évidence est dirigé vers le nord/nord-est. Le gradient hydraulique déduit de ces mesures est de l'ordre 1 ‰.

- **ANALYSES DES SOLS**

Les résultats d'investigations sont comparés aux critères ISDI (Installations de Stockage de Déchets Inertes) lorsqu'elles existent et aux anomalies naturelles modérées ainsi qu'au fond géochimique pour les métaux.

Les tableaux des résultats se trouvent en **annexe 2, figure 3**. Toute teneur supérieure au seuil de détection est présentée sur fond jaune clair. Les teneurs contenues dans les valeurs d'anomalies naturelles modérées et/ou dépassant le fond géochimique sont présentées sur fond rouge.

Une part des mesures effectuées par screening, méthode utilisant la technique de chromatographie pour détecter la présence de substances données dans un échantillon ([www.bafu.admin.ch/](http://www.bafu.admin.ch/)), sera étudiée à part.

Des anomalies modérées en métaux adsorbés sont retrouvées ponctuellement dans la zone de la chaudière et des cuves FOD (S7 et S8) et dans la zone des anciennes cuves (S2).

Les COHV sont absents dans la quasi-totalité des ouvrages.

Il y a présence de traces de HAP dans la zone de la chaudière et des cuves FOD.

Un impact relativement fort a pu être déduit des teneurs dans la partie supérieure des sols de la zone de chaudière et des cuves FOD (S8 et S9 à 0,5m) et dans la partie inférieure de S8 (teneurs >1000 mg/kg MS). Ces résultats sont globalement conformes aux observations organoleptiques de terrain (aspect gras, couleur et odeur des terrains impactés).

A noter également que les teneurs les plus élevées se situent globalement dans les fractions C12 à C21. Ces fractions sont cohérentes avec les pollutions de type FOD (Lemièrre, B. *et al.*, 2001).

Les PCB ont été recherché uniquement sur l'échantillon « Moyen PZ1, PZ2, PZ3 ». Comme on le voit dans l'**annexe 2, figure 4**, il y a uniquement des traces en PCB inférieures au critère ISDI.

● **ANALYSES DES EAUX SOUTERRAINES**

Les résultats des analyses des prélèvements des eaux du souterraines réalisées lors des deux campagnes sont présentés dans le **tableau 8**. Une deuxième campagne a été réalisée à la suite de l'implantation du quatrième piézomètre.

Toute teneur supérieure au seuil de détection est présentée sur fond jaune. Il n'existe cependant aucune valeur dépassant les valeurs de référence.

**Tableau 8 : Résultats d'analyses des prélèvements d'eau**

unité : µg/l	Valeurs réglementaires françaises		Valeurs réglementaires européennes	Valeurs Guide OMS	PZ 1 (latéral aval)		PZ 2 (amont)		PZ 3 (aval)		PZ4 (amont)	
	Eaux brutes**	Eau potable*	Eau potable*	Eau potable*	28/02/2014	07/07/2014	28/02/2014	07/07/2014	28/02/2014	07/07/2014	07/07/2014	
<b>METAUX</b>												
arsenic	100	10	10	10*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
cadmium	5	5	5	3	0,38	0,6	2,3	2,6	<0,20	<0,20	1,8	
chrome	50	50	50	50*	<1	<1	<1	1,0	<1	<1	1,1	
cuivre		2000	2000	2000	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
mercure	1	1	1	6*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
plomb		20	20	70	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2	
nickel	50	25*	25*	10**	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	
zinc	5000				<10	<10	22	<10	<10	<10	18	
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS</b>												
benzène		1	1	10	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
toluène				700	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
éthylbenzène				300	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
orthoxylène					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
para- et méta-xylène					<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
xylènes				500	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	
BTEX total					<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</b>												
naphtalène					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
acénaphthylène					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
acénaphthène					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
fluorène					<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
phénanthrène					<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	
anthracène					<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
fluoranthène					<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
pyrène					<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
benzo(a)anthracène					<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
chrysène					<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
benzo(b)fluoranthène					<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
benzo(k)fluoranthène					<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
benzo(a)pyrène		0,01	0,01	0,7	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
dibenzo(ah)anthracène					<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
benzo(ghi)peryène					<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
cd)pyrène					<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
EPA					<0,6	<0,6	<0,6	0,03	<0,6	<0,6	<0,6	
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS</b>												
1,2-dichloroéthane		3	3	30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
1,1-dichloroéthane					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
cis-1,2-dichloroéthane				50*	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
dichloroéthylène					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
dichlorométhane				20	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
1,2-dichloropropane					<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
1,3-dichloropropène				20	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
tétrachloroéthylène		10*	10*	40	1,3	1,2	1,2	0,90	0,40	0,33	0,79	
tétrachlorométhane				4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
1,1,1-trichloroéthane					0,37	0,39	0,33	0,32	0,55	0,41	0,37	
trichloroéthylène		10*	10*	20**	0,42	0,45	0,42	0,48	0,67	0,49	0,49	
chloroforme					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
chlorure de vinyle		0,5	0,5	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
hexachlorobutadiène				0,6	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
bromoforme		100*	100*	100	0,38	<0,2	0,41	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
<b>HYDROCARBURES TOTAUX</b>												
fraction C5 - C6					<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
fraction C6 - C8					<10	<10	<10	<10	11	<10	<10	
fraction C8 - C10					<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
fraction C10-C12					<5	<5	<5	<5	<5	<5	170	
fraction C12-C16					<5	<5	<5	<5	<5	<5	160	
fraction C16 - C21					<5	<5	<5	<5	<5	<5	160	
fraction C21 - C40					<5	<5	<5	<5	<5	<5	140	
C10-C40	1000				<20	<20	<20	<20	11	<20	620	

En amont du site, au droit de PZ2, les résultats mettent en évidence la présence en traces de métaux (cadmium, chrome et zinc), de phénanthrène et de COHV. Les valeurs de référence ne sont pas dépassées.

En amont du site (PZ4), il y a présence de métaux (cadmium, chrome, plomb et zinc) et de COHV à l'état de traces sans dépassement des valeurs de référence. A noter la présence en teneurs non négligeables (620 µg/l) d'hydrocarbures totaux C10-40.

En aval du site (PZ3), il y a présence de traces de COHV et d'hydrocarbures sans dépassement des valeurs de référence.

En latéral aval du site (PZ1), il y a présence de cadmium à l'état de traces, et la présence de COHV dont les teneurs sont dans le même ordre de grandeur que dans le piézomètre à l'amont du site (PZ2).

Ces résultats mettent donc en évidence des teneurs en métaux à l'amont du site qui n'apparaissent pas à l'aval du site (uniquement teneur en traces de cadmium au droit de PZ1).

Il y a une présence faible de COHV au droit des 4 piézomètres. Les valeurs mesurées en COHV sont dans les mêmes proportions et restent conformes aux valeurs de référence.

Enfin, des teneurs non négligeables en hydrocarbures sont présentes au droit de PZ4 qui se situe à l'aval hydraulique de la zone de la chaudière et des cuves FOD. Cependant, ces teneurs en hydrocarbures sont très faibles voire absentes à l'aval du site (PZ3 et PZ1). D'après ces résultats, il n'y a pas de migration hors site de ces composés dans les eaux souterraines. L'évaluation détaillée des risques sera traitée dans le prochain chapitre.

## • ANALYSES DES GAZ DU SOL

Une deuxième investigation complémentaire a été réalisée depuis la campagne de février 2014. En effet, un piézair a été installé dans la zone de la chaudière et des cuves FOD. D'après les résultats d'analyses des gaz du sol, il y a absence de teneurs des composés analysés comme le montre le **tableau 9**. Cependant, une campagne ne suffit pas à écarter le risque d'inhalation éventuel.

**Tableau 8 : Résultats d'analyses des prélèvements de gaz du sol**

		piézair
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS</b>		
benzène	µg/éch	<1
toluène	µg/éch	<1
éthylbenzène	µg/éch	<1
orthoxyène	µg/éch	<1
para- et métaxyène	µg/éch	<2
xylènes	µg/éch	<3
BTEX total	µg/éch	<6
naphtalène	µg/éch	<0,76
<b>HYDROCARBURES VOLATILS</b>		
fraction aromat. >C6-C7	µg/éch	<20
fraction aromat. >C7-C8	µg/éch	<20
fraction aromat. >C8-C10	µg/éch	<10
fraction aromat. >C10-C12	µg/éch	<10
fraction aromat. >C12-C16	µg/éch	<10
fraction aliphat. C5-C6	µg/éch	<20
fraction aliphat. >C6-C8	µg/éch	<20
fraction aliphat. >C8-C10	µg/éch	<20
fraction aliphat. >C10-C12	µg/éch	<20
fraction aliphat. >C12-C16	µg/éch	<20

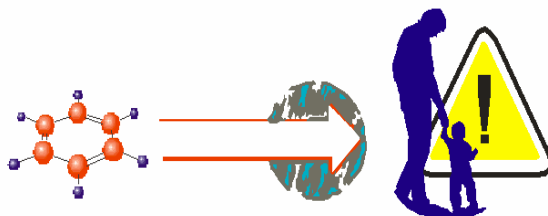
## SYNTHÈSE ET INTERPRÉTATION POUR L'ÉTABLISSEMENT DU SCHEMA CONCEPTUEL

### • SYNTHÈSE DE L'ÉTAT DES MILIEUX

Les investigations de terrains réalisées en complément de l'étude documentaire ont permis d'établir une synthèse de l'état des milieux, résumée dans un tableau récapitulatif présenté en **annexe 2, figure 6**.

### • SCHEMA CONCEPTUEL ET EVALUATION SOMMAIRE DES RISQUES

Synthétisé dans la **figure 3**, le risque induit par un site potentiellement pollué résulte de l'existence conjointe :



**Figure 3 : Facteurs d'un risque**

- d'une source de pollution, d'une voie de transfert de cette pollution et d'un enjeu pour cette pollution.

En l'absence de l'un de ces trois facteurs, il n'y a pas de risque d'exposition.

Le tableau présenté en **annexe 2, figure 5** récapitule les différentes voies et milieux d'exposition mis en évidence lors de la présente étude. L'évaluation sommaire des risques est construite sur les données acquises lors de l'étude documentaire, des investigations de terrain et des études environnementales actuelles et passées. Elle est caractérisée par les niveaux suivants :

- **Inexistant** : Selon les connaissances actuelles et dans les limites des investigations réalisées, il n'y a pas de danger pour un éventuel enjeu concerné par l'infrastructure étudiée,
- **Limité** : Risque existant mais non significatif. Une surveillance de l'infrastructure peut toutefois être envisagée,
- **Potentiel** : Investigations complémentaires nécessaires afin de lever certaines incertitudes sur les sources ou vecteurs possibles depuis une infrastructure,
- **Existant** : Risque significatif pour un éventuel enjeu concerné par l'infrastructure étudiée. Des mesures seront à mettre en place afin de rendre le risque acceptable.

L'étude a mis à jour une seule zone présentant un risque qui est la zone de la chaudière et des cuves FOD. L'inhalation de gaz est un risque potentiel au vu du confinement de la zone et des caractéristiques des hydrocarbures.



## • PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET TOXICOLOGIQUES DES SUBSTANCES

Les principales caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques des substances rencontrées sur le site, influençant leur comportement (transfert) dans les milieux et leur niveau de risque sanitaire, sont d'après l'INERIS ([www.ineris.fr/substances/fr](http://www.ineris.fr/substances/fr)) les suivantes :

- **Hydrocarbures pétroliers C10-C40** : en fonction du nombre de carbone, des plus légers (C10) aux plus lourds (C40) : volatils à très peu volatils, moyennement solubles à très peu solubles, moins denses que l'eau, fort potentiel d'adsorption sur les sols, fort potentiel de bioaccumulation dans les végétaux, toxicité faible.
- **BTEX** : très volatils, solubles, moins denses que l'eau, faible potentiel d'adsorption sur les sols, faible potentiel de bioaccumulation dans les végétaux, toxicité moyenne à forte avec effets cancérigènes pour le benzène et l'éthylbenzène.
- **COHV** : très volatils, solubles, plus denses que l'eau, faible potentiel d'adsorption sur les sols, faible potentiel de bioaccumulation dans les végétaux, toxicité moyenne à forte avec effets cancérigènes pour la plupart.
- **HAP** : volatil pour le naphthalène, peu à non volatils pour les autres HAP, peu à très peu solubles, plus denses que l'eau, fort potentiel d'adsorption sur les sols, fort potentiel de bioaccumulation dans les végétaux, toxicité moyenne à forte avec effets cancérigènes pour tous.
- **PCB** : peu à très peu volatils, peu solubles, plus denses que l'eau, fort potentiel d'adsorption sur les sols, fort potentiel de bioaccumulation dans les végétaux, toxicité forte avec effets cancérigènes.
- **Métaux lourds** : non volatils excepté le mercure métal, solubles à non solubles en fonction de leur espèce, état/spéciation et des conditions environnementales, potentiel d'adsorption dans les sols généralement fort, potentiel de bioaccumulation dans les végétaux généralement fort, toxicité moyenne à forte variable suivant l'espèce avec effets cancérigènes pour certains (As, Cd, Cr VI, Pb).

Ces caractéristiques sont considérées pour appréhender les milieux pouvant être impactés et évaluer qualitativement les risques, dans le schéma conceptuel présenté dans l'**annexe 3**.

## • CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

A la suite d'une CPIS, deux autres étapes sont nécessaires pour qu'un plan de gestion soit complet :

- une analyse des enjeux sanitaires (démarche d'évaluation des risques sanitaires), **prestation A320**,
- une identification des différentes options de gestion possibles, **prestation A330**

Les objectifs de ces étapes sont de maîtriser les sources de pollution ou, si les sources ne peuvent pas éliminées complètement, de maîtriser les impacts résiduels. Les mesures proposées doivent comparées à partir d'un bilan coût avantages afin de retenir la solution la plus adaptée à partir de différents critères (environnementaux, sanitaires, financiers...). L'analyse des risques résiduels prédictive est l'étape qui valide la compatibilité du site avec son usage et son environnement en terme sanitaire.

Grâce aux données récoltées et aux résultats acquis au cours cette étude ainsi qu'en l'état actuel du site et de son usage, des premières recommandations ont pu être émises et des investigations complémentaires proposées et réalisées. Celles-ci nécessitent vérification et validation.

De manière générale pour l'ensemble du site, en l'état actuel, il a été recommandé :

- le maintien des recouvrements de surface limitant le contact cutané avec les polluants,
- un retrait des cuves FOD,
- le contrôle de la qualité des eaux souterraines sur site à la fréquence trimestrielle. Ce suivi permettra de contrôler l'évolution des teneurs en composés dissous dans les eaux souterraines.
- dans une démarche sécuritaire, la réalisation d'une analyse de l'eau utilisée dans les bureaux actuels,
- au droit de la zone des anciennes cuves : une détection géoradar a été réalisée par la division pyrotechnique du groupe SITA et semble présenter la signature d'une cuve ou plusieurs cuves enfouies mais également d'autres structures (réseaux, regards de visite...). En l'état actuel, il est difficile de proposer des recommandations au vu des incertitudes qui demeurent.

## IX CONCLUSION

Ce stage m'a ainsi permis d'aborder les tâches d'un Ingénieur de Bureau d'études. J'ai ainsi pu réaliser :

- une CPIS présentée dans ce rapport,
- des suivis de nappe sur des sites variés,
- des rapports de suivis de nappe et d'analyses d'eaux superficielles et souterraines,
- les vérifications ou la réalisation de cartographies à l'aide des logiciels *Surfer* et *Autocad*,

Durant mon stage, j'ai été marqué par la diversité des missions confiées et des thématiques abordées par un Ingénieur au sein de l'Agence Est de Sita Remediation.

La convivialité et la bonne ambiance qui régnaient au sein de l'Agence ont facilité mon travail durant l'ensemble de mon stage.

J'ai également pu côtoyer les techniciens et participer à leurs travaux sur le terrain.

A cela s'ajoute la bonne entente avec ma tutrice et mon tuteur qui m'ont permis de me sentir bien tout au long des étapes de mon stage et contribuer à son aspect formateur.

## X BIBLIOGRAPHIE

### • REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Lebeaux, B., Roudier, P., Sertour, F., Vogel, T., 1998. Guide d'aide pour le choix d'une technique de dépollution des sols à l'usage des ingénieurs et techniciens de l'environnement. A.T.E éditions, Meyzieu, 195p.

Lemière, B., Séguin, J.J, Le Guern, C., Guyonnet, D., Baranger, Ph., Darmendrail, D., Conil, P., 2001. Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes. Applications dans un contexte d'Evaluation Détaillée des Risques pour les ressources en eau. BRGM/RP-50662-FR, 103p.

Pierrot, F., 2012. Evaluation environnementale des sols et des eaux souterraines. Exemple du diagnostic du site d'une scierie. Mémoire de Master 2, Université de Lorraine, Nancy, 47p.

### • NORMES

NF X31-620 sur les « Prestations de service relatives aux sites et sols pollués » de juin 2011

### • NOTES

Notes et circulaires ministérielles du 8 février 2007 et leurs annexes :(disponible sur <http://www.sites-pollues.developpement-durable.gouv.fr/>).

### • ARRETES

Arrêté du 28 octobre 2010 relatif aux installations de stockage de déchets inertes

Arrêté du 11 janvier 2007 « relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique »

### • SITES INTERNET

Fiches toxicologiques de l'INERIS : <http://www.ineris.fr/substances/fr/>

<http://www.sitaremediation.fr/>

<http://www.sites-pollues.developpement-durable.gouv.fr/>

<http://www.bafu.admin.ch/>

<http://www.dict.fr>

<http://basias.brgm.fr>

<http://infoterre.brgm.fr>

<http://ign.fr>

<http://basol.developpement-durable.gouv.fr/>

<http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>

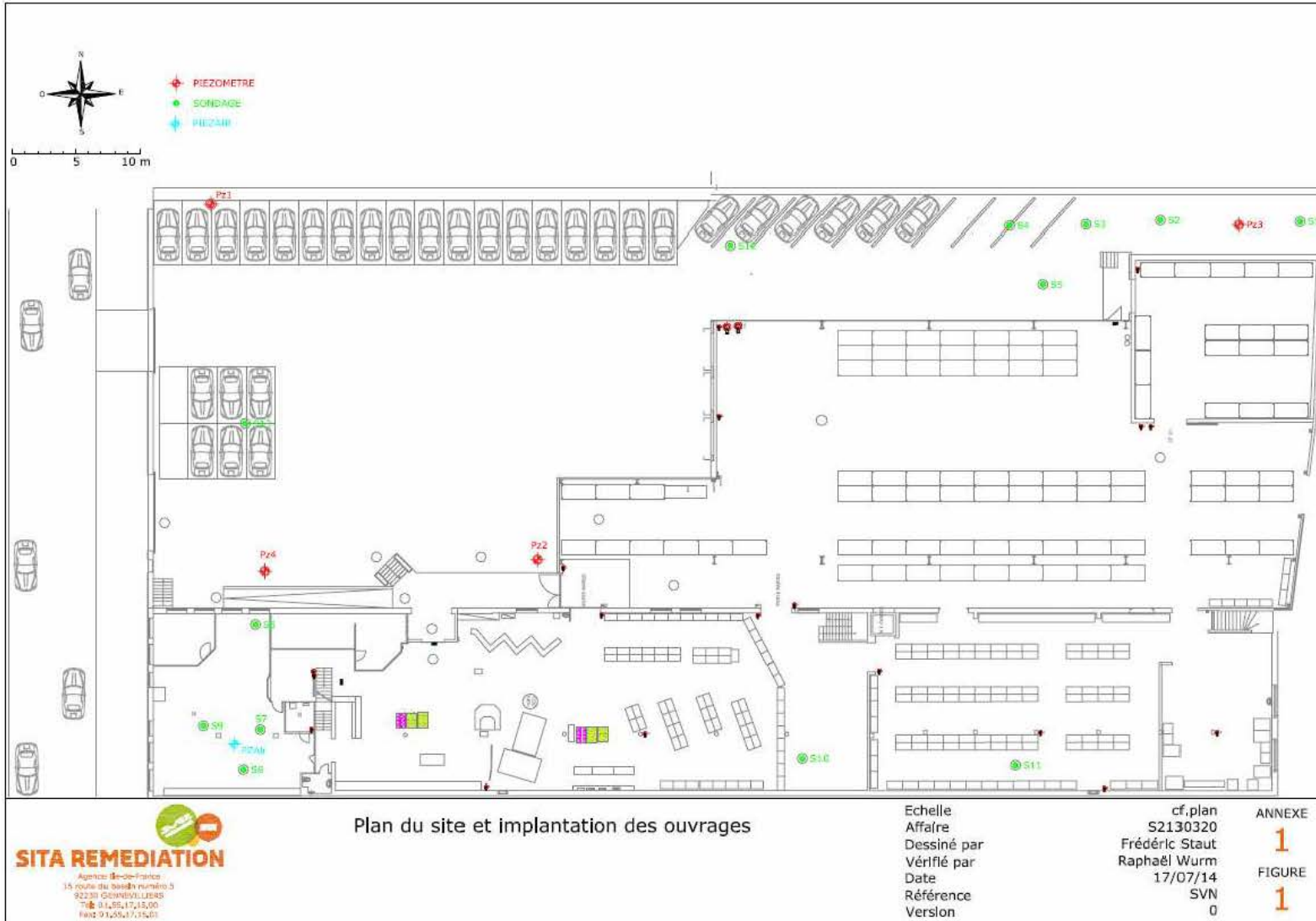
<http://www.aprona.net>

<http://www.geoportail.gouv.fr>

# ANNEXES

**Annexe 1 : Investigations de terrain**

**Figure 1 : Plan des investigations**



## Annexe 1 : Investigations de terrain

Figure 2 : Exemple d'une fiche de sondage et d'une fiche de prélèvement d'eaux souterraines

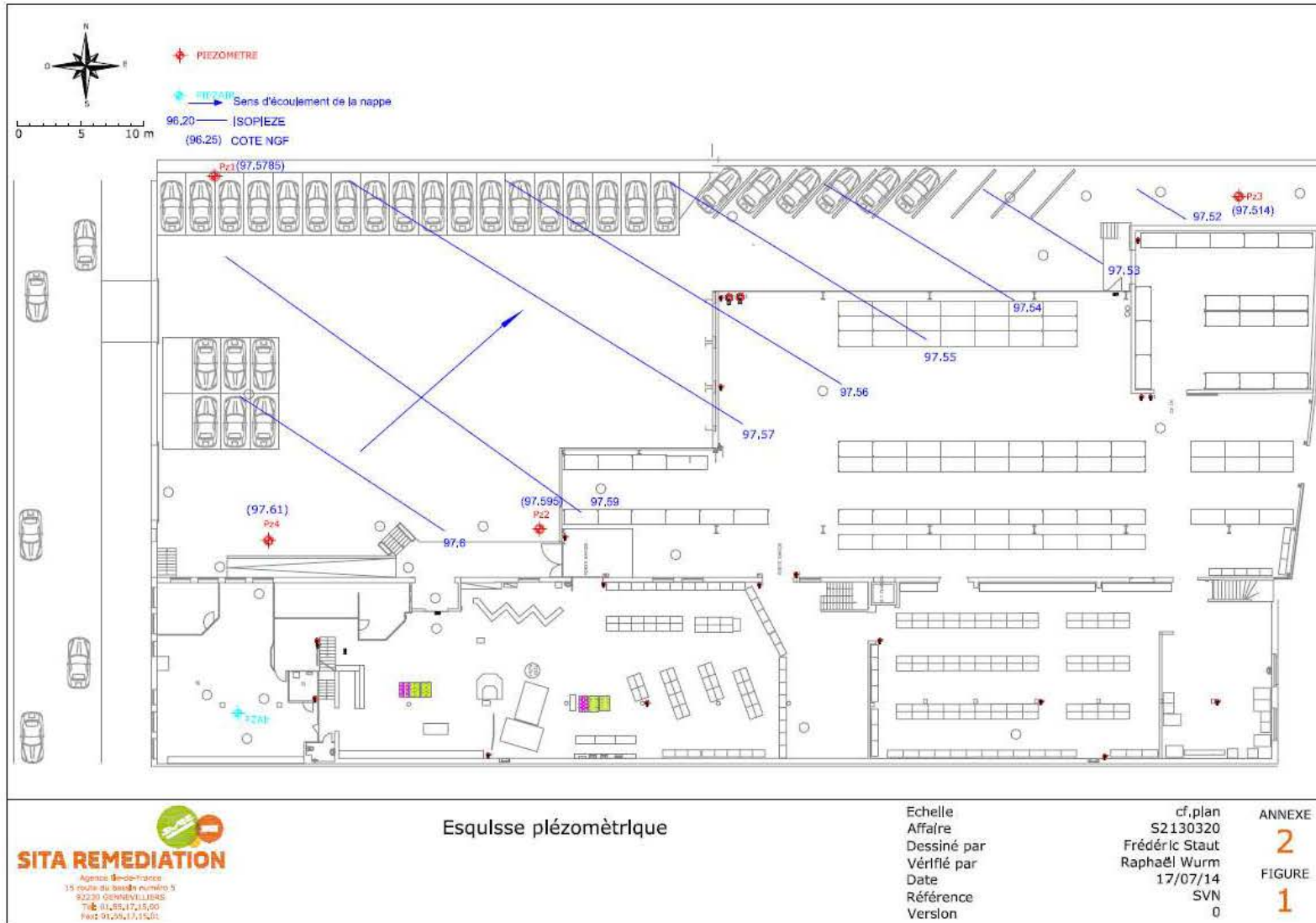
SITA REMEDIATION la terre au sens propre		FICHE DE PRELEVEMENT D'EAU SOUTERRAINE		Code Chantier :		
DOSSIER :			Chef de projet :			
DATE :		OPERATEUR :		T° AIR : °C		
POINT DE REPERE UTILISE ?		IDENTIFICATION		REFERENCE DE L'OUVRAGE :		
<input type="checkbox"/> Sol / rehausse <b>OU</b> <input type="checkbox"/> Sommet de capot		Quelle est la hauteur capot par rapport au sol ou la rehausse ? --- mètres				
Ouvrage : <input type="checkbox"/> Verrouillé <input type="checkbox"/> Non verrouillé Profondeur de l'ouvrage : mètres Niveau d'eau avant purge : mètres Hauteur de la colonne d'eau : mètres Ø Int de l'ouvrage : mm Volume d'eau dans l'ouvrage : litres Niveau de produit : mètres % Épaisseur (flottant) : <input type="checkbox"/> -- cm <input type="checkbox"/> Film (~ 1 à 2 mm) % Épaisseur (coulant) : <input type="checkbox"/> -- cm <input type="checkbox"/> Film (~ 1 à 2 mm)		Vérification localisation sur plan : <input type="checkbox"/> correcte <input type="checkbox"/> à corriger si besoin aide au repérage (photographie / schéma côté/ ...):				
<b>PURGE : PARAMETRES DE POMPAGE</b>						
Début de la purge : h		Prof. mise en place pompe : mètres				
Type de pompe : <input type="checkbox"/> Waterra <input type="checkbox"/> Grundfos <input type="checkbox"/> 12 V -- étage(s) <input type="checkbox"/> 12 V - 5 étages <input type="checkbox"/> Périscopique <input type="checkbox"/> Variable						
Eaux de purge : <input type="checkbox"/> Filtration CA sur site <input type="checkbox"/> Rejet EU du site <input type="checkbox"/> Stockage en conteneur pour gestion ultérieure						
Tps. de pompage / Vol. pompé : min/ litres		Réalimentation : <input type="checkbox"/> Très bonne <input type="checkbox"/> Bonne <input type="checkbox"/> Mauvaise				
Niveau d'eau après purge : <input type="checkbox"/> mètres <input type="checkbox"/> sec						
<b>PARAMETRES PHYSICO CHIMIQUES</b>						
pH	Température (°C)	O2 (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Redox (mv)	Débit (l/mn)	Temps (mn)
<b>PRELEVEMENTS</b>						
Heure de prélèvement : h						
Type d'échantillonneur : <input type="checkbox"/> Prélèveur usage unique <input type="checkbox"/> Sortie de pompe <input type="checkbox"/> -----						
Flaconnage : <input type="checkbox"/> ----- <input type="checkbox"/> Alcontrol <input type="checkbox"/> EUROFINS						
Analyses : Laboratoire : -----						
Conditionnement : <input type="checkbox"/> Glacière réfrigérée <input type="checkbox"/> ----- Envoyé le : -----						
<b>DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON</b>						
Couleur : <input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Blanche <input type="checkbox"/> Beige <input type="checkbox"/> Orange <input type="checkbox"/> Noir <input type="checkbox"/> ----- Intensité : <input type="checkbox"/> Légère <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Forte						
MES : <input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Légère <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Forte SI MES => Décantation : <input type="checkbox"/> Rapide (< 2 min) <input type="checkbox"/> Lente						
Odeur Ambiante : <input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Hydrocarbures <input type="checkbox"/> Solvants <input type="checkbox"/> H2S <input type="checkbox"/> ----- Intensité : <input type="checkbox"/> Légère <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Forte						
Irisations ? : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Intensité : <input type="checkbox"/> Légère <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Forte						
Surnageant ? : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Couleur : <input type="checkbox"/> Noir <input type="checkbox"/> Jaune <input type="checkbox"/> Rouge <input type="checkbox"/> ----- Viscosité : <input type="checkbox"/> Normale <input type="checkbox"/> Forte						
Coulant ? : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Couleur : <input type="checkbox"/> Noir <input type="checkbox"/> Jaune <input type="checkbox"/> Rouge <input type="checkbox"/> ----- Viscosité : <input type="checkbox"/> Normale <input type="checkbox"/> Forte						
Remarques : <input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> -----						
<b>VERIFICATION</b>						
Vérifié par :			Date :			

SITA REMEDIATION la terre au sens propre		FICHE SONDAGE		Code Chantier :	
Nom du dossier :			Nom du chef de projet :		
			Date :		
Identification du sondage :		Service :		Prélevé par :	
Méthode de forage :		Diamètre (mm) :		Équipement piézomètre ? : <input type="checkbox"/> OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON piézogaz : <input type="checkbox"/> OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON	
<input type="checkbox"/> tarière à main <input type="checkbox"/> tarière <input type="checkbox"/> MFT (Marteau) <input type="checkbox"/> odex <input type="checkbox"/> pelle mécanique <input type="checkbox"/> carotier portatif <input type="checkbox"/> autre : -----		<input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 63 <input type="checkbox"/> 110 <input type="checkbox"/> 135 <input type="checkbox"/> 140 <input type="checkbox"/> 150 <input checked="" type="checkbox"/> autre : -----		Tubage : <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> PEHD <input type="checkbox"/> INOX <input type="checkbox"/> autres : ----- Ø (mm) : <input type="checkbox"/> 36/40 <input type="checkbox"/> 56/63 <input type="checkbox"/> 69/75 <input type="checkbox"/> 80/90 <input type="checkbox"/> autres : ----- Tête d'ouvrage : <input type="checkbox"/> bouche à clef <input type="checkbox"/> capot hors sol : ----- cm Hauteur tubage plein : de ----- m à ----- m Hauteur tubage crépiné : de ----- m à ----- m slot : <input type="checkbox"/> 0,3 <input type="checkbox"/> 0,5 <input type="checkbox"/> 1 mm Hauteur massif filtrant : de ----- m à ----- m nb de sac : ----- Hauteur bento/pelto : de ----- m à ----- m nb de sac : ----- Hauteur remblai : de ----- m à ----- m Hauteur cimentation : de ----- m à ----- m Fond d'ouvrage : ----- m Niveau d'eau en fin d'ouvrage : ----- m	
Remarque / infrastructures visées : -----					
Conditionnement des échantillons en glacière réfrigérée sur le terrain - date d'envoi des échantillons sélectionnés : ----- Laboratoire : -----					
Profondeur (m)	Niveau d'eau	Localisation du sondage : <input type="checkbox"/> Report sur plan (cotation) <input type="checkbox"/> Relevé GPS		Echantillons	Mesure gaz (ppmv)
		Cuttings : <input type="checkbox"/> Utilisés en rebouchage <input type="checkbox"/> Laisser sur site <input type="checkbox"/> À évacuer Heure de début forage : ----- Heure de fin de forage : ----- Flaconnage : une terne 250 ml par défaut par échantillon - préciser si exception Mesures gaz : <input type="checkbox"/> dräger HC <input type="checkbox"/> PID <input type="checkbox"/> autre : -----			
<b>Observations organoleptique</b>					

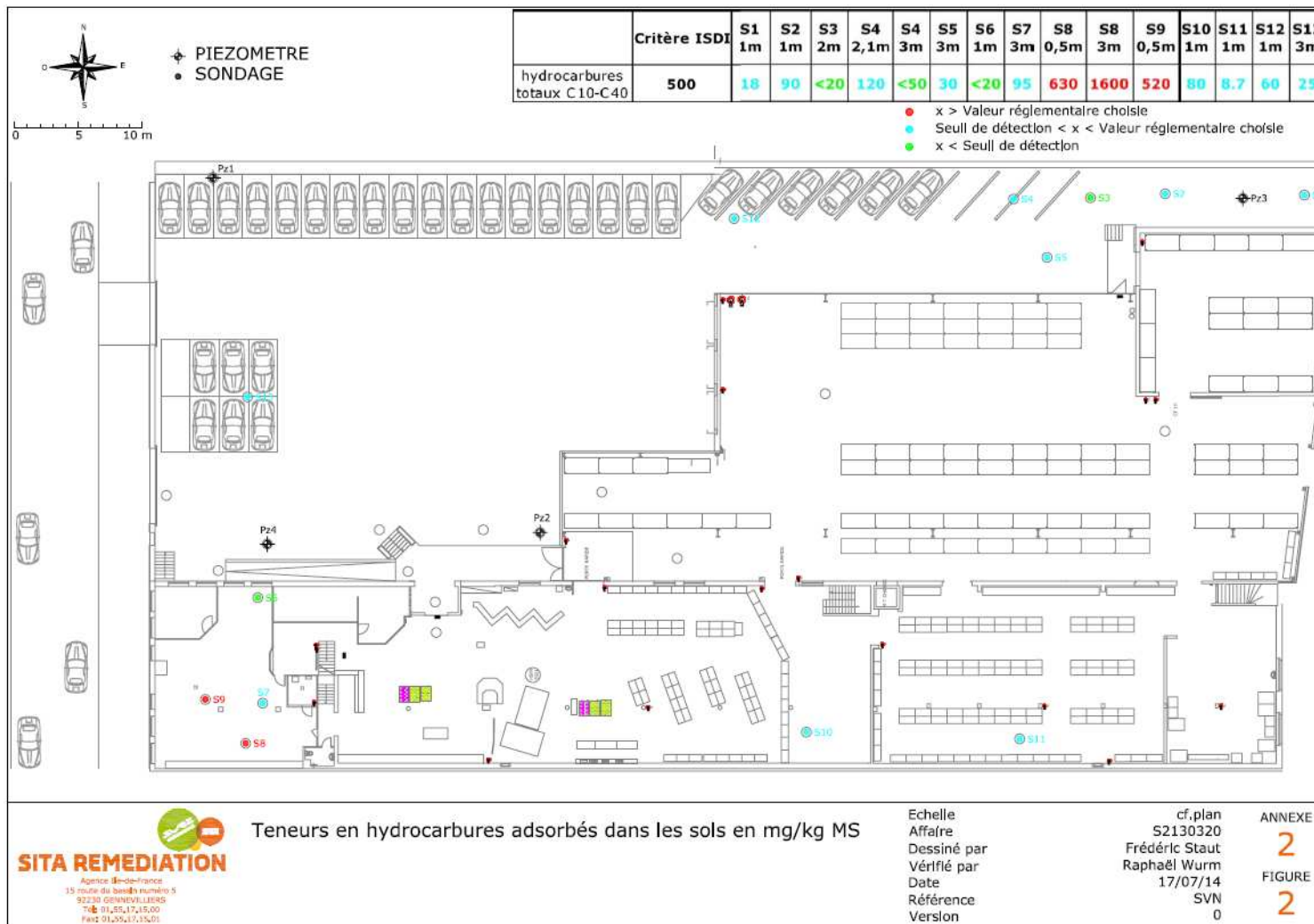
## Annexe 2 : Présentation des résultats

Figure 1 : Esquisse piézométrique



## Annexe 2 : Présentation des résultats

Figure 2 : Teneurs en hydrocarbures totaux dans les sols





## Annexe 2 : Présentation des résultats

Figure 3 : Résultats d'analyses de sol

	unité	Critère ISDI	Anomalies naturelles modérées	Fond géochimique	S1 1m	S2 1m	S3 2m	S4 2,1m	S4 3m	S5 3m	S6 1m	S7 3m	S8 0,5m	S8 3m	S9 0,5m	S10 1m	S11 1m	S12 1m	S13 3m	Moyen PZ1, PZ2 et PZ3
matière sèche	% massique				96.1	91.4	95.0	84.1	90.5	92.3	93.2	93.8	92.6	93.0	92.0	93.7	93.0	95.1	93.7	94.7
calcite	% MS																			13
matières organiques	% MS																			<0.5
COT	mg/kg MS	<b>30000</b>																		<2000
<b>METAUX</b>																				
antimoine	mg/kg MS								<1					<1						
arsenic	mg/kg MS		<b>30 à 60</b>	<b>25</b>	4.5	5.8	4.4	5.1	<4	<4	4.8	4.0	5.2	4.9	5.1	4.1	5.9	<4	4.2	
baryum	mg/kg MS								<20					27						
béryllium	mg/kg MS								<0.2					<0.2						
cadmium	mg/kg MS		<b>0,7 à 2</b>	<b>0,45</b>	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<b>1.0</b>	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	
chrome	mg/kg MS		<b>90 à 150</b>	<b>90</b>	24	29	25	18	22	23	25	19	38	51	29	21	25	18	37	
cobalt	mg/kg MS								1.8					3.1						
cuivre	mg/kg MS		<b>20 à 62</b>	<b>20</b>	5.3	8.8	<5	10.0	<5	<5	5.4	<5	<b>23</b>	5.3	12	<5	13	<5	7.7	
mercure	mg/kg MS		<b>0,15 à 2,3</b>	<b>0,1</b>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
plomb	mg/kg MS		<b>60 à 90</b>	<b>50</b>	<10	21	<10	13	<10	<10	<10	<10	11	10	<10	<10	<10	<10	<10	
molybdène	mg/kg MS								<0.5					<0.5						
nickel	mg/kg MS		<b>60 à 130</b>	<b>60</b>	11	15	9.3	16	6.5	9.8	8.9	8.1	9.2	11	8.6	8.8	9.3	10	8.3	
étain	mg/kg MS								<1.5					6.2						
vanadium	mg/kg MS								5.6					8.8						
zinc	mg/kg MS		<b>100 à 250</b>	<b>100</b>	39	<b>120</b>	<20	38	<20	<20	22	<20	26	<20	<20	<20	21	<20	<20	
sélénium	mg/kg MS		<b>0,8 à 2</b>	<b>0,7</b>					<1					<1						
<b>COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS</b>																				
benzène	mg/kg MS				<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
toluène	mg/kg MS				<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
éthylbenzène	mg/kg MS				<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
orthoxyène	mg/kg MS				<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
para- et métaoxyène	mg/kg MS				<0.05	<b>0.07</b>	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
xylènes	mg/kg MS				<0.05	<b>0.07</b>	<0.05	<0.05	<0.04	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.04	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
BTEX total	mg/kg MS	<b>6</b>			<0.2	<b>0,14</b>	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2

# SITA REMEDIATION

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES																				
naphtalène	mg/kg MS							0.04						<0.02	<0.02		<0.02		<0.02	
acénaphthylène	mg/kg MS							0.19						<0.02	<0.02		<0.02		<0.02	
acénaphthène	mg/kg MS							0.07						<0.02	<0.02		<0.02		<0.02	
fluorène	mg/kg MS							0.11						<0.02	<0.02		<0.02		<0.02	
phénanthrène	mg/kg MS							0.25						<0.02	0.07		0.04		0.02	
anthracène	mg/kg MS							0.19						<0.02	<0.02		<0.02		<0.02	
fluoranthène	mg/kg MS							0.48						<0.02	0.07		0.04		0.03	
pyrène	mg/kg MS							0.45						<0.02	0.06		0.05		0.03	
benzo(a)anthracène	mg/kg MS							0.19						<0.02	<0.02		0.02		<0.02	
chrysène	mg/kg MS							0.13						<0.02	<0.02		<0.02		<0.02	
benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS							0.35						<0.02	<0.02		0.03		0.02	
benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS							0.15						<0.02	<0.02		<0.02		<0.02	
benzo(a)pyrène	mg/kg MS							0.32						<0.02	<0.02		0.02		<0.02	
dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS							0.06						<0.02	<0.02		<0.02		<0.02	
benzo(ghi)pérylène	mg/kg MS							0.31						<0.02	<0.02		<0.02		<0.02	
indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS							0.30						<0.02	<0.02		<0.02		<0.02	
Somme des HAP (16) - EPA	mg/kg MS							50						<0.32	0.32		0.21		0,1	
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS																				
1,2-dichloroéthane	mg/kg MS							<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03
1,1-dichloroéthène	mg/kg MS							<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05
cis-1,2-dichloroéthène	mg/kg MS							<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
trans 1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS							<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
dichlorométhane	mg/kg MS							<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
1,2-dichloropropane	mg/kg MS							<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03
1,3-dichloropropène	mg/kg MS							<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.04	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.04	<0.1	<0.1	<0.1
tétrachloroéthylène	mg/kg MS							<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
tétrachlorométhane	mg/kg MS							<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS							<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
trichloroéthylène	mg/kg MS							<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
chloroforme	mg/kg MS							<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
chlorure de vinyle	mg/kg MS							<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
hexachlorobutadiène	mg/kg MS							<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1
bromoforme	mg/kg MS							<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
HYDROCARBURES TOTAUX																				
fraction C5 - C6	mg/kg MS							<10	<10	<10	<10		<10	<10	<10	<10		<10	<10	<10
fraction C6 - C8	mg/kg MS							<10	<10	<10	<10		<10	<10	<10	<10		<10	<10	<10
fraction C8 - C10	mg/kg MS							<10	<10	<10	42	<10	<10	<10	<10	15	<10	<10	<10	<10
fraction C10-C12	mg/kg MS							<5	<5	<5	40	<5	<5	<5	<5	29	140	28	<5	<5
fraction C12-C16	mg/kg MS							<5	7.9	<5	7.2	<5	<5	<5	34	200	510	160	23	<5
fraction C16 - C21	mg/kg MS							<5	16	<5	12	<5	<5	<5	38	250	600	210	30	<5
fraction C21 - C40	mg/kg MS							18	64	<5	59	<5	30	<5	17	150	320	120	25	8.7
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS							500	18	90	<20	120	<50	30	<20	95	630	1600	520	80

## Annexe 2 : Présentation des résultats

Figure 4 : Résultats des analyses par screening

	Unité	Critère ISDI	Anomalies naturelles modérées	Fond géochimique	Moyen PZ1 PZ2 PZ3
<b>POLYCHLOROBYPHENILS (PCB)</b>					
PCB 28	µg/kg MS				<1
PCB 52	µg/kg MS				<1
PCB 101	µg/kg MS				<1
PCB 118	µg/kg MS				<1
PCB 138	µg/kg MS				1.2
PCB 153	µg/kg MS				1.3
PCB 180	µg/kg MS				1.1
PCB totaux (7)	µg/kg MS	<b>1000</b>			3.6
<b>LIXIVIATION</b>					
pH final ap. lix.					9.31
température pour mes. pH					21.5
conductivité ap. lix.					58.2
<b>ELUAT COT</b>					
COT	mg/kg MS	<b>500</b>			8.1
<b>ELUAT METAUX</b>					
antimoine	mg/kg MS	<b>0.06</b>			<0.039
arsenic	mg/kg MS	<b>0.5</b>			<0.1
baryum	mg/kg MS	<b>20</b>			<0.1
cadmium	mg/kg MS	<b>0.04</b>			<0.01
chrome	mg/kg MS	<b>0.5</b>			<0.1
cuivre	mg/kg MS	<b>2</b>			<0.1
mercure	mg/kg MS	<b>0.01</b>			<0.001
plomb	mg/kg MS	<b>0.5</b>			<0.1
molybdène	mg/kg MS	<b>0.5</b>			<0.1
nickel	mg/kg MS	<b>0.4</b>			<0.1
sélénium	mg/kg MS	<b>0.1</b>			<0.039
zinc	mg/kg MS	<b>4</b>			<0.2
<b>ELUAT COMPOSES INORGANIQUES</b>					
fluorures	mg/kg MS	<b>10</b>			<2
fraction soluble	mg/kg MS	<b>4000</b>			<500
<b>ELUAT PHENOLS</b>					
Indice phénol	mg/kg MS	<b>1</b>			<0.1
<b>ELUAT DIVERSES ANALYSES CHIMIQUES</b>					
chlorures	mg/kg MS	<b>800</b>			<10
sulfate	mg/kg MS	<b>1000</b>			43.2

## Annexe 2 : Présentation des résultats

Figure 5 : Synthèse de l'état des milieux

<b>Géologie</b>	Le site repose sur des formations perméables (sables, graviers et galets).			
<b>Hydrogéologie</b>	La nappe est présente à environ 2-3 m de profondeur et s'écoule en direction du nord/nord-ouest. Celle-ci peut néanmoins fluctuer saisonnièrement et ainsi également s'écouler dans une direction nord/nord-est.			
<b>QUALITE DES MILIEUX SOLS</b>				
<b>ZONES</b>	<b>Zone des anciennes cuves</b>	<b>Zone de la chaudière et des cuves FOD</b>	<b>Zone de stockage en cave</b>	<b>Zone extérieur</b>
<b>sol de surface</b>	Enrobé	Dalle béton	Dalle béton	Enrobé
<b>Sols</b>	Présence de métaux en teneurs globalement conformes au fond géochimique, présence ponctuelle de teneurs en HAP et en hydrocarbures totaux inférieures aux valeurs réglementaires.	Présence de métaux dans les sols en teneurs globalement conformes au fond géochimique, présence ponctuelle de fortes teneurs en hydrocarbures totaux (prédominance de produits avec un nombre important d'atomes de carbone : C12 à C40).	Présence de métaux en teneurs conformes au fond géochimique, teneurs faibles en hydrocarbures inférieures aux valeurs réglementaires.	Présence de métaux en teneurs conformes au fond géochimique, teneurs faibles en hydrocarbures inférieures aux valeurs réglementaires.
<b>QUALITE DES MILIEUX EAUX</b>				
<b>ZONES</b>	<b>PZ1 (aval latéral)</b>	<b>PZ3 (aval)</b>	<b>PZ2 (amont)</b>	
<b>Eaux souterraines</b>	Présence de traces de cadmium et de COHV en teneurs inférieures aux valeurs réglementaires.	Présence de traces de COHV et de teneurs en hydrocarbures (C6-C8) en teneurs inférieures aux valeurs réglementaires.	Présence de teneurs non négligeable en cadmium et de zinc ainsi qu'en COHV en teneurs inférieures aux valeurs réglementaires.	
<b>ETAT DES MILIEUX</b>				
<b>BILAN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Zone de la chaudière et des cuves FOD impactée avec des teneurs en hydrocarbures totaux supérieures aux valeurs réglementaires (notamment en S8),</b></li> <li>- <b>zone des anciennes cuves présentant des teneurs faibles en HAP et en hydrocarbures totaux au droit du sondage S4,</b></li> <li>- <b>pas de dépassement des valeurs réglementaires pour les eaux souterraines et absence de gradient de pollution entre l'amont hydraulique et l'aval hydraulique.</b></li> </ul>			

## Annexe 2 : Présentation des résultats

Figure 6 : Tableaux récapitulatifs des risques

SOURCES	Phénomène de transfert							milieu d'exposition	voies d'exposition	CIBLES	RISQUES	
	voies de transfert	milieu intermédiaire	voies de transfert	milieu intermédiaire	voie de transfert	milieu intermédiaire	voie de transfert				niveau de risques	justification
Zone des anciennes cuves : faibles teneurs en HAP et en hydrocarbures totaux dans les sols								sols de surface	ingestion accidentelle de sols, contact cutané	travailleurs, personnes occasionnellement présentes sur le site	<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	recouvrement de surface (enrobé)
	envol de poussières							Air (poussières)	inhalation de poussières		<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	recouvrement de surface (enrobé)
	dégazage	gaz du sol	dégazage					Air (gaz)	inhalation de gaz		<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	teneurs très faibles voire nulles de polluants volatils
	migration verticale	Eaux souterraines sur site	dégazage	gaz du sol	dégazage			Air (gaz)	inhalation de gaz		<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	teneurs très faibles voire nulles de polluants volatils
	perméation							Eau du réseau AEP	ingestion d'eau, contact cutané lors de la douche		<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence de canalisation AEP dans les sols
	perméation	Eau du réseau AEP	dégazage					Air de la douche	inhalation de vapeurs lors de la douche		<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence de canalisation AEP dans les sols
	migration verticale	Eaux souterraines sur site	migration latérale					Eau souterraines hors site	voies liées aux usages des eaux		<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence d'impact dans PZ3
	migration verticale	Eau souterraines sur site	migration latérale	eau souterraine hors site	dégazage	gaz du sol	dégazage	Air (gaz) hors site	inhalation de gaz		<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence d'impact dans PZ3
	migration verticale	Eau souterraines sur site	migration latérale					Eaux superficielles hors site	voies liées aux usages des eaux		<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence d'impact dans PZ3

# SITA REMEDIATION

SOURCES	Phénomène de transfert							milieux d'exposition	voies d'exposition	CIBLES	RISQUES	
	voies de transfert	milieu intermédiaire	voies de transfert	milieu intermédiaire	voie de transfert	milieu intermédiaire	voie de transfert				niveau de risques	justification
Zone de la chaudière et des cuves FOD : impact en hydrocarbures totaux								sols de surface	ingestion accidentelle de sols, contact cutané	travailleurs, personnes occasionnellement présentes sur le site	<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	recouvrement de surface (dalle)
											<input type="checkbox"/> limité <input type="checkbox"/> potentiel	
	envol de poussières							Air (poussières)	inhalation de poussières		<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	
											<input type="checkbox"/> limité <input type="checkbox"/> potentiel	
	dégazage	gaz du sol	dégazage					Air (gaz)	inhalation de gaz		<input type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	milieu confiné avec hydrocarbures semi-volatils
											<input type="checkbox"/> limité <input checked="" type="checkbox"/> potentiel	
	migration verticale	Eaux souterraines sur site	dégazage	gaz du sol	dégazage			Air (gaz)	inhalation de gaz		<input type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence de données eaux au droit de la zone
											<input type="checkbox"/> limité <input checked="" type="checkbox"/> potentiel	
	perméation							Eau du réseau AEP	ingestion d'eau, contact cutané lors de la douche		<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence de canalisation AEP dans les sols
									<input type="checkbox"/> limité <input type="checkbox"/> potentiel			
perméation	Eau du réseau AEP	dégazage					Air de la douche	inhalation de vapeurs lors de la douche	<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence de canalisation AEP dans les sols		
									<input type="checkbox"/> limité <input type="checkbox"/> potentiel			
migration verticale	Eaux souterraines sur site	migration latérale					Eau souterraines hors site	voies liées aux usages des eaux	<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence d'impact en limite aval du site		
									<input type="checkbox"/> limité <input type="checkbox"/> potentiel			
migration verticale	Eau souterraines sur site	migration latérale	eau souterraine hors site	dégazage	gaz du sol	dégazage	Air (gaz) hors site	inhalation de gaz	captages en aval et latéral du site, travailleurs hors site	<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence d'impact en limite aval du site	
										<input type="checkbox"/> limité <input type="checkbox"/> potentiel		
migration verticale	Eau souterraines sur site	migration latérale					Eaux superficielles hors site	voies liées aux usages des eaux	<input checked="" type="checkbox"/> inexistant <input type="checkbox"/> existant	absence d'impact en limite aval du site		
									<input type="checkbox"/> limité <input type="checkbox"/> potentiel			

# Annexe 3

## Schéma conceptuel

