

 <b>ADEME</b> Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie	SFUSP Contact : F. PHILIPPON	<b>ESPACE CHROME</b> <b>à Villeurbanne (69)</b>	Lyon, Le 27 août 2013
--	------------------------------------	--	--------------------------

## Compte rendu d'intervention terminée et éventuelles suites à donner

AP de travaux d'office du 24 mars 2011

### Sommaire

<b><u>1. CONTEXTE</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>1.1 ACTIVITE A L'ORIGINE DE L'INTERVENTION DE L'ADEME ET ETAT DU SITE</b>	<b>2</b>
<b>1.2 LOCALISATION ET ENVIRONNEMENT DU SITE</b>	<b>2</b>
<b><u>2. IDENTITES DES RESPONSABLES / SITUATION ADMINISTRATIVE</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b><u>3. COMPTE RENDU DES INTERVENTIONS MENEES</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b>3.1 ETANCHEITE DU SITE</b>	<b>3</b>
<b>3.2 DIAGNOSTIC COMPLEMENTAIRE, SUIVI DE LA NAPPE D'EAU SOUTERRAINE ET PLAN DE GESTION</b>	<b>4</b>
3.2.1 OCCUPATION DES SOLS ET CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	4
3.2.2 QUALITE DES MILIEUX	7
3.2.3 SCHEMA CONCEPTUEL	13
3.2.4 PLAN DE GESTION	13
<b><u>4. RECAPITULATIFS DES OPERATIONS REALISEES ET COUTS ENGAGES</u></b>	<b><u>16</u></b>
<b><u>5. PRECONISATIONS ET EVENTUELLES SUITES A DONNER</u></b>	<b><u>16</u></b>
<b><u>6. ANNEXE</u></b>	<b><u>17</u></b>

## 1. CONTEXTE

---

### 1.1 Activité à l'origine de l'intervention de l'ADEME et état du site

La société ESPACE CHROME a exploité pendant 50 ans un atelier de Chromage dans un établissement d'une superficie d'environ 340 m<sup>2</sup> situé 17 rue Geoffray à Villeurbanne. Celle-ci a été autorisée par arrêté préfectoral du 28 juillet 1997. Suite à l'incendie du 7 février 2006 qui a ravagé ses locaux, la société ESPACE CHROME a été dans l'impossibilité de reprendre ses activités et placée en liquidation judiciaire. Elle en a informé M. le préfet par courrier en date du 20 mars 2007. La liquidation judiciaire a été clôturée le 23 juillet 2008.

A noter que des opérations de dépollution ont été réalisées en avril 2008 pour le compte des propriétaires. Elles ont consisté en l'excavation de 3 zones fortement contaminées par les métaux (la description de ces travaux est faite en 3.2.2.3 (page 10)).

Les études réalisées par Burgéap entre 2006 et 2009 ont montré une pollution imputable au site Espace Chrome des sols et des eaux de la nappe par du chrome. Une pollution au COHV des eaux de la nappe a également été détectée mais ne provient pas du site.

### 1.2 Localisation et Environnement du site

Le site de l'ancienne société Espace Chrome a accueilli un atelier de chromage dans un établissement d'une superficie de 338 m<sup>2</sup>, implanté rue Geoffray, au cœur de Villeurbanne (69).

L'environnement immédiat du site est essentiellement résidentiel (habitations avec jardins), exception faite d'une société de dépannage (Capoccitti dépannage, en aval du site).

Le site se décomposait comme suit :

- un atelier de chromage sur son quart sud-ouest (~ 1/3 de l'emprise totale du site - surface de l'ordre de 100 m<sup>2</sup>) avec bains de chromage, de cyanures et de rinçages reposant sur des rétentions en béton dont certaines étaient remplies de liquides en 2006 ;
- un local de stockage sur son quart sud-est ;
- une petite cour intérieure au nord du site (a abrité des conteneurs de 1 m<sup>3</sup> sur rétention ainsi que des bains), située entre une habitation avec sous-sol à l'ouest (a contenu des fûts de substances à priori toxiques, s'épandant sur le sol bétonné) et un local abritant une station de traitement des eaux (à l'est).

Le site n'abrite plus aucune activité à ce jour et est en mauvais état en raison d'un incendie survenu en 2006.

## 2. IDENTITES DES RESPONSABLES / SITUATION ADMINISTRATIVE

---

La société ESPACE CHROME n'existe plus aujourd'hui (liquidation judiciaire clôturée le 23 juillet 2008).

En l'absence de responsable de la pollution solvable, le Préfet du Rhône a missionné, le 24 mars 2011, l'ADEME afin de procéder :

« ...

- réalisation d'un sondage en profondeur associé à une spéciation du chrome
- mise en place de 5 piézomètres, accompagnée d'un suivi des eaux souterraines pendant 2 ans, dispositif pouvant être ajusté en fonction des résultats de spéciation du chrome.
- Réalisation d'une étanchéité du site afin d'éviter toute dégradation de la situation.

... »

### 3. COMPTE RENDU DES INTERVENTIONS MENEES

#### 3.1 Etanchéité du site

En première approche, la réfection de la toiture devait être réalisé afin d'assurer une étanchéité complète du site. Mais la présence d'amiante et l'état de dégradation du bâtiment complexifiant grandement l'opération et induisant un surcoût non négligeable, il a donc été décidé d'opter pour une étanchéification temporaire des trois zones ayant fait l'objet d'une décontamination et qui n'avaient pas été rebouchée car elles constituaient des zones d'infiltration préférentielles.

Afin de réaliser cette opération l'ADEME a missionné la société COLAS Environnement pour un montant total de 3.623,88 €TTC.

L'opération a été réalisée le 5 janvier 2011.

Elle a consisté en la pose de plaques en acier de 5mm d'épaisseur et de dimensions 2,5x1,25 m. L'épaisseur des plaques permet de supporter une circulation piétonne. Compte tenu de la dimension des trous 2 plaques ont été nécessaire pour deux d'entre eux.

Les plaques ont été mise en place manuellement et fixées au sol à l'aide de spits dans les parties bétonnées ou à l'aide de pieux dans les parties en terre. Une bâche en polyane a été positionnée sur chaque plaque pour assurer l'étanchéité.

Les photographies ci-dessous illustrent les prestations réalisées :



PHOTOGRAPHIE 1 : ETANCHEITE DU TROU N°1 SITUE DANS  
L'ATELIER DE CHROMAGE



PHOTOGRAPHIE 2 : ETANCHEITE DU TROU N°3 SITUE DANS  
L'ARRIERE COURS



PHOTOGRAPHIE 3 : ETANCHEITE DU TROU N°2 SITUE DANS LE LOCAL DE STOCKAGE

## 3.2 Diagnostic complémentaire, suivi de la nappe d'eau souterraine et Plan de Gestion

L'ADEME a missionné le bureau d'étude CSD ingénieurs pour réaliser un diagnostic complémentaire du site, la mise à jour du plan de gestion ainsi qu'un suivi semestriel des eaux souterraines sur deux ans. Le coût total de cette étude s'élève à 45 558,03 €TTC.

### 3.2.1 Occupation des sols et contexte géologique et hydrogéologique

#### Contexte géologique et hydrogéologique

Le site prend pied au droit de remblais limono-graveleux, d'une épaisseur comprise entre 0,2 et 2 m surmontant les alluvions (galets dans matrice limoneuse puis sableuse).

Les alluvions abrite une nappe libre, présente à une profondeur généralement comprise entre 6 et 7 m, et susceptible de remonter jusqu'à 2-3 m de profondeur en période de hautes eaux.

Sur la base des compléments d'investigations réalisés visant à préciser les caractéristiques hydrogéologiques du secteur (complétion du réseau piézométrique, campagnes de surveillance de la nappe, représentation à l'aide du logiciel Surfer), les informations suivantes ont été collectées :

- Niveau statique mesuré lors des différentes campagnes à une profondeur de l'ordre de 5 à 6 m ;
- Ecoulement des eaux souterraines globalement orienté du Nord-est vers le sud-ouest,
- Gradient hydraulique de l'ordre de 1,6 %.

La carte piézométrique obtenue en mai 2011 est présentée ci-après :



FIGURE 1 : CARTE PIEZOMETRIQUE (2 MAI 2013)

### Occupation des sols

Dans un rayon de 100 m autour du site, les cibles et les usages exercés ont été identifiés ; à l'aval immédiat ils sont :

- sensibles avec la présence de maisons individuelles à l'aval immédiat (n°13 et 15 rue Geoffray) et à environ 30 m au nord-ouest (côté rue Colonel Klobb).  
Un puits (dénommé puits n°2 par la suite) a été relevé parmi ces habitations (au 13 rue Geoffray). Aucune donnée sur son utilisation n'est actuellement disponible (propriétaire non interviewé par CSD Ingénieurs).
- industriels avec la présence de la société de dépannage Capoccitti située à environ 20 m à l'ouest du site. Un forage d'eau est présent sur le site : l'eau serait utilisée à des fins domestiques.
- commerciaux avec la présence d'un restaurant situé à environ 20 m au nord-ouest du site (côté rue Colonel Klobb). Aucun puits n'y a été recensé.

L'établissement recevant du public le plus proche est l'Ecole Collège Mère Thérésa située à environ 450 m à l'ouest (aval hydraulique).

La figure ci-dessous permet de localisé les différents usages recensés :



FIGURE 2 : OCCUPATION DES SOLS DANS UN RAYON DE 100 M AUTOUR DU SITE (A NOTER QUE LE SENS D'ÉCOULEMENT INDIQUE SUR CET CARTE EST LE SENS D'ÉCOULEMENT PRÉVISIONNEL, CELUI OBSERVE ETANT ORIENTÉ PLUTÔT NORD-EST VERS SUD-OUEST)

### 3.2.2 Qualité des milieux

L'état des milieux (sols, eaux souterraines) est apprécié sur la base des données issues des rapports suivants, amendé des résultats des investigations de CSD ingénieurs (sondage profond sur site avec spéciation du chrome, campagnes de suivi semestriel 2011-2013) :

- Diagnostic environnemental de la qualité des sols, BURGEAP, juin 2006 (rapport RLy2078-01) ;
- Résultats d'analyses de PC Environnement en septembre 2006 (référence du rapport non disponible) ;
- Diagnostic de pollution des sols et travaux de dépollution, BURGEAP, avril 2008 (rapport RLy2780) ;
- Diagnostic complémentaire de pollution des sols et des eaux souterraines, BURGEAP, septembre 2008 (rapport RLy2926) ;
- Plan de gestion du site, BURGEAP, janvier 2009 (rapport RLy3098) et mise à jour le 25 novembre 2009 (note technique du 25/11/2009) ;
- Suivi de la qualité des eaux souterraines – 1ère campagne semestrielle 2009, BURGEAP (rapport RLy3283) ;
- Suivi de la qualité des eaux souterraines – 2ème campagne semestrielle 2009, BURGEAP (rapport RLy3283b).

#### 3.2.2.1 Sols

##### Investigations menées avant l'intervention de l'ADEME

Ces investigations ont consisté en la réalisation d'une quinzaine de sondages entre 2006 et 2008. Les résultats d'analyses sont présentés dans le tableau de synthèse en annexe 1. Ils mettent en évidence :

- De fortes anomalies en métaux au droit :
  - de l'atelier de chromage (au droit ou à proximité des anciens bains : S4, S10, S11) ; les teneurs les plus fortes sont rencontrées au droit :
    - du sondage S11 : les remblais superficiels (-1 m) présentent une teneur chrome total de l'ordre de 3 100 mg/kg (ainsi que des anomalies plus modérées en cuivre et nickel) ; la teneur en chrome total au sein du terrain naturel sous-jacent (-2 m) reste très élevée (2 500 mg/kg) ;
    - des sondages S4 et S10 : aucune anomalie en chrome total n'est mise en évidence. En revanche, de concentrations notables sont relevées :
      - en S4 notamment pour l'arsenic (118 mg/kg), le cuivre (366 mg/kg), le nickel (157 mg/kg), le plomb (227 mg/kg), le zinc (537 mg/kg) et, dans une moindre mesure, le mercure (0,99 mg/kg) ;
      - en S10 pour le nickel (397 mg/kg), le plomb (211 mg/kg) et le zinc (314 mg/kg).
  - du local de stockage (sondage S2) : teneur en chrome total supérieure à la gamme de valeurs observées dans les sols ordinaires dans les remblais (0-1 m, 211 mg/kg).
  - de la cour intérieure (Trou n°3) : fortes teneurs dans les remblais (0-1m) en cuivre (162 mg/kg), nickel (601 mg/kg), zinc (522 mg/kg) et, dans une moindre mesure, en cadmium (1,5 mg/kg) et plomb (167 mg/kg) ; les teneurs dans les sols profonds (2-3 m) restent importantes pour ces métaux. Des teneurs significatives en métaux (As, Cd, Cr tot, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg) ont également été relevées dans la dalle (en S5) de l'ancienne zone de stockage de fûts divers (au sous-sol).
  - des teneurs modérées en cyanures (de l'ordre de 0,5 à 0,9 mg/kg) localement rencontrées dans les remblais (en S4, trou n°3 et S7) ;

- l'absence de pollution organique en teneurs significatives, à l'exception de la dalle du sondage S5 (sous-sol de l'arrière-cour) où une forte anomalie en HCT (60 000 mg/kg) a été relevée.

Au vu de ces résultats, les remblais rencontrés au droit de l'atelier de chromage, d'une partie du local de stockage et de l'arrière-cour sont le siège d'une pollution généralisée aux métaux (chrome, cuivre, nickel et arsenic), la surface concernée est estimée à environ 200 m<sup>2</sup>.

La surface concernée par une pollution au chrome (atelier de traitement de surface et une partie du local de stockage) est estimée à environ 150 m<sup>2</sup>.

#### Investigations menées dans le cadre de l'intervention de l'ADEME

Un sondage profond (CSD) a été réalisé en septembre 2011 dans l'atelier de chromage.

Ce sondage a été réalisé à l'extérieur des zones concentrées identifiées par Burgéap et qui ont fait l'objet d'une excavation (à environ 1 m au sud de Pz2) et des prélèvements de sols ont été réalisés tous les mètres avec spéciation du chrome (analyse du chrome 6 soluble, chrome 6 insoluble et du chrome total).

Les résultats obtenus mettent en évidence de fortes teneurs en chrome total (130 à 560 mg/kg) dans les limons noirs argileux (0-2 m), notamment entre -1 et -2 m. Au-delà de 2 m de profondeur, les teneurs en chrome total (20 à 34 mg/kg) sont inférieures à la gamme de valeur des sols ordinaires.

Dans le détail, les résultats se présentent comme suit :

Echantillon	Chrome total	Chrome 6 soluble		Chrome 6 insoluble		Chrome 3	
	[c] en mg/kg de MS	[c] en mg/kg de MS	% chrome total	[c] en mg/kg de MS	% chrome total	[Cr TOT] – [Cr 6 sol + Cr 6 insol] en mg/kg de MS	% chrome total
0-1 m	131	0,02	0,015	0,134	0,102	130,8	99,883
1-2m	564	0,104	0,018	1,153	0,933	562,7	99,049
2-3m	34	0,02	0,058	0,263	0,772	33,7	99,170
3-4m	26	0,704	2,707	0,725	2,793	24,6	94,500
4-5m	20	5,987	29,935	1,567	7,835	12,4	62,230
5-6m	21	2,832	13,486	1,319	6,84	16,8	79,674

Case grise : concentration en chrome total supérieur à la gamme des valeurs pour des sols ordinaires de toute nature

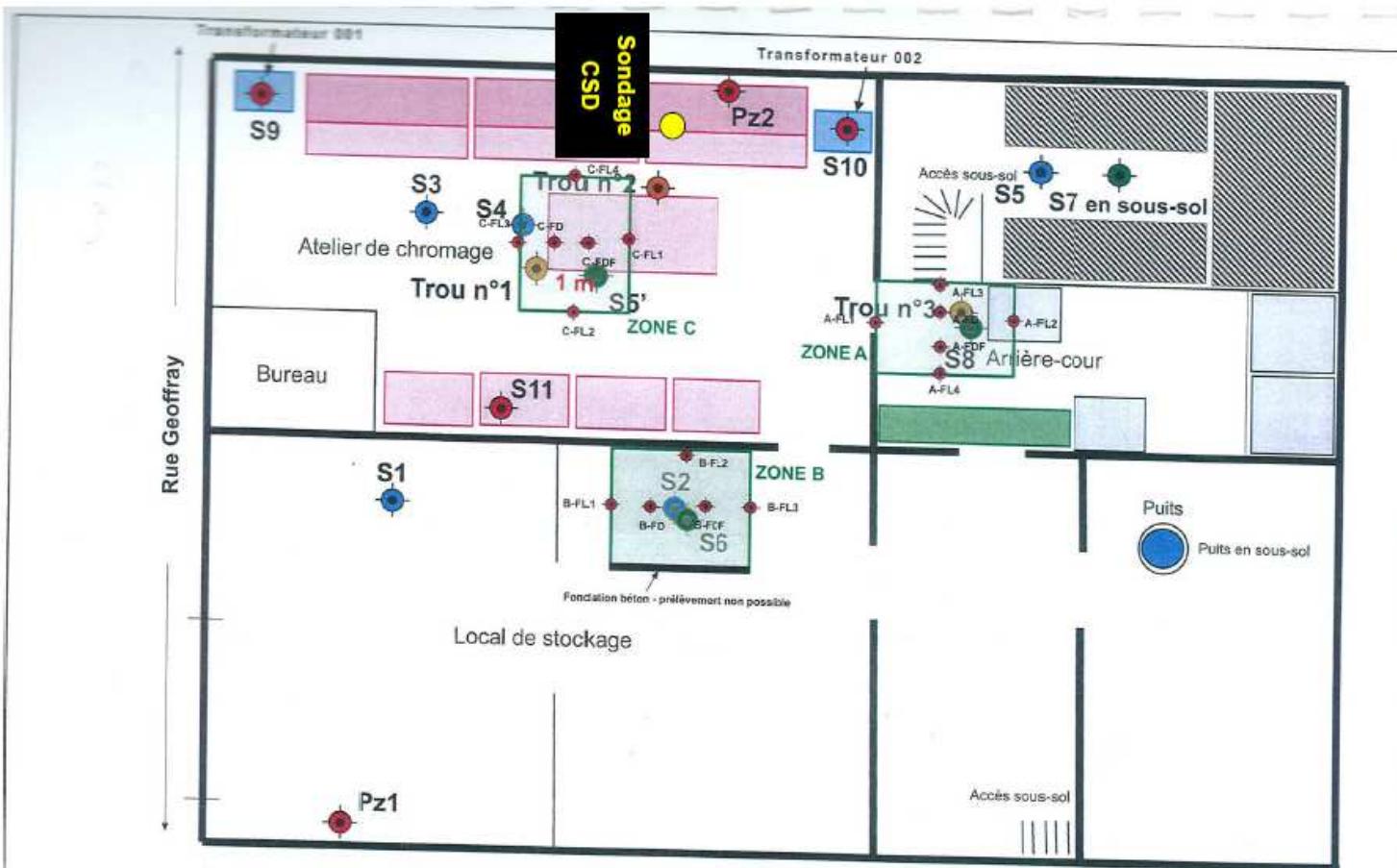
[c] : concentrations

Par ailleurs, les spéciations réalisées mettent en évidence les éléments suivants :

- pour les terrains superficiels (0 à -3 m) : présence du chrome total (34 à 560 mg/kg ; concentrations supérieures à la gamme de valeur couramment observées dans les sols ordinaires entre 0 et -2 m) sous sa forme trivalente (environ 99 %), forme insoluble du chrome ;
- à partir de 3 m de profondeur : les teneurs en chrome total diminuent (comprises entre 20 et 26 mg/kg inférieures à la gamme de valeur couramment observées dans les sols ordinaires) mais la part du chrome hexavalent augmente (5,5% entre -3 et -4 m, 38% entre -4 et -5 m et 20 % entre -5 et -6 m), majoritairement sous forme soluble (50 à 80 %).

A noter que les concentrations en chrome 6 les plus élevées (7,5 mg/kg et 4,15 mg/kg ; soit environ 20 à environ 38 % du chrome tot) sont relevées en profondeur et plus précisément entre -4 et -6 m.

Les implantations des diverses investigations sur les sols sont reportées sur la figure ci-dessous :



 19, rue de la Villette 69425 LYON Cedex 03 Tel : 04.37.91.20.50 Fax : 04.37.91.20.69	<b>ESPACE CHROME</b> <b>17 rue Geoffray à VILLEURBANNE (69)</b> <b>Implantation des investigations et des zones excavées</b>	<b>LEGENDE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zone excavées</li> <li>Sondages BURGEAP de 2006</li> <li>Sondages BURGEAP de janvier 2008</li> <li>Sondages de PC Environnement de 2006</li> <li>Sondages BURGEAP d'août 2008</li> </ul>	<b>Figure 4</b> RLy.3098 CLyZ081790
---	--	--	---

FIGURE 3 : IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS ET DES ZONES EXCAVÉES

### **3.2.2.2 Gaz du sol**

En 2008, un contrôle de la qualité des gaz du sol au moyen d'une canne gaz implantée dans l'ouverture de la dalle béton laissée par le sondage S10 a été effectué.

Aucune substance volatile recherchée (naphtalène, BTEX et TPH aromatique et aliphatiques C6-C14) n'a été détectée (teneurs relevées inférieures aux seuils de détection du laboratoire d'analyse).

### **3.2.2.3 Travaux de mise en sécurité**

Des opérations de dépollution ont été réalisées en avril 2008 pour le compte des propriétaires. Elles ont consisté en l'excavation de 3 zones fortement contaminées par les métaux (cf. figure 3 ci-dessus) :

- Dans le local de stockage (sondage S2, fortes anomalies en Cr) ;
- Dans l'atelier de chromage (sondage S4, fortes anomalies en As, Cu, Ni, Pb, Zn et Hg) ;
- Dans l'arrière-cour (sondage Trou n°3, fortes anomalies en Cu, Ni, Zn, Cd, Pb).

Les terres excavées (24 tonnes) ont été éliminées en Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux.

Des prélèvements de fond et bords de fouille ont été réalisés à l'issue des travaux. Ceux-ci ont mis en évidence des teneurs résiduelles localement supérieures aux gammes de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires, notamment pour le nickel (de l'ordre de 100 à 300 mg/kg) et le chrome (de l'ordre de 120 à 160 mg/kg).

Par ailleurs, les opérations de mise en sécurité suivantes ont été réalisées :

- Démantèlement et élimination des bains et cuves de chromage (société RDS, le 31/08/2006) ;
- Enlèvement des deux transformateurs contenant des PCB et évacuation (société TREDI, 17/10/2006) ;
- Mise en place en janvier 2012 d'une étanchéité (plaque) au-dessus des 3 zones dépolluées par Burgéap (Mission ADEME, cf. §3.1).

### **3.2.2.4 Eaux souterraines**

Le réseau piézométrique est constitué de 7 piézomètres :

- 1 en amont hydraulique (Pz5) ;
- 2 sur site (Pz1 en amont et Pz2 en aval) ;
- 2 en aval immédiat du site (Pz3 et Pz4) ;
- 2 en aval éloigné du site (Pz6 et Pz7).

Par ailleurs, il existe également des puits : un sur site (« Puits »2) et deux puits privés hors site (« Puits n°1 » et « Puits n°2 ») à l'aval de Pz3 et Pz4. La figure ci-dessous présente la localisation de ces différents piézomètres et puits :



FIGURE 4 : LOCALISATION DES OUVRAGES DU RESEAU DE SURVEILLANCE

Le tableau récapitulatif ci-après permet d'apprécier l'évolution des concentrations en chrome depuis août 2008. A noter que ce tableau n'intègre pas les résultats en métaux (autres que le chrome), cyanures, HCT et COHV mesurés dans les eaux souterraines entre juin 2006 et juin 2009 (la plupart de ces composés, présents en amont et en aval du site, n'étant pas vraiment lié à celui-ci).

Pz5			Pz1					Pz2				Puits		Arrêté du 11/01/2007 Annexe I				
Date	mai-12	nov-12	mai-13	août-08	juin-09	sept-09	nov-11	août-08	juin-09	sept-09	nov-11	juin-06						
Localisation	Hors site												Sur site					
	Amont												Aval					
Chrome tot	µg/l	0,68	0,799	0,64	-	163	57	25,2	-	524	550	613	<5	50				
Chrome 3	µg/l	<0,3	<0,3	<0,3	-	-	-	<0,5	-	-	-	<0,5	-					
Chrome 6	µg/l	0,73	0,81	0,59	-	-	-	28	-	-	-	598	-					
Pz3			Pz4					Puits n°1	Puits n°2	Pz6				Arrêté du 11/01/2007 Annexe I				
Date	nov-11	juil-12	nov-12	mai-13	nov-11	juil-12	nov-12	mai-13	janv-08	mai-12	nov-12	mai-13						
Localisation	Hors site												Aval immédiat					
	Aval éloigné												Aval éloigné					
Chrome tot	µg/l	11	74	0,78	5,7	13	81	3,27	17,4	<5	6	0,66	0,34	0,28	50			
Chrome 3	µg/l	<0,5	<2,5	<0,3	<0,3	<0,5	<2,5	<0,3	<0,3	-	-	<0,3	<0,3	<0,3				
Chrome 6	µg/l	9	67,8	0,75	5,5	13,5	72	3,4	17,6	-	-	0,61	0,46	0,33				
Pz7														Arrêté du 11/01/2007 Annexe I				
Date	mai-12	nov-12	mai-13															
Localisation	Hors site												Aval éloigné					
Chrome tot	µg/l	1,3	0,68	2,4														
Chrome 3	µg/l	<0,3	<0,3	<0,3														
Chrome 6	µg/l	1,27	0,72	2,4														
En gras : concentrations supérieures aux seuils de détection du laboratoire																		
En jaune et gras : concentrations supérieures aux limites de qualité des eaux souterraines destinées à la consommation humaine																		
- : non analysé																		
Créé > Crété dans certains cas : lié aux incertitudes des analyses																		

Les résultats obtenus mettent en évidence :

- Une contamination de la nappe en chrome imputable au site Espace Chrome (concentration dans le piézomètre amont, Pz5, inférieures à celles observées en Pz2, Pz3 et Pz4 situé sur site et en aval immédiat) mais cette contamination est peu étendue (Concentrations en Pz6 et Pz7 dans l'ordre de grandeur des concentrations observées en amont).

A noter que seul lors de la campagne de juillet 2012, les valeurs de l'arrêté du 11/01/2007 relatives aux eaux destinées à la consommation sont dépassées en aval du site (Pz3 et Pz4), cependant ces valeurs restent dans le même ordre de grandeur.

Les spéciations, effectuées en novembre 2011 et lors des campagnes suivantes, sur les eaux des différents ouvrages investigués démontrent que le chrome se présente, aussi bien en amont qu'en aval, à environ 90 % sous forme hexavalente, forme soluble du chrome.

- Pour les autres paramètres ayant fait l'objet d'un suivi entre juin 2006 et janvier 2008 (8 métaux, HCT, Cyanures), il ne semble pas qu'il y est de contamination imputable au site. En effet, ces composés n'ont pas été détectés ou sont présents à des teneurs inférieures aux valeurs de gestion retenues (limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine selon l'arrêté du 11/01/07).
- A noter la présence d'un bruit de fond en COHV (notamment tétrachloroéthylène) dans la nappe, avec des teneurs sur site et en aval du site de l'ordre d'une dizaine de µg/L.

### **3.2.2.5 Interprétation des résultats au regard de la spéciation en chrome menée**

A l'aulne des travaux de dépollution sur le site, la pollution résiduelle se présente comme suit :

- Sols : pollution métallique diffuse (As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn et Hg)
- Eaux souterraines : contamination au chrome restreinte au site et à l'aval immédiat

La spéciation du chrome réalisée dans les différents médias permet d'apporter les éclairages suivants :

- Dans les sols, les concentrations en chrome total mesurées dans les 2-3 premiers mètres sont supérieures aux gammes de valeurs habituellement observées dans les sols ordinaires, le métal demeurant dans sa forme trivalente, c'est-à-dire réduit (fixé) et insoluble. Deux hypothèses sont avancées pour expliquer cet état :
  - Fuite de Cr VI des bains de traitement puis réduction in situ par des agents réducteurs issus de la surface ou présents naturellement dans le sol (par exemple sulfates de fer, sulfites, matière organique, acides organiques ...);
  - pollution au chrome 3 issue de déversements surfaciques, cette seconde hypothèse apparaît moins probable compte tenu de la composition des bains d'espace chrome (environ 98 % de chrome hexavalent et à environ 0,8% de chrome trivalent).

Entre 3 et 6 m de profondeur, les teneurs en chrome total sont inférieures aux gammes de valeurs habituellement observées dans les sols ordinaires, le métal demeurant dans sa forme trivalente (c'est-à-dire réduit et insoluble) et hexavalente (c'est-à-dire oxydé et soluble). A noter que la plus grande quantité de chrome 6 mesurée dans les sols (en masse) a été détectée entre -3 et -6 m (13,13 mg/kg représentant 20 à ~38 % du chrome tot).

- Dans les eaux souterraines sur site, le chrome est présent sous sa forme hexavalente (à hauteur de 90 %), c'est à dire soluble (mobile) et toxique. Hors site, la concentration chute nettement et reste inférieure à la valeur guide malgré une piézométrie favorable.

Les données bibliographiques indiquant que le chrome 3 n'est pas ou peu présent dans les eaux de pH de plus de 5 en raison de la faible solubilité de l'oxyde hydraté (données Santé Canada ; <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/chromium-chrome/index-fra.php>). Ainsi, il peut être considéré que cette forme du chrome n'ait pas d'impact sur l'aval du site.

Concernant la contamination observée en Pz2, il est probable qu'elle soit en grande partie liée à son implantation dans une zone de pollution résiduelle située dans les trois premiers mètres. En effet, les résultats d'analyses de sols profonds relevé sur le sondage CSD, situé à

environ 1 m de Pz2, indiquent, entre -3 et -6 m, des concentrations en chrome total dans la gamme de concentrations d'un sol ordinaire.

### 3.2.3 Schéma conceptuel

Sur la base des données recueillies le schéma conceptuel suivant a été réalisé :

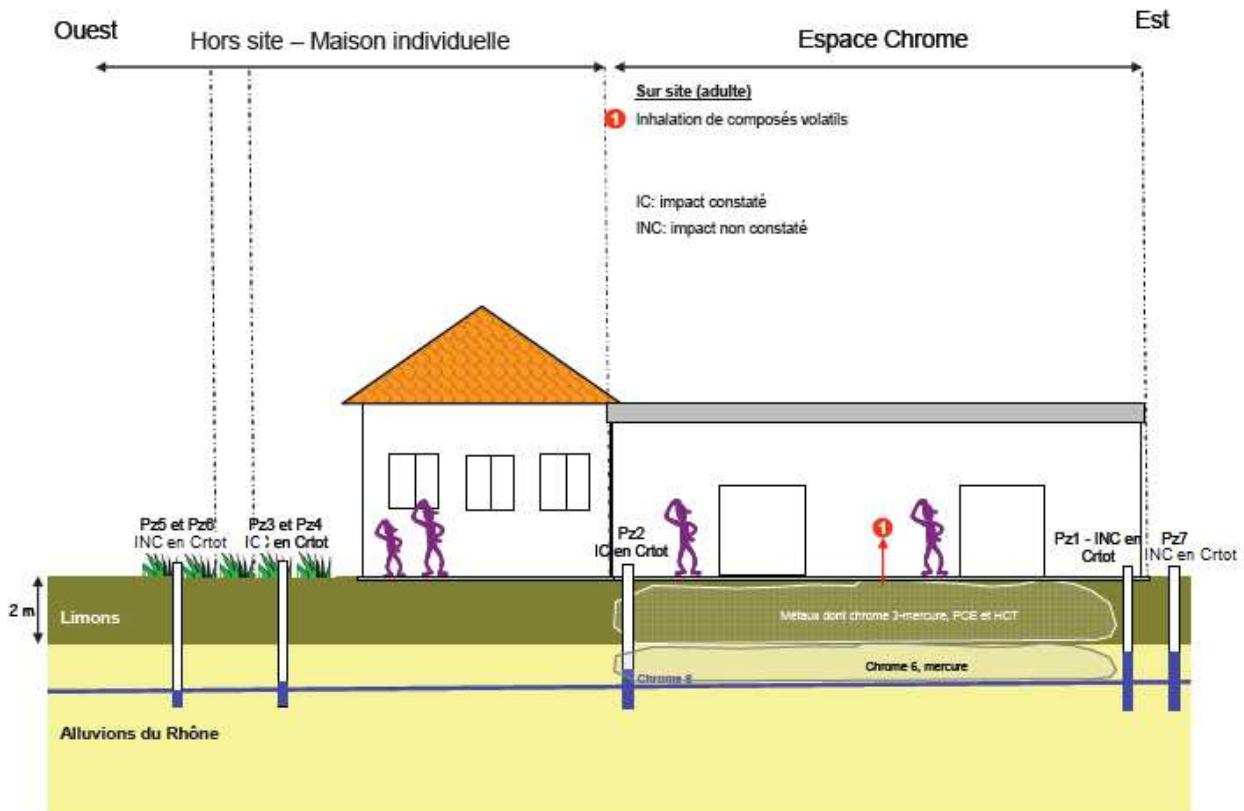


FIGURE 5 : SCHEMA CONCEPTUEL DU SITE

### 3.2.4 Plan de Gestion

#### Sources de pollutions

Les éléments acquis avant et pendant l'intervention de l'ADEME permettent de distinguer 3 sources :

- Une source « sol » constituée de sols contaminés par des métaux (dont le chrome 3) sur les 2 à 3 premiers mètres, soit un volume approximatif d'environ 400 à 600 m<sup>3</sup> (vs 800m<sup>3</sup> du plan de gestion 2009).
- Une source « sol » constituée de sols contaminés par le chrome 6 entre -3 et -6 m, soit un volume approximatif d'environ 600 m<sup>3</sup>.
- Une source « eau souterraine » constituée par les eaux polluées au chrome 6 de Pz2.

#### Bilan coût avantage des solutions de gestion

Le bilan coût avantage des divers techniques envisageable sur le site est présenté dans le tableau suivant :

Méthodes	Principe de traitement	Avantages/	Inconvénients	Durée	Estimation des couts (HT)
Excavation et traitement hors site des sources « sol »	Terrassement des sols pollués (0-3 m et 3-6 m) puis chargement pour élimination en filière agréée hors site.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Adapté au petit volume.</li> <li>○ Rapidité d'exécution.</li> <li>○ Technique fiable et éprouvée</li> <li>○ Solution non tributaire des hétérogénéités locales de la nature lithologique des sols.</li> <li>○ Permet un suivi en hautes et basses eaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Procéder au démantèlement des bâtiments.</li> <li>○ Conforter les murs porteurs des constructions voisines.</li> <li>○ Difficile à des profondeurs de 5-6 m</li> <li>○ Coûts prohibitifs des filières.</li> <li>○ Nuisances liées au transport des camions de terres vers la filière appropriée : émission de poussières et CO<sub>2</sub>.</li> <li>○ Nuisances sonores.</li> </ul>	10 à 30 J (hors démolition des bâtiments/confortement et dalle)	43 à 66 K€ : excavation des terres et remblaiement 96 à 366 K€: élimination en ISDND ou incinération Ne comprend pas la démolition de la dalle et la démolition/confortement des bâtiments
Stabilisation in situ et mise en œuvre d'une barrière perméable réactive (BPR)	Reduction de la mobilité du chrome 6 par ajout d'adjuvants dans les sols. (par mélange mécanique = soil mixing).  Dégradation par écoulement naturel du chrome 6 présent dans les eaux souterraines par un réactif contenu dans la BPR	<p>Soil Mixing :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Technique simple à mettre en place (utilisation d'une tarière avec tête d'injection)</li> <li>○ Procédés et moyens techniques déjà éprouvés</li> </ul> <p>BPR :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rendements épuratoires élevés</li> <li>○ Ne nécessite pas de pompage (car traitement passif)</li> </ul>	<p>Soil Mixing :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nécessite de procéder au démantèlement des bâtiments.</li> <li>○ Réaction réalisée en milieu acide (pH = 2) engendrant des gaz qui doivent être traités et collectés.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ne traite pas la pollution en chrome résiduelle (3-6 m) et la pollution en métaux relevée dans les sols superficiels (0-3 m)</li> <li>○ Injections de réducteurs engendrant des réactions exothermiques.</li> <li>○ Coûts prohibitifs des réactifs.</li> <li>○ Contraintes géotechniques pour le réaménagement.</li> <li>○ Nécessite un pilote laboratoire pour dimensionner la technique.</li> </ul> <p>BPR :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nécessite de procéder au démantèlement des bâtiments.</li> <li>○ Coûts de mise en place élevés</li> <li>○ Technique souvent confrontée à un problème de colmatage</li> </ul>	○ 3 mois pour les sols ○ A l'échelle de deux années pour les eaux souterraines	80 à 190 K€ : stabilisation in situ des sols (3-6 m) 80 K€ : BPR Ne comprend pas la démolition de la dalle et la démolition/confortement des bâtiments
Réduction in situ et mise en œuvre d'une barrière perméable réactive (BPR)	Réduction du chrome 6 en chrome 3 par injection d'un réducteur dans les sols pollués à l'aide d'aiguilles	Réduction in situ : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Réaction rapide avec un rendement d'abattement non négligeable.</li> <li>○ Coûts des réacteurs pas très onéreux</li> <li>○ Procédés et moyens techniques déjà</li> </ul>	Réduction in situ : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nécessite de procéder au démantèlement des bâtiments.</li> <li>○ Injection de réducteurs forts engendrant des réactions fortement exothermiques.</li> </ul>	○ Quelques semaines à quelques mois pour les sols ○ A l'échelle de deux	70 à 140 K€ : stabilisation in situ des sols (3-6 m) 80 K€ : BPR Ne comprend pas la démolition de

Dégénération par écoulement naturel du chrome 6 présent dans les eaux souterraines par un réactif contenu dans la BPR	éprouvés  BPR : <ul style="list-style-type: none"><li>o Rendements épuratoires élevés</li><li>o Ne nécessite pas de pompage (car traitement passif)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>o Tributaire de la perméabilité intrinsèque du terrain.</li><li>o Risques d'effets pistons lors des injections conduisant à la libération du chrome 6 dans la nappe.</li><li>o Manipulation des produits chimiques à réaliser avec précaution</li><li>o Nécessite un pilote laboratoire pour dimensionner la technique.</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>o BPR :</li><li>o Nécessite de procéder au démantèlement des bâtiments.</li><li>o Coûts de mise en place élevés</li><li>o Technique souvent confrontée à un problème de colmatage</li></ul>	années pour les eaux souterraines	la dalle et la démolition/confortement des bâtiments
Confinement par couverture et étanchéification	Confinement des sols pour empêcher la lixiviation des sols pollués.	<ul style="list-style-type: none"><li>o Permet de confiner l'ensemble des polluants identifiés dans les sols</li><li>o Ne nécessite pas le démantèlement des bâtiments</li><li>o Compétitivité en termes de coût et de performance</li><li>o Fiabilité</li><li>o en hautes et basses eaux</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>o Pollution non traitée, toujours en place (sauf démonstration que CrVI entre 3 et 6m de profondeur est naturel)</li><li>o Mise en place de restrictions d'usage</li><li>o Suivi à très long terme</li><li>o S'assurer de la pérennité du confinement</li></ul>		6 à 25 K€ : confinement par couverture béton et étanchéification

A noter que les coûts estimés dans le bilan ci après ont été définis sur la base des coûts fournis par les professionnels des travaux de dépollution. Il ne s'agit pas d'un devis et CSD Ingénieurs ne pourra être tenu pour responsable en cas de différences avec les coûts réels.

Au regard du bilan ci-avant, la solution de gestion qui semble être la plus pertinente est le confinement par couverture et étanchéification accompagné par un suivi des eaux souterraines hors site.

Des restrictions d'usage devront être mise en place pour garantir la pérennité de la couverture dans le temps.

En cas de changement d'usage du site, la mise à jour du présent plan de gestion au regard du futur usage devra être faite.

## 4. RECAPITULATIFS DES OPERATIONS REALISEES ET COUTS ENGAGES

---

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des opérations menées et les coûts associés :

Prestations	Année de réalisation	Montant dépensé (Euro TTC)
Coordination sécurité	2011-2013	1 302,73
Etanchéité des zones dépolluées	2011	3 623,88
Diagnostic complémentaire, suivi des eaux sur deux ans et mise à jour du plan de gestion :	2011-2013	45 558,03
<b>Montant total (en euro TTC)</b>		<b>50 484,64</b>

A titre d'information, le montant qui avait été évalué par l'ADEME pour réaliser ces opérations était de 50 000 €TTC.

## 5. PRECONISATIONS ET EVENTUELLES SUITES A DONNER

---

L'ensemble des prestations préconisées par l'AP du 24 mars 2011 a été réalisé.

Au regard des investigations menées, il apparaît que :

- Des anomalies en métaux (As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn et Hg) sont relevées dans les sols, essentiellement dans les 3 premiers mètres ;
- Le chrome est majoritairement présent sous sa forme trivalente, insoluble (à près de 99 %) dans les 3 premiers mètres. Les concentrations entre 3 et 6 m de profondeur sont plus modérées et la forme hexavalente (majoritairement sous forme soluble) est présente en proportion plus forte (jusqu'à 38% du chrome total) ;
- La contamination de la nappe en chrome est limitée au site. Un dépassement des valeurs définies par l'AP a été observé lors d'une campagne (en juillet 2012), ce dépassement est très certainement lié aux très fortes précipitations intervenues avant le prélèvement et semble plus révélateur d'un panache ponctuel que permanent ;
- Le site ne fait pas l'objet d'une pollution organique à des teneurs significatives, à l'exception de la dalle du sondage S5 (sous-sol de l'arrière-cour) où une forte anomalie en HCT (60 000 mg/kg) a été relevée ;
- Pour rendre compatible le site avec un usage industriel et le lessivage des sols, la meilleure solution de gestion d'après le bilan coût-avantage est la réalisation d'une étanchéité du site accompagné d'un suivi des eaux.

Ainsi, compte tenu de ces éléments, de la localisation du site dans une zone à pression foncière relativement forte, du caractère peu soluble du chrome présent dans les sols, et, au vu des informations à notre disposition, de l'impact modéré du site sans risque particuliers pour les usages recensés, il ne semble pas pertinent de réaliser des mesures particulières de gestion dans le cadre d'une seconde phase d'intervention de l'ADEME.

Par contre il appartiendra à tout nouvel aménageur/utilisateur de ce site d'élaborer un plan de gestion de cette pollution en fonction de l'usage visé, afin de s'assurer de la maîtrise des risques en fonction de la pollution des sols qui perdurent localement.

En outre, un nouveau suivi des eaux sur une période de deux ans, sur les piézomètres et puits hors site pourrait s'avérer intéressant. En cas de non reprise du site, cette opération pourrait rentrer dans le cadre d'une mission de l'ADEME.

A notre sens le suivi des eaux devrait être mené de façon semestrielle sur une période de deux ans et comprendre :

- Le prélèvement et l'analyse de 5 piézomètres (Pz3, Pz4, Pz5, Pz6 et Pz7)
- Le suivi à minima des paramètres Chrome, Nickel et HCT
- La réalisation d'une spéciation du chrome pour l'ensemble des prélèvements réalisés ;

Ce suivi s'élèverait, d'après notre estimation, à environ 23 000 €TTC.

En cas d'intervention de l'ADEME, il faudrait ajouter à cette estimation 1500 €TTC afin de couvrir les frais de missions Sécurité et Protection de la Santé nécessaire au bon déroulement de la prestation.

## 6. ANNEXE

---

Annexe 1 – Synthèse des résultats d'analyse de sol

## Annexe 1 – Synthèse des résultats d'analyse de sol

#### Sondages excavés et évacués hors site

#### Concentration mesurée supérieure au bruit de fond géochimique

LQ : limite de quantification

\* Métaux : d'après l'étude de Denis BAIZE "Teneurs en éléments trace métalliques des sols ordinaires" INRA, 1992

\*\*FD/FDF : fond de fouille ; F : fouille latérale

Zone A, B, C : zones ayant fait l'objet d'une dépollution en 2008 (voir figure 3 page 9 pour leur localisation)

## Sondage CSD :

Prof (m)	[Cr VI] soluble (mg/kg)	[Cr VI] insoluble (mg/kg)	[Cr VI] (mg/kg)	[Cr total] (mg/kg)	[Cr III] (mg/kg)
0-1	0,02	0,134	0,154	131	130,8
1-2,0	0,104	1,153	1,257	564	562,7
2-3,0	0,02	0,263	0,283	34	33,7
3-4,0	0,704	0,725	1,429	26	24,6
4-5,0	5,987	1,567	7,554	20	12,4
5-6,0	2,832	1,319	4,151	21	16,8