

Juin 2016

## RÉGION : AQUITAINE LIMOUSIN POITOU CHARENTES

SITE SREE à BORDEAUX (30, rue Delbos)  
GIRONDE - 33

### Surveillance de la qualité des eaux souterraines

#### Compte-rendu d'intervention terminée

*Ce compte-rendu d'intervention terminée complète le compte-rendu transmis le 17 septembre 2013, et relatif à l'élaboration du Plan de gestion du site. Le détail des investigations, ayant permis la définition des mesures de gestion, et la présentation de ces mesures, ne sont pas repris ci-après.*

## I - CONTEXTE DES INTERVENTIONS DE L'ADEME SUR LE SITE SREE

### 1 - ACTIVITE A L'ORIGINE DE LA POLLUTION

La Société de Réparation et d'Équipement Électrique (SREE) exerçait depuis 1987 une activité de réparation et de reconditionnement de matériels électriques divers, notamment des transformateurs à huile minérale ou pyralène. Cette société a fait l'objet d'une liquidation judiciaire en mai 1996.

A la cessation de l'activité, 225 tonnes de déchets (huiles souillées au PCB, transformateurs, condensateurs, ...), et plus de 750 fûts ont été abandonnées sur le site. Les conditions de stockage étaient de nature à engendrer des fuites dans l'environnement.

### 2 - SITUATION FONCIERE

Le patrimoine immobilier, sous la responsabilité du liquidateur lorsque l'ADEME a été chargée des premières interventions sur ce site, a ensuite été vendu à un marchand de bien. Après avoir projeté de construire sur ce terrain un immeuble d'habitation, cette personne cherchait à le revendre, jusqu'à ce que Bordeaux Métropole (alors Communauté Urbaine de Bordeaux) ait souhaité exercer son droit de préemption pour la constitution d'un Programme d'Aménagement d'Ensemble (PAE). L'acquisition, bloquée pendant de nombreux mois en raison de la pollution présente sur ce terrain, a finalement été réalisée début 2009.

En juin 2010, Bordeaux Métropole a procédé à la démolition des bâtiments et des dalles béton présents sur le site ; un décapage des remblais a été effectué lors de ce chantier sur quelques dizaines de centimètres, sur l'ensemble de l'emprise du site. Par ailleurs, Bordeaux Métropole a confirmé en décembre 2012 qu'elle prendrait en charge les travaux de dépollution du site qui s'avèreraient nécessaires.

Les parcelles font en effet partie de l'îlot B2 du plan-guide des Bassins à Flot, qui doit accueillir des équipements publics communaux (cf. emprise du projet d'aménagement en annexe 3). Elles sont comprises dans l'emprise d'un futur groupe scolaire (écoles maternelle et primaire). Elles sont complétées en cela par la parcelle SB40, voisine, qui accueillerait un gymnase, une sente piétonne séparant ces équipements. Il est prévu que Bordeaux Métropole cède le terrain à la Ville de Bordeaux après réalisation des travaux de dépollution, avant construction des bâtiments par cette dernière.

### 3 - LOCALISATION

Le site SREE, parcelles n°10, 28 et 38 section SB, qui couvre une surface totale de 1 800 m<sup>2</sup>, se trouve au 30 rue Delbos (33300), dans le quartier de Bacalan, en bordure nord de Bordeaux, en rive gauche de la Garonne (située à environ 350 m du site) – (cf. Plan de localisation du site et des parcelles étudiées en annexes 1 et 2). C'est une zone en pleine restructuration depuis plusieurs années, où se mêlent habitat et activités artisanales ou industrielles.

### 4 - PROBLEMATIQUE ENVIRONNEMENTALE ET RESTRICTIONS D'USAGE

Les diagnostics réalisés après évacuation des déchets abandonnés avaient mis en évidence l'existence de zones sources de pollution en PCB dans les bétons et les sols du site, et l'existence d'un impact certain des activités du site sur la nappe pour les PCB, les hydrocarbures et les trichlorobenzènes. L'évaluation détaillée des risques liés à l'ingestion d'eau de nappe, réalisée en 1998, montrait que l'excès de risque individuel pour l'utilisation du puits de jardin situé à 80 m du site en aval n'était pas significatif. Cependant, cet excès de risque devenait inacceptable (risque > 10<sup>-5</sup>) s'il s'agissait de la consommation d'eau de qualité similaire à celle de la nappe prélevée sur le site même.

Une restriction de l'usage de la nappe superficielle à des buts AEP (Alimentation en Eau Potable) ou irrigation/arrosage a donc été imposée par voie d'arrêté préfectoral de servitudes d'utilité publique le 17 octobre 2002 (arrêté complété le 17 avril 2003 au niveau de la liste des propriétaires concernés). Cette interdiction s'applique sur le site, et dans un périmètre de 100 m autour des limites du site.

L'arrêté de servitudes intégrait également des restrictions d'usage des sols au droit du site, que ce soit pour un usage industriel (mise en place d'une couverture étanche) ou résidentiel (évacuation de la dalle béton et des matériaux de couverture, et excavation des sols dont la concentration est supérieure à 10 ppm en PCB), ainsi que des obligations d'information préalable du préfet et des nouveaux acquéreurs.

En parallèle à l'arrêté de servitudes, plusieurs programmes de surveillance de la qualité des eaux ont été décidés pour valider puis vérifier le bien-fondé de cette distance de 100 m, et apprécier l'évolution des phénomènes de dégradation et de transfert des polluants en présence.

### 5 - PLAN DE GESTION ET TRAVAUX DE DEPOLLUTION DES SOLS

Une source active de pollution étant présente sur la parcelle de l'ancien site industriel, la réalisation d'un Plan de gestion a été confiée en 2012 à l'ADEME. Les investigations ont mis en évidence l'existence de quatre sources de pollution dans les sols : trois sources concentrées dans le terrain naturel et les remblais sus-jacents, et une source diffuse dans les remblais.

Eu égard au projet de Bordeaux Métropole de construction d'un établissement sensible sur ce site, et dans l'objectif de protéger durablement les personnes et les milieux, et d'améliorer la qualité de ces derniers, le traitement des sources concentrées de pollution (dont les points chauds en PCB dans les remblais), ainsi que de la pollution diffuse dans les remblais, a été fortement recommandé.

Ce scénario a été retenu par la collectivité, et traduit dans l'arrêté préfectoral du 3 avril 2015 considérant Bordeaux Métropole comme tiers demandeur. Cet arrêté encadre la réalisation des travaux de traitement des sols et de la nappe pris en charge par Bordeaux Métropole, la surveillance de la qualité des eaux souterraines, et fixe de nouvelles restrictions d'usage. Les travaux se sont déroulés du 13 avril au 22 septembre 2015.

## **II - SYNTHÈSE DES DIFFÉRENTES INTERVENTIONS RÉALISÉES PAR L'ADEME SUR LE SITE SREE ENTRE 1996 ET 2015**

### **1 - TRAVAUX D'ÉVACUATION DES DÉCHETS ET DE NETTOYAGE**

- Arrêté préfectoral du 31/07/1996 (arrêté de travaux au titre d'une procédure d'intervention d'urgence)
- Contenu de l'intervention : évacuation et élimination de fûts et transformateurs, et nettoyage surfacique des sols de la cour principale et du hangar
- Bilan présenté le 25/06/1997
- Coût : 271 123 €

### **2 - ÉTUDE PRE-DIAGNOSTIC**

- Arrêté préfectoral du 20/01/1997 (arrêté d'étude au titre d'une procédure d'intervention d'urgence)
- Contenu de l'intervention : pré-diagnostic et évaluation simplifiée des risques
- Réalisation en parallèle à l'évacuation des fûts, avant le nettoyage surfacique
- Bilan présenté le 25/06/1997
- Coût : 16 579 €

### **3 - DIAGNOSTIC COMPLÉMENTAIRE APRES ÉVACUATION DES DÉCHETS**

- Arrêté préfectoral du 26/03/1998
- Contenu de l'intervention : diagnostic complémentaire dans les zones non investiguées, étude d'impact et évaluation quantifiée du risque d'ingestion d'eau souterraine polluée
- Bilan présenté le 09/06/2000
- Coût : 26 344 €

### **4 - SUIVI ANALYTIQUE DES EAUX SOUTERRAINES N°1**

- Arrêté préfectoral du 02/02/2001
- Contenu de l'intervention : suivi de la qualité des eaux souterraines en 4 points (avec création de 2 nouveaux piézomètres hors site), pour une durée de 3 ans, avec 2 campagnes annuelles de prélèvements et d'analyses, et évaluation des conditions techniques et financières des diverses mesures correctives à mettre en œuvre
- Bilan présenté le 23/03/2006
- Coût : 47 882 €

### **5 - SUIVI DE QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES N°2**

- Arrêté préfectoral du 09/02/2007
- Contenu de l'intervention : suivi semestriel de la qualité des eaux souterraines en 6 points (avec création de 3 nouveaux piézomètres hors site), pour une durée de 3 ans
- Bilan présenté le 06/12/2011
- Coût : 58 333 €

## 6 - PLAN DE GESTION ET SUIVI DE QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES N°3

- Arrêté préfectoral du 27/04/2012
- Contenu de l'intervention : construction du schéma conceptuel et étude des mesures de gestion du site SREE, et suivi semestriel de la qualité des eaux souterraines en 10 points (avec création de 4 nouveaux piézomètres hors site), pour une durée de 3 ans
- Coût : 129 066,47 € (dont 126 023,66 € TTC pour le marché principal)

*L'objet de la présente fiche est de synthétiser les résultats du suivi de la qualité des eaux souterraines (le Plan de gestion ayant été présenté en 2013).*

Le bilan de l'ensemble des montants dépensés de 1996 à 2015 (y compris les frais de publication d'arrêtés, les constats d'huissier, les prestations sécurité et autres prestations annexes) est donné dans le tableau ci-contre :

<i>Synthèse des coûts</i>	<i>en € TTC</i>
Travaux	271 123,09
Etudes	278 205,58
<b>TOTAL</b>	<b>549 328,67</b>

### III - CONTENU ET OBJECTIFS DES PRESTATIONS REALISEES SUR LA PERIODE 2012 - 2015

Par arrêté préfectoral d'exécution de travaux d'office en date du 27 avril 2012, l'ADEME a été chargée de réaliser les prestations suivantes :

- Construction du schéma conceptuel et étude des mesures de gestion du site ;
- Implantation de deux nouveaux doublets de piézomètres et surveillance semestrielle pendant trois ans de la qualité des eaux souterraines sur dix points de suivi.

Cette prestation a été confiée le 3 décembre 2012 au groupement de bureaux d'études TESORA/EAUGEO.

#### 1 - OBJECTIFS DE LA PRESTATION

Les objectifs de la surveillance et du plan de gestion étaient les suivants :

- contrôler que la tendance à l'atténuation observée globalement sur les eaux souterraines depuis 3 ans se vérifie,
- vérifier si des aménagements aux servitudes d'usages des sols et de la nappe institués par l'arrêté du 17 octobre 2002 peuvent être mis en œuvre,
- évaluer l'état de pollution sous la rue Delbos, notamment du fait de la présence de remblais qui drainent la nappe et au sein desquels la pollution pourrait se concentrer,
- mesurer l'état piézométrique et qualitatif de la nappe à l'extrémité Est de la rue Delbos, afin de confirmer le rôle drainant des remblais sous la rue, et d'apprécier le degré de migration de la pollution dans cette direction,
- surveiller d'éventuelles fluctuations qualitatives en cas de crue exceptionnelle de la nappe,
- définir les solutions de gestion à mettre en œuvre et le chiffrage du budget correspondant afin de protéger durablement les milieux, et notamment la qualité des eaux souterraines.

## 2 - SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

Le suivi sur la période 2007/2010 n'avait pas amené d'éléments qui auraient pu justifier d'apporter des modifications à la servitude prise en 2002 sur les eaux (dans un rayon de 100 m autour du site SREE). Le maintien de cette servitude nécessitait cependant de poursuivre, parallèlement à la définition des travaux sur les sols du site, la surveillance de la qualité des eaux souterraines au droit du site.

### □ Implantation de nouveaux piézomètres

Afin de répondre aux objectifs fixés dans l'arrêté préfectoral de travaux d'office, deux nouveaux doublets de piézomètres ont été créés dans la rue Delbos. Le but était de vérifier l'état piézométrique et qualitatif des deux semi-aquifères en présence : l'aquifère « superficiel » (dans les remblais : ouvrages de 5 m de profondeur) et l'aquifère « profond » (dans les « argiles vasardes » : ouvrages de 11 m de profondeur). Il s'agissait d'investiguer la potentielle zone drainante située à l'aval hydrogéologique du site SREE, constituée par les décaissements des nombreux réseaux.

D'autre part, pour élaborer le plan de gestion, il était nécessaire :

- de connaître l'état qualitatif des eaux souterraines sous le site, pour tenir compte des risques de dégazage de la nappe, après traitement des sols ;
- d'évaluer l'atténuation de la pollution dans la nappe depuis le site ;
- de réaliser des essais de perméabilité pour apprécier la mobilité des eaux souterraines sous le site, et évaluer les vitesses de migration potentielles ;
- de préciser la piézométrie de l'aquifère « superficiel » sous le site (direction d'écoulement et épaisseur de la zone non saturée associée aux remontés de vapeurs) ;
- de vérifier l'état de contamination de l'aquifère « profond » sous le site, afin d'avoir un « état initial » de cet aquifère, pour comparaison avec les concentrations analysées hors du site.

Le dispositif de surveillance des eaux souterraines hors site a donc été complété par la mise en place de 3 piézomètres courts provisoires sur le site (l'ancien PZ1 ayant été retrouvé lors des investigations en état de fonctionnement), et d'un nouveau piézomètre profond équipé pour un usage pérenne.

### □ Surveillance de la qualité des eaux souterraines

La surveillance de la qualité des eaux autour du site SREE a été réalisée pendant une durée de 3 ans, au moyen de 15 points de suivi (cf. plan du réseau de surveillance des eaux souterraines en annexe 4) :

- les 7 points existants :

- puits privé N°4 au 37 rue Delbos (4,75 m de profondeur), sur la parcelle section SC 32, nommé P4
- piézomètre Tirepois (10,5 m de profondeur), sur la parcelle section SC 40
- piézomètre GISOL (9,0 m de profondeur), sur la parcelle section SB 41
- PZ5, piézomètre profond à proximité immédiate du site SREE (12,0 m de profondeur), sur la parcelle section SB 40,
- PZ6, piézomètre « court » à proximité immédiate du site SREE (5,1 m de profondeur), sur la parcelle section SB 40,
- PZ7, piézomètre profond à l'Est/Sud-est du site SREE (11,56 m de profondeur), sur la parcelle section SB 20,
- PZ1 (2,8 m de profondeur), piézomètre retrouvé en début d'étude sur la parcelle de l'ancien site industriel, sans capot, en état médiocre, détruit en 2014,

- ainsi que les 4 nouveaux piézomètres créés en janvier 2013 :

- PZ8, piézomètre profond dans la rue Delbos face au site SREE (11 m de profondeur),
- PZ9, piézomètre « court » dans la rue Delbos face au site SREE (5 m de profondeur),
- PZ10, piézomètre profond dans la rue Delbos à 75 m du site SREE (11 m de profondeur),
- PZ11, piézomètre « court » dans la rue Delbos à 75 m du site SREE (5 m de profondeur).

De plus, dans le cadre du Plan de gestion, les 4 piézomètres suivants ont été mis en place sur le site SREE et analysés (l'ancien PZ1 ayant été intégré au réseau d'analyse) :

- PZ12, piézomètre profond (11 m de profondeur),
- PZ13, piézomètre « court » (4 m de profondeur),
- PZ14, piézomètre « court » (4 m de profondeur),
- PZ15, piézomètre « court » (4 m de profondeur).

Le réseau de surveillance se caractérise par 2 profondeurs de piézomètres :

- les « piézomètres courts », profonds de 3 à 5 m, destinés à capter la « nappe superficielle » qui circule dans les remblais et les couches limoneuses supérieures du terrain ;
- les « piézomètres longs », profonds de 9 à 12 m, isolés dans leur partie supérieure, et destinés à capter la « nappe profonde » des « argiles vasardes » présentes au-delà de 5 m sous le sol actuel.

Les 10 piézaires de 1,5 m, réalisés pour la mesure des gaz du sol, ont été utilisés pour des mesures de niveau d'eau et des prélèvements pour analyses en février 2013. Seul le Pg10 était encore visible sur le site en mars 2015 (tous les autres ont été détruits ou couverts de terre entre avril 2014 et mars 2015).

Six campagnes de prélèvements et d'analyses ont été réalisées, en période de basses et hautes eaux, avec analyse a minima des PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) sur tous les points de surveillance. D'autres paramètres, tels les Chlorobenzènes et les BTEX, ont été analysés sur les points pour lesquels cela s'avérait pertinent au vu des résultats déjà acquis.

Ces campagnes ont été réalisées en :

- ✓ Janvier, mai et octobre 2013,
- ✓ Mars et octobre 2014,
- ✓ et mars 2015.

Le programme analytique réalisé est synthétisé dans le tableau ci-dessous :

	Paramètres divers att. naturelle	Balance ionique	HCT, CAV-BTEX, COHV	CAV-BTEX, COHV	PCB	PCB Dioxine like	Caractérisation bactéries	Chloro benzènes	TOTAL ANALYSES
1ère campagne : 16 janvier 2013	15	15	15	8	23		2	14	92
2ème campagne : 6 mai 2013				12	15	4		12	43
3ème campagne : 1er octobre 2013				5	12	2			19
4ème campagne : 4 mars 2014				5	12			1	18
5ème campagne : 30 septembre 2014				5	9			1	15
6ème campagne : 9 mars 2015				6	10				16
<b>TOTAL ANALYSES</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>41</b>	<b>81</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>28</b>	<b>203</b>

## **IV - CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE, HYDROLOGIQUE, GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE**

### **1 - CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE**

Le secteur d'étude est presque horizontal ; il est situé à 400 m des Bassins à Flot au Sud, et 350 m de la Garonne à l'Est ; l'altitude du site SREE est voisine de + 5 m NGF, celle de la Garonne habituellement voisine de + 2 m NGF (avec une amplitude de marnage de l'ordre de 5 à 6 m au maximum).

### **2 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE**

Le drainage général des eaux de surface et des aquifères superficiels de ce secteur se fait vers la Garonne, qui sert aussi d'exutoire pour les eaux pluviales collectées dans le quartier.

Avant urbanisation, ce secteur inondable de bord de Garonne était drainé par des fossés de collecte se déversant dans la Garonne ; ces fossés ont été remblayés ou canalisés lors de l'urbanisation de cette zone, mais le drainage a pu subsister s'ils ont été remblayés par des matériaux perméables.

D'autre part, de nouveaux vecteurs de drainage ont été créés artificiellement lors de la mise en place de réseaux enterrés profonds (assainissement en particulier), lorsque le remblayage des tranchées ou le lit de pose des réseaux sont constitués de matériaux sableux ou perméables.

Malgré la faible altitude du site et la proximité de la Garonne, les enregistrements de niveau de la nappe sous le site, pendant deux périodes de 2 années, ont montré l'absence d'influence du niveau de la Garonne (qui, elle, subit très nettement l'influence des marées) sur les fluctuations de la nappe. Cependant, les crues exceptionnelles sont susceptibles d'atteindre le site SREE ; dans ces cas exceptionnels, une influence directe de la Garonne sur la nappe phréatique est possible.

### **3 - CONTEXTE GEOLOGIQUE**

Les bâtiments du site SREE étaient construits sur un substratum d'alluvions récentes de la Garonne. Les sondages et piézomètres réalisés au droit du site et à proximité montrent la succession lithologique suivante (cf. coupe lithologique schématisée des alluvions sous le site SREE en annexe 5) :

- 0,8 à 4,0 m de remblais (terre, graviers, limons, argiles, blocs de calcaire ou de béton, briques, éléments métalliques, bois, etc.) ;
- plus de 10 m d'alluvions récentes constituées de limons et d'argiles plastiques marron, grises ou verdâtres, parfois "vasardes" (très fluides) vert-noir, légèrement sableuses. Ces dépôts fluviatiles traversés par les sondages montrent une grande variabilité spatiale.
- Entre 15 m à 20 m sous le sol, une couche de graves et sables est habituellement rencontrée sous les argiles Flandriennes ; elle n'a pas été atteinte dans les sondages réalisés pour l'étude et la surveillance du site SREE.

#### 4- CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Dans le secteur Bacalan, à Bordeaux, on distingue plusieurs aquifères :

- ✓ Un ou des "aquifères perchés" localisés, très superficiels, présents dans les zones de remblais lorsqu'ils sont suffisamment épais et perméables (remblais de comblement de dépressions naturelles ou artificielles dans les alluvions) et dans les limons sous-jacents ; ces aquifères, alimentés avant tout par les eaux de pluie, sont exploités localement par des puits privés non déclarés, pour des besoins tels que l'arrosage ou le nettoyage ;
- ✓ Un "semi aquifère" dans les « argiles vasardes », alluvions limoneuses à passées sableuses ou tourbeuses du Flandrien ;
- ✓ Un aquifère captif ou semi-captif sablo-graveleux Sous-Flandrien, protégée des infiltrations de surface par un niveau d'argile plastique semi-perméable de 10 à 15 m, et exploitée essentiellement par des captages industriels ;
- ✓ La nappe contenue dans les calcaires de l'Eocène *supérieur*, protégée par deux niveaux argileux, non exploitée par des captages dans un rayon minimal de 5 km autour du site ;
- ✓ L'aquifère sablo-calcaire de l'Eocène *moyen et inférieur*, exploité par de nombreux captages AEP qui alimentent Bordeaux Métropole dans un rayon de quelques km autour du site. Ces captages, ainsi que les captages industriels, ne sont pas vulnérables compte tenu de la présence d'une épaisse couche de près de 50 m de formations marneuses et argileuses Sannoisiennes (Oligocène inférieur).

Les diverses études ont montré l'existence de deux niveaux aquifères distincts au sein des formations présentes immédiatement sous le site SREE ; il s'agit de deux entités semi-aquifères interdépendantes au sein de l'ensemble remblais - alluvions flandriennes, fréquemment séparées par un niveau argileux moins perméable (cf. coupe lithologique schématique des alluvions sous le site SREE en annexe 5).

## V - INVESTIGATIONS REALISEES ET RESULTATS DES CAMPAGNES D'ANALYSE

Un programme d'investigation a été élaboré afin de répondre aux objectifs de l'arrêté préfectoral. Il visait les milieux sols, gaz du sol et eaux souterraines. A l'exception des prélèvements et analyses d'eau souterraine qui se sont déroulés sur une période de 3 ans, les investigations ont été réalisées en janvier et février 2013.

Ne sont repris ci-après que les éléments relatifs aux eaux souterraines.

### 1 - MESURES DE PERMEABILITE

A chaque création d'un nouveau forage, des essais de perméabilité des terrains ont été réalisés. Les perméabilités mesurées sont faibles, de l'ordre de  $10^{-7}$  m/s ; elles sont indicatrices d'un milieu peu perméable qui rend difficile le transfert de produits polluants dans la nappe. On observe une perméabilité légèrement meilleure des couches superficielles, au-dessus des argiles plastiques, dans les limons et les remblais.

Dans les couches de limons sableux sous les argiles (« argiles vasardes »), les perméabilités mesurées sont assez variables, un peu plus élevées en présence de bancs de sables fins ; ces bancs de sables fins peuvent avoir une perméabilité un peu supérieure, et constituer les principaux vecteurs de déplacement des eaux souterraines.

## 2 - SUIVI PIEZOMETRIQUE

Le niveau de la nappe superficielle se situe entre 0,4 m et 3 m sous le sol dans l'ensemble des points suivis. L'état piézométrique moyen de la nappe est présenté en annexe 6 pour la période 2013 - 2015 (sol du site SREE à 3,8 m NGF).

Les mesures de la dernière période de surveillance confirment l'hypothèse d'un drainage permanent par la rue Delbos. Le caractère drainant est plus accentué en saison sèche, et une diminution de l'influence latérale de ce drainage s'observe lorsque le niveau général de la nappe monte. Globalement, les forts gradients observés de part et d'autre de la rue confirment les faibles perméabilités mesurées dans les piézomètres.

D'autre part, les relevés de la période 2013 - 2015 indiquent que l'on serait plutôt en présence d'un « point drainant » que d'un « axe drainant » dans la rue Delbos (dans les piézomètres Pz10 et Pz11 situés à l'extrémité Est de la rue Delbos, le niveau des nappes superficielle et profonde est systématiquement plus haut que dans les Pz8 et Pz9 situés face au site SREE). Il pourrait s'agir d'un collecteur d'eau dégradé, les dégradations étant suffisamment importantes pour que le rabattement de la nappe soit permanent et étendu. L'emplacement de ce point drainant n'est pas connu, mais il se situe vraisemblablement entre Pz9 et Pz10 (plus près de Pz9 que de Pz10).

Dans les piézomètres réalisés en "doublets", les différences de niveau entre la "nappe superficielle" (captée par les piézomètres courts) et la "nappe profonde" (captée par les piézomètres longs) sont nettes : sauf épisodes temporaires, le niveau est 10 à 130 cm plus haut dans la nappe superficielle que dans la nappe profonde. Ceci confirme qu'il n'y a pas de relations directes entre ces deux niveaux aquifères, notamment dans la partie Est de la rue Delbos. Les fluctuations sont plus importantes dans la nappe superficielle, plus sensible à la recharge par les pluies.

Les enregistrements de niveau effectués dans les Pz 5 et Pz 6 (distants de moins de 2 m) ont permis de constater un rééquilibrage lent des potentiels entre les deux niveaux aquifères de ce secteur ; ceci montre que :

- ✓ Les échanges de fluides entre les couches aquifères superficielles et les couches plus profondes sont très lents ;
- ✓ Dans le secteur de ces deux piézomètres, les niveaux piézométriques à l'équilibre de chaque niveau « aquifère » sont peu favorables à la présence d'un flux descendant.

## 3 - MESURES DE LA MINERALISATION DES EAUX PRELEVEES, ET FACIES HYDRO-CHIMIQUE

Les conductivités mesurées (représentatives de la minéralisation globale de l'eau) sont partout élevées, le plus souvent comprises entre 1 000 et 5 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 25°C. Cette minéralisation indique un renouvellement lent dans un milieu peu perméable. Les valeurs les plus élevées s'observent dans les piézomètres profonds (plus de 3 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 25°C, et jusqu'à plus de 11 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 25°C dans le Pz8). Dans la nappe superficielle, la minéralisation ne dépasse qu'exceptionnellement 2 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 25°C, sauf dans le Pz6.

Les Pz13 et Pz15 (limite sud du site) présentent une minéralisation forte, chlorurée-sodique et potassique ; l'origine de cette pollution saline n'est pas connue, et le lien avec l'activité industrielle du site SREE n'est pas évident. Cependant, elle pourrait éventuellement perturber l'activité bactérienne de dégradation des PCB et des COHV. L'influence de cette pollution paraît se manifester, sous le site, en direction du nord-est jusqu'à la rue Delbos, et concerne à la fois les eaux superficielles et les couches plus profondes. Ceci confirme la direction générale d'écoulement sous le site, vers le nord-est.

#### 4 - REPARTITION DE LA POLLUTION EN PCB TOTAUX (MOYENNES 2013-2015)

La carte de répartition de la pollution par les PCB dans les eaux souterraines est jointe en annexe 8 ; cette carte des valeurs moyennes est représentative de la répartition spatiale de la pollution qui a été observée lors de chaque campagne.

Lors des dernières campagnes, il n'a pas été trouvé de contamination importante par les PCB dans la couche « profonde » des « argiles vasardes », à part dans le Pz8 en bordure de site, rue Delbos (valeur max : 1,47 µg/l pour la somme des PCB), alors que des traces étaient régulièrement observées dans les Pz7, PzGisol et PzTirepois jusqu'en 2010.

La nappe superficielle est par contre nettement contaminée sur une grande partie du site. Les zones les plus contaminées correspondent aux anciens ateliers (valeur max : 2,8 µg/l en PZ1 pour la somme des PCB), ou zones de stockage (valeur max : 3,5 µg/l en PZ15 pour la somme des PCB), et confirment les diagnostics antérieurs concernant la contamination des sols, ainsi que les investigations sur les sols réalisées dans le cadre du Plan de gestion. Cette contamination de la nappe superficielle s'étend, hors du site, dans les Pz6 (parcelle SB40 - valeur max : 0,97 µg/l pour la somme des PCB), et Pz9 (rue Delbos, face au site - valeur max : 1,8 µg/l pour la somme des PCB).

#### 5 - EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN PCB DANS LES EAUX SOUTERRAINES (cf. annexe 9)

Malgré l'assez grande hétérogénéité de l'état de contamination des aquifères superficiel et « profond », on constate une tendance évolutive à la baisse des concentrations en PCB totaux dans les eaux souterraines sur la période 2002 - 2015. Cette évolution générale s'accompagne de fluctuations annuelles ou inter-saisonnières importantes. Ceci résulte de la faible perméabilité des formations aquifères contaminées, et probablement aussi de la période de travaux et terrassements importants réalisés sur le site et dans son environnement en 2013 - 2015 (démolition des bâtiments et des dalles béton), travaux qui ont pu favoriser la mobilisation de PCB présents dans les remblais en zone non saturée. Par ailleurs, le lessivage des terres polluées, sources de PCB dans la nappe des remblais, est plus important en hiver, et la concentration en PCB totaux y est plus élevée qu'en été.

L'étude de la proportion des différents isomères a permis de constater par ailleurs un état de dégradation des PCB plus avancé dans les niveaux profonds que dans la nappe superficielle, plus facilement réalimentée par le lessivage des terres polluées.

La caractérisation des communautés microbiennes indigènes a montré quant à elle que des bactéries spécifiques de la dégradation des PCB et des Chlorobenzènes sont présentes et actives dans les eaux souterraines : une biodégradation naturelle est donc en cours. Un traitement des eaux souterraines par stimulation de la communauté microbienne est envisageable. Néanmoins, les possibilités techniques de mise en œuvre d'une stimulation in situ sont limitées, en raison de la faible perméabilité des terrains ; seule l'eau circulant dans les remblais les plus perméables pourrait éventuellement être traitée ainsi.

#### 6 - EVOLUTION DES AUTRES CONTAMINANTS DANS LA NAPPE DEPUIS 2002

Les autres polluants identifiés dans les eaux souterraines sont les chlorobenzènes (dans la nappe superficielle, essentiellement en Pz6 (jusqu'à 11 000 µg/l en mai 2013) et Pg6 - limite Est et partie centrale du site (42 µg/l pour la somme des chlorobenzènes en février 2013)), les BTEX dans le Pz6 (valeur max de 62 µg/l en benzène en mai 2013- à l'état de traces en d'autres points), et des traces localisées de trichloroéthylène et tétrachloroéthylène dans la nappe superficielle (valeurs max respectivement de 1,1 µg/l dans le Pg2 en février 2013, et de 3,1 µg/l en juillet 2002 dans le puits 4, et même valeur en janvier 2013 dans le Pz9).

Il n'y a pas de corrélation visible entre la contamination par les BTEX et celle par les PCB dans les points d'eau éloignés du site : le lien avec le site SREE n'est pas avéré.

On observe donc globalement une amélioration de l'état qualitatif des eaux souterraines à l'extérieur du site, qui est très probablement liée, pour les PCB, à des processus de biodégradation en cours et d'atténuation naturelle par dilution. Les nouveaux points d'eau réalisés ont confirmé la faible perméabilité des terrains sous le site – et notamment des argiles vasardes – ce qui constitue un contexte défavorable à la migration de la pollution sur de grandes distances.

Néanmoins, la gestion des sources de pollution est nécessaire pour supprimer toute remobilisation des polluants vers la nappe lors d'épisodes pluvieux ou piézométriques.

## VI - SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE ET MÉCANISMES DE MIGRATION DE LA POLLUTION

### 1 - CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE DU SITE SREE

Le contexte hydrogéologique du site SREE est schématisé en annexe 7. Ce schéma permet d'illustrer :

- Le drainage de la nappe au niveau de la rue Delbos, qui a été confirmé lors de l'étude ;
- L'épaisseur variable des remblais, qui ont localement rempli des cavités ou des tranchées de réseaux pouvant traverser totalement les limons ;
- La présence d'une couche d'argile imperméable sous les limons, qui assure au moins localement une protection de la couche semi-aquifère des "argiles vasardes".

En temps normal, les écoulements souterrains passant sous le site SREE convergent vers la rue Delbos (y compris le niveau aquifère "profond"). La zone d'influence de ce « drain » est assez variable selon les endroits, et directement liée à la perméabilité des terrains entre le « drain » et les points d'observation de la nappe. On peut supposer que le « semi-aquifère profond » est influencé par ce drain, en raison de discontinuités des couches intermédiaires constituées d'argiles plastiques.

### 2 - MÉCANISMES DE MIGRATION DE LA POLLUTION

Les mécanismes supposés de migration de la pollution sous le site SREE sont les suivants :

- Pour la nappe superficielle des remblais :
  - Migration régulière vers le drain situé sous la rue Delbos (cette migration nécessite des apports depuis la zone non saturée : lessivage par infiltration directe de la pluie ou apports d'eaux pluviales sous les surfaces imperméabilisées, remontée de nappe, « égouttement » gravitaire lent de produits visqueux) ;
  - Migration régulière (mais s'atténuant) de produits plus denses que l'eau à l'interface remblais-argiles, en fonction du relief de cet interface ;
  - Migration occasionnelle, probablement de faible extension, vers le sud du site, à la faveur de mises en charge temporaires (infiltration d'eaux de toiture par exemple), qui inversent localement les sens d'écoulement dans la nappe des remblais ;
  - Hypothèse de migration exceptionnelle vers le nord, au-delà de la rue Delbos (et dans les autres directions), lorsque des inondations ou des fortes remontées de nappe suite à des tempêtes annulent le rôle drainant de la rue Delbos ;
  - Migration vers le nord en cas d'absence de drain sous la rue Delbos (hypothèse d'une mise en place « récente » de ce drainage suite à la détérioration d'une conduite d'eaux usées ou pluviales.

➤ Pour la nappe des « argiles vasardes » :

- La migration de la pollution au sein du semi-aquifère des argiles vasardes ne peut être que lente, en raison de la faible perméabilité des terrains et du faible gradient piézométrique ; elle peut être un peu plus rapide à la faveur de chenaux plus perméables, et à condition qu'un gradient piézométrique suffisant soit présent. Une direction générale de migration vers le Nord-Est est probable (vers la Garonne), mais le drain de la rue Delbos est actuellement le principal moteur de la migration dans cette nappe près du site SREE.
- Même si les pics de concentration épisodiques observés sont difficiles à interpréter dans ce milieu a priori peu perméable, la contamination de la nappe « profonde » des argiles vasardes est avérée. La biodégradation semble y être peu active actuellement ; seuls des congénères à fort taux de chlore sont présents.

Globalement, les analyses de 2013 - 2015 ont confirmé que l'état qualitatif des eaux souterraines hors du site est peu dégradé (en dehors du Pz6, situé à 2 m à l'est du site SREE, et des Pz8 -Pz9, à 4 m au nord du site dans la rue Delbos).

Le drain identifié sous la rue Delbos ne paraît pas être un vecteur de pollution vers l'extrémité de la rue : seules des traces occasionnelles de PCB sont observées dans le Pz10, situé à 75 m en aval du site dans l'axe de la rue Delbos (moins de 0.01 µg/l), et le Pz11 qui capte la nappe superficielle n'a jamais été contaminé en 2013 - 2015.

D'autre part, la faible perméabilité des couches profondes et le faible gradient de la nappe ne sont pas favorables à une dissémination importante des polluants loin du site.

### 3 - SCHEMA CONCEPTUEL ET PLAN DE GESTION

Les dernières campagnes d'analyses n'ont pas apporté de constats nouveaux concernant l'état qualitatif des eaux souterraines, les mécanismes de migration dans l'environnement du site et les risques pour les usagers : le schéma conceptuel proposé dans le Compte-Rendu d'Intervention Terminé transmis en septembre 2013 suite à l'établissement du Plan de Gestion est donc conservé dans son principe général ; on trouvera ce schéma en annexe 10, avec les données de pollution réactualisées.

Par ailleurs, les derniers éléments acquis ne sont pas de nature à modifier les propositions faites, ou à envisager de nouveaux scénarios concernant les sols. Par contre, ils confirment que la gestion des sols devra intégrer la collecte et le traitement des eaux qui pourraient apparaître lors du décaissement des terres polluées.

## VII -GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

### 1 - DESCRIPTION DES ZONES D'EAUX POLLUEES

Les campagnes de suivi des eaux souterraines ont conduit à identifier deux zones de pollution des eaux souterraines :

❖ Zone N°1 :

Dans la nappe des remblais, une zone localisée autour du Pz6 (mitoyenne du site et de la «source 1» dans les limons, et située sur la parcelle SB40 voisine), polluée par des chlorobenzènes (5 à 12 mg/l) et du Benzène (24 à 62 µg/l) ; le volume d'eau contaminée est estimé (de façon très imprécise) à environ 10 m<sup>3</sup> (« poche » localisée).

❖ Zone N°2 :

Une contamination diffuse de la nappe des remblais sous le site par des PCB (0,15 à 2 µg/l de PCB totaux) ; le volume d'eau contaminé est estimé entre 700 à 2 000 m<sup>3</sup>. Si l'on considère que la concentration moyenne de PCB totaux dans ce volume d'eau est de 2 µg/l, il y aurait environ 4 grammes de PCB présents dans la nappe. Cette « zone polluée N°2 » résulte du lessivage des terres polluées présentes sur le site SREE.

Les opérations de gestion des sols, selon la saison et la profondeur d'excavation des terres, pourront mobiliser cette nappe, mais essentiellement sa frange superficielle (volume d'eau à gérer estimé à maximum 200 m<sup>3</sup>).

Par contre, il ne paraît pas utile de proposer des mesures de gestion pour la nappe profonde. En effet, la contamination de cette nappe est légère, elle affecte un milieu semi-aquifère peu perméable (10<sup>-7</sup> à 10<sup>-8</sup> m/s), est sans usage connu dans le secteur, et sans lien direct avec la Garonne (aucune influence des marées n'a été détectée dans les enregistrements de niveau réalisés sur cette nappe pendant plus de 2 ans). En dehors de la zone d'influence du drain de la rue Delbos, le gradient de cette nappe est très faible : les vitesses de circulation y sont donc très faibles. Les diagraphies montrent que seule la tranche supérieure de la nappe, renouvelée par les pluies hivernales, est en mouvement saisonnier.

## 2 - VALIDITE SANITAIRE DES MESURES DE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Deux scénarios de gestion des eaux souterraines ont été étudiés :

- Scénario ES-A :

Gestion des eaux de la zone N°1 et des eaux de la nappe des remblais collectées lors de la mise en œuvre du scénario A de gestion des sols (traitement des seules sources de pollution concentrée, dans le terrain naturel et les remblais) – avec ce scénario, des apports à la nappe se poursuivent, mais de façon plus réduite ;

- Scénario ES-B :

Gestion des eaux de la zone N°1 et des eaux de la nappe des remblais collectées lors de la mise en œuvre du scénario B de gestion des sols (traitement des sources de pollution concentrée, et de la source de pollution diffuse présente dans les remblais) –avec ce scénario, les apports à la nappe disparaissent.

Pour ces deux scénarios, la couverture de l'ensemble du site, l'absence de jardins potagers et l'absence d'utilisation des eaux souterraines, permettent de supprimer les voies de transfert par contact cutané, ingestion de sol, inhalation de poussières, ingestion de végétaux autoproduits et ingestion d'eau souterraine. Seule la voie d'exposition par inhalation en intérieur et en extérieur de substances volatiles présentes dans le sous-sol et les eaux souterraines est présente.

Par rapport aux calculs de risques sanitaires réalisés en 2013, les principaux changements concernent les valeurs maximales observées pour les chlorobenzènes et le benzène, qui sont le double de celles observées en 2013 pour certains composés. Les calculs de risques ont donc été repris avec ces nouvelles valeurs, afin de vérifier qu'elles n'engendreraient pas de risques non acceptables (cf. annexe 11 - les résultats qui ont changé par rapport à 2013 sont indiqués en teinte saumon).

Les nouveaux résultats montrent que les niveaux de risques sanitaires liés aux polluants organiques sont acceptables pour les futurs usagers enfants et travailleurs du site. Ils sont inférieurs aux seuils de référence, excepté pour le mercure pour la voie inhalation en intérieur au droit des bâtiments (risque déjà signalé en 2013, et qui concerne uniquement le scénario A de gestion des sols).

Ces conclusions sont identiques à celles apportées par les calculs de risques réalisés en 2013 pour l'établissement du Plan de Gestion des Sols (scénario A). De plus, les travaux de dépollution des sols du site (suppression de la source primaire), associés aux mesures constructives prévues (vides sanitaires ventilés, ...), permettront de revenir à des niveaux de risques sanitaires acceptables pour assurer la compatibilité de l'état des milieux avec leurs usages.

### 3 - GESTION DE LA NAPPE DES REMBLAIS

Le Compte-Rendu d'Intervention Terminée, transmis en 2013, préconisait une gestion commune des eaux souterraines avec les sols pendant les travaux (traitement des eaux polluées de la nappe superficielle des remblais), et notamment dans le secteur du Pz6. Ces préconisations ne sont pas remises en cause par les résultats des dernières campagnes d'analyses.

Pour ce qui est des solutions techniques étudiées, toutes celles qui nécessitent d'injecter ou de pomper des fluides dans le terrain ont été jugées inadaptées, en raison de la faible perméabilité du milieu aquifère. De même, les techniques de gestion par confinement ne sont pas apparues opportunes, la faible perméabilité des terrains étant déjà un facteur de confinement.

Les solutions de gestion envisagées pour la nappe des remblais sont donc les suivantes :

❖ Pour la zone N°1 (secteur du Pz6) :

- Pompage des eaux les plus contaminées lors de la phase d'extraction des terres ;

❖ Pour la zone N°2 (eaux collectées lors du décaissement des sols pollués) :

- Pompage et transport vers une unité de traitement hors site ;
- Traitement sur site par charbon actif (circulation dans une colonne de charbon actif, puis rejet dans le sol ou dans un réseau public selon les contraintes d'acceptation) ;
- Amélioration qualitative par traitement des sources-sol : la dépollution des sols aura un effet direct sur l'amélioration de la qualité des eaux souterraines, par suppression des sources de contamination de la nappe ; il ne s'agit pas dans ce cas d'une gestion directe des eaux polluées, mais d'une action qui pourra avoir un effet indirect sur la qualité des eaux.

Les coûts de ces différentes solutions ont été estimés à :

- Pour le scénario ES-A (eaux de la Zone 1, et eaux collectées lors du scénario A de gestion des sols soit de 20 à 50 m<sup>3</sup>) :

- ✓ Pompage et évacuation, traitement hors site : 13 à 28.5 k€ HT ;
- ✓ Pompage et traitement par charbon actif sur site : 15 à 18 k€ HT.

- Pour le scénario ES-B (eaux de la Zone 1 et eaux collectées lors du scénario B de gestion des sols soit de 50 à 200 m<sup>3</sup>) :

- ✓ Pompage et évacuation, traitement hors site : 26 à 92 k€ HT ;
- ✓ Pompage et traitement par charbon actif sur site : 16 à 24 k€ HT.

Le tableau suivant compare les principales caractéristiques techniques et financières des méthodes de gestion des eaux du site : l'évacuation hors site, ou le traitement sur site par adsorption sur charbon actif.

Zone	Solution technique	Durée prévisionnelle	Avantages	Inconvénients	Coût de mise en œuvre initiale	Coût de fonctionnement
Zone 1 (Pz6)	Pompage et évacuation hors site des eaux de la zone 1	1 à 2 jours	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédé simple, rapide et éprouvé</li> <li>- Garantie de résultats</li> <li>- Traitement de toute sorte de polluants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limites et délais d'acceptation en centre de traitement hors site</li> <li>- Consommation de diesel</li> <li>- Circulation de camion (bruit)</li> <li>- Doit être intégré dans l'opération de dépollution des sols</li> </ul>	Intégré dans l'opération de dépollution des sols	<p>Mise à disposition camion hydrocureur : 1.5 k€ pour le pompage lors des travaux de terrassement des terres</p> <p>+ Coûts de transport et traitement variables en fonction des filières de 300 à 500 € HT / tonne</p>
Zone 2 (site SREE)	Pompage et traitement par charbon actif des eaux de la zone 2	Durée associée au traitement des sols	Traitement sur site	Essais préalables pour sélection du charbon actif ; technique intéressante uniquement si les volumes à traiter sont importants : ceci dépendra du niveau piézo lors des travaux et de l'épaisseur de terres excavées	Location d'une unité de traitement pendant la phase de dépollution des sols	<p>Installation, location d'une colonne de charbon actif (1 tonne) + régénération : 10 000 euros ;</p> <p>Pompage, régénération : 40 €/m<sup>3</sup></p>
	Pompage et évacuation hors site des eaux de la zone 2	Durée associée au traitement des sols	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédé simple, rapide et éprouvé</li> <li>- Garantie de résultats</li> <li>- Traitement de toute sorte de polluants</li> </ul> <p>Plus économique si quantités faibles (quelques camions)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limites et délais d'acceptation en centre de traitement hors site</li> <li>- Consommation de diesel</li> <li>- Circulation de camion (bruit)</li> <li>- Doit être intégré dans l'opération de dépollution des sols</li> </ul>	Intégré dans l'opération de dépollution des sols	<p>Mise à disposition camion hydrocureur 7.5 K€ pour le pompage lors des travaux de terrassement des terres</p> <p>+ Coûts de transport et traitement variables en fonction des filières de 300 à 500 € HT / tonne</p>

Pour ce qui concerne les eaux collectées lors du décaissement des sols pollués (zone 2), le choix entre les deux solutions de traitement sera à effectuer en fonction des prévisions de quantités à traiter. Ces prévisions résulteront du programme de gestion des sols :

- Si les travaux sont réalisés en période sèche et de basses eaux de la nappe, et que la hauteur d'excavation des sols est faible (moins de 1,20m), les quantités d'eau à traiter seront très faibles : dans ce cas la solution de pompage et évacuation hors site est la plus adaptée ;
- Si les travaux sont réalisés en période hivernale pluvieuse, le niveau de la nappe des remblais se situera à moins de 1 m sous la surface du sol et les volumes à traiter pourront être importants si l'excavation des terres se fait sur plus de 1,5 m de profondeur : dans ce cas un traitement par charbon actif sur site peut être avantageux.

Ces solutions de gestion sont compatibles avec celles à mettre en œuvre pour la gestion des sols pollués. Même dans la situation où les quantités d'eaux souterraines extraites et traitées seraient très faibles, l'état qualitatif des eaux souterraines bénéficiera des opérations de gestion des sols.

## VIII -SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES

L'objectif des travaux de dépollution est d'améliorer l'état qualitatif des sols et des eaux souterraines ; il est donc nécessaire de poursuivre la surveillance des eaux souterraines pour apprécier l'efficacité de ces travaux et mesurer les effets sur la qualité des eaux souterraines.

Les conclusions de l'étude montrent qu'il n'est pas nécessaire de maintenir un réseau de surveillance aussi complet que celui suivi jusqu'à présent ; le suivi pourrait se limiter à :

- 2 piézomètres de la « nappe profonde des argiles vasardes » (par exemple Pz5 et Pz8 proches du site) ;
- 2 piézomètres de la « nappe des remblais » (par exemple nouveau piézomètre sur site à créer, et Pz9 dans la rue Delbos).

Les têtes de forage des Pz8 et Pz9, situés sur la rue Delbos, devront être reprises et équipées de regards étanches afin d'éviter les entrées de boue constatées. Les piézomètres non utilisés (y compris ceux situés hors site : PzGisol, PzTirepois, Pz7, ...), les piézaires et les piézomètres qui seraient retrouvés sur le site lors des travaux de dépollution, devront être rebouchés dans les règles de l'art. (cf. annexe 12).

En phase de travaux de dépollution et d'aménagements urbains, il est recommandé un suivi mensuel, comportant au minimum la mesure du niveau piézométrique, et l'analyse des PCB, des chlorobenzènes et des BTEX.

Après la fin des travaux, un suivi qualitatif régulier des eaux souterraines sera à assurer tous les semestres, pendant 4 ans, en périodes de basses eaux et hautes eaux de la nappe (fin septembre et fin mars), avec au minimum la mesure du niveau piézométrique, et l'analyse des PCB, des chlorobenzènes et des BTEX. En raison des faibles perméabilités du milieu aquifère, cette durée de 4 ans est un minimum pour apprécier les tendances évolutives ; le suivi sera si besoin renouvelé en fonction de l'interprétation des résultats de cette première phase de suivi après les travaux de dépollution et de réaménagement du site.

## IX -RESTRICTIONS D'USAGE DES EAUX SOUTERRAINES

L'évacuation de la totalité ou des principales sources de pollution présentes dans les sols de l'ancien site SREE conduira à supprimer ou limiter les apports polluants vers la nappe des remblais : une amélioration progressive de l'état de la nappe résultera de la gestion des sols pollués. Néanmoins, cette amélioration sera lente, en raison de la faible perméabilité des terrains et des gradients faibles, qui ne permettent qu'une circulation lente des eaux souterraines, et donc un renouvellement lent de la nappe.

Il paraît donc nécessaire de maintenir une restriction d'usage, qui pourrait être la suivante :

- ✓ Interdiction d'usage des eaux souterraines dans un rayon de 50 m autour de l'ancien site SREE (voir carte en annexe 12).
- ✓ À cette restriction d'usage, serait jointe une interdiction de réaliser des forages captant les eaux souterraines présentes à moins de 15 m sous le sol.

A ces restrictions concernant les eaux souterraines, il est important d'ajouter les prescriptions indiquées à l'issue du plan de gestion des terres polluées, en lien avec l'usage futur d'accueil d'enfants (cf. Compte-Rendu d'Intervention Terminée transmis en 2013) :

- ✓ Dispositions constructives : construction des bâtiments sur vide sanitaire ventilé ;
- ✓ Maintien d'une couverture sur l'ensemble du site : dalle béton, enrobé, apport d'au moins de 30 cm de terres saines ;
- ✓ Interdiction de potagers ;
- ✓ Protection des réseaux d'alimentation en eau potable et d'évacuation des eaux usées (en fonte et enrobés par des terrains sains) ;
- ✓ Fouilles non autorisées sans obtention d'une autorisation préalable des pouvoirs publics ;
- ✓ Contrôles de la qualité des milieux au sein des bâtiments après construction (air intérieur, eau du robinet *a minima*).

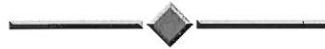
Afin de conserver la mémoire de ces restrictions d'usages, il serait nécessaire d'instaurer des servitudes d'utilité publique (SUP) sur le site.

*L'ensemble de cette étude a été basé sur un schéma de principe d'aménagement ; l'aménageur devra veiller à respecter les recommandations décrites ci-dessus. Cependant, si les hypothèses du projet d'aménagement évoluaient (par exemple, présence d'un logement de fonction, de potagers, ... au sein du groupe scolaire), le plan de gestion devrait être revu par l'aménageur.*



## ANNEXES :

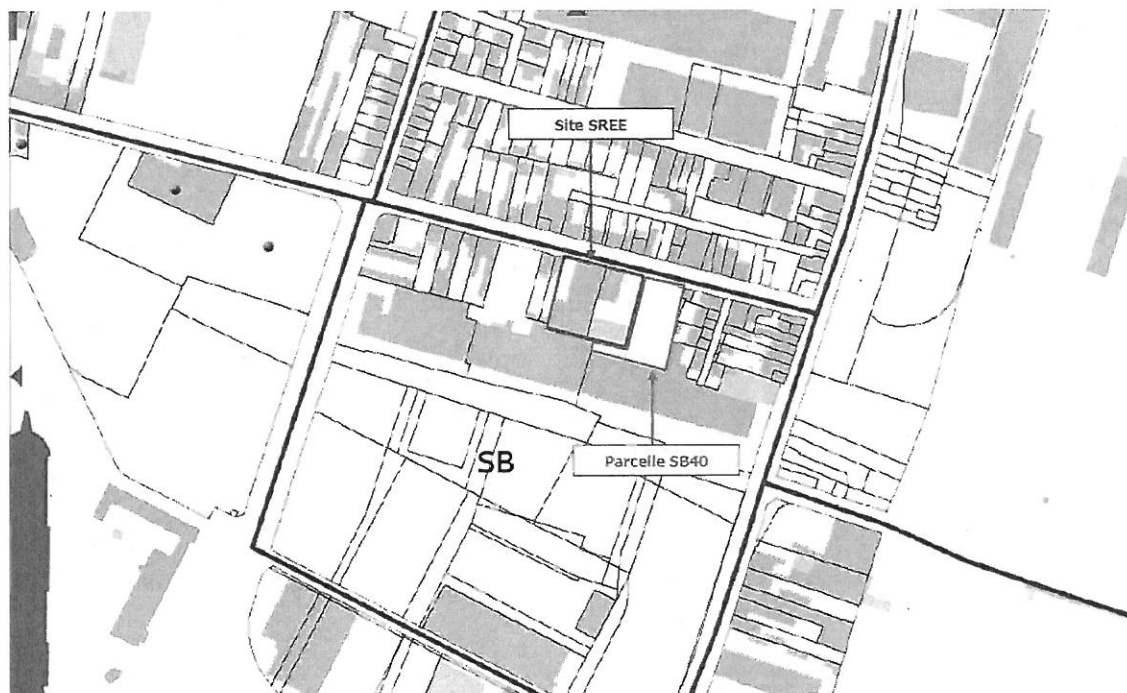
1. Plan de localisation du site
2. Plan des parcelles étudiées
3. Emprise du projet d'aménagement
4. Réseau de surveillance des eaux souterraines
5. Coupe lithologique schématique des alluvions sous le site SREE
6. Piézométrie moyenne de la nappe pour la période 2013 - 2015
7. Schéma hydrogéologique simplifié du contexte du site SREE
8. Répartition de la pollution en PCB totaux dans les eaux souterraines de 2013 à 2015
9. Evolution des PCB totaux dans les eaux souterraines
10. Schéma conceptuel
11. Calculs de risques sanitaires pour l'inhalation – Scénario A - Actualisation de mai 2015
12. Périmètre de servitudes proposé (50 m autour du site) et réseau de surveillance



## 1. Plan de localisation du site



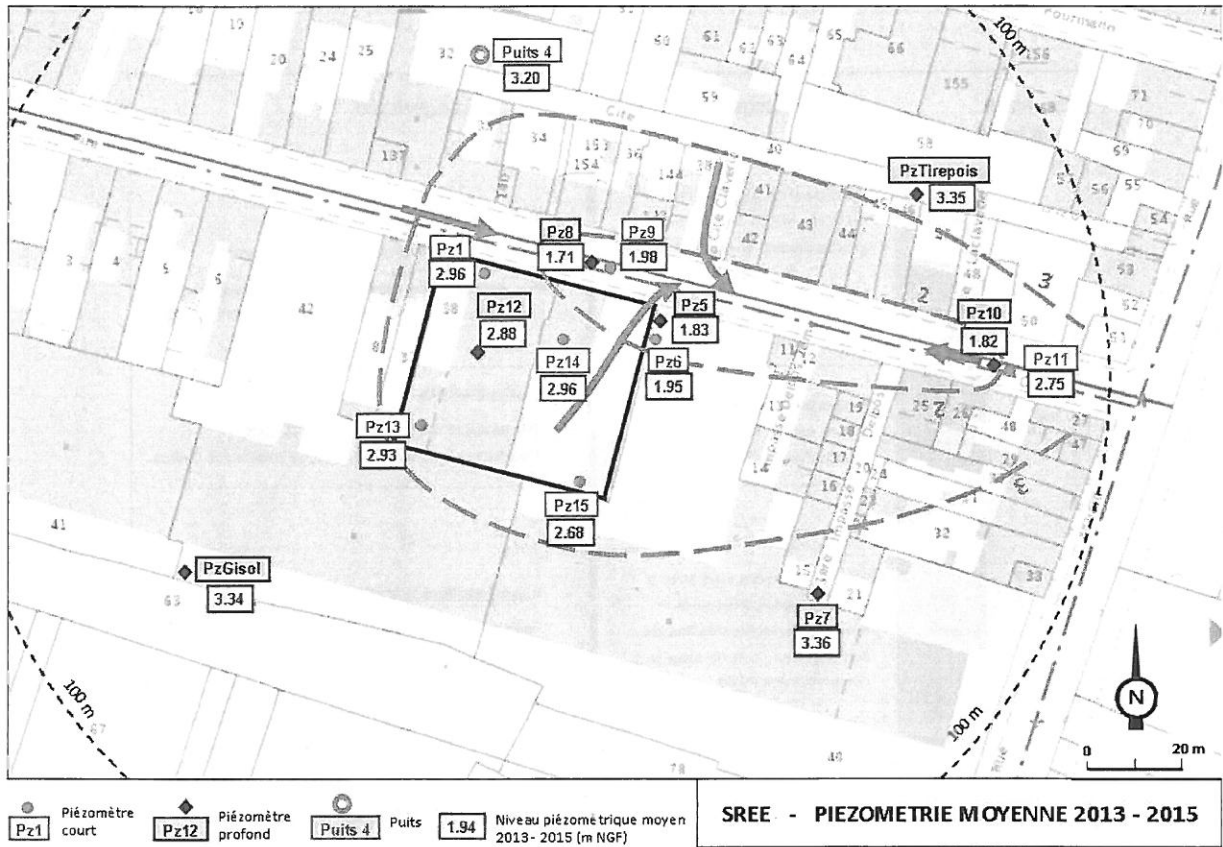
## 2. Plan des parcelles étudiées



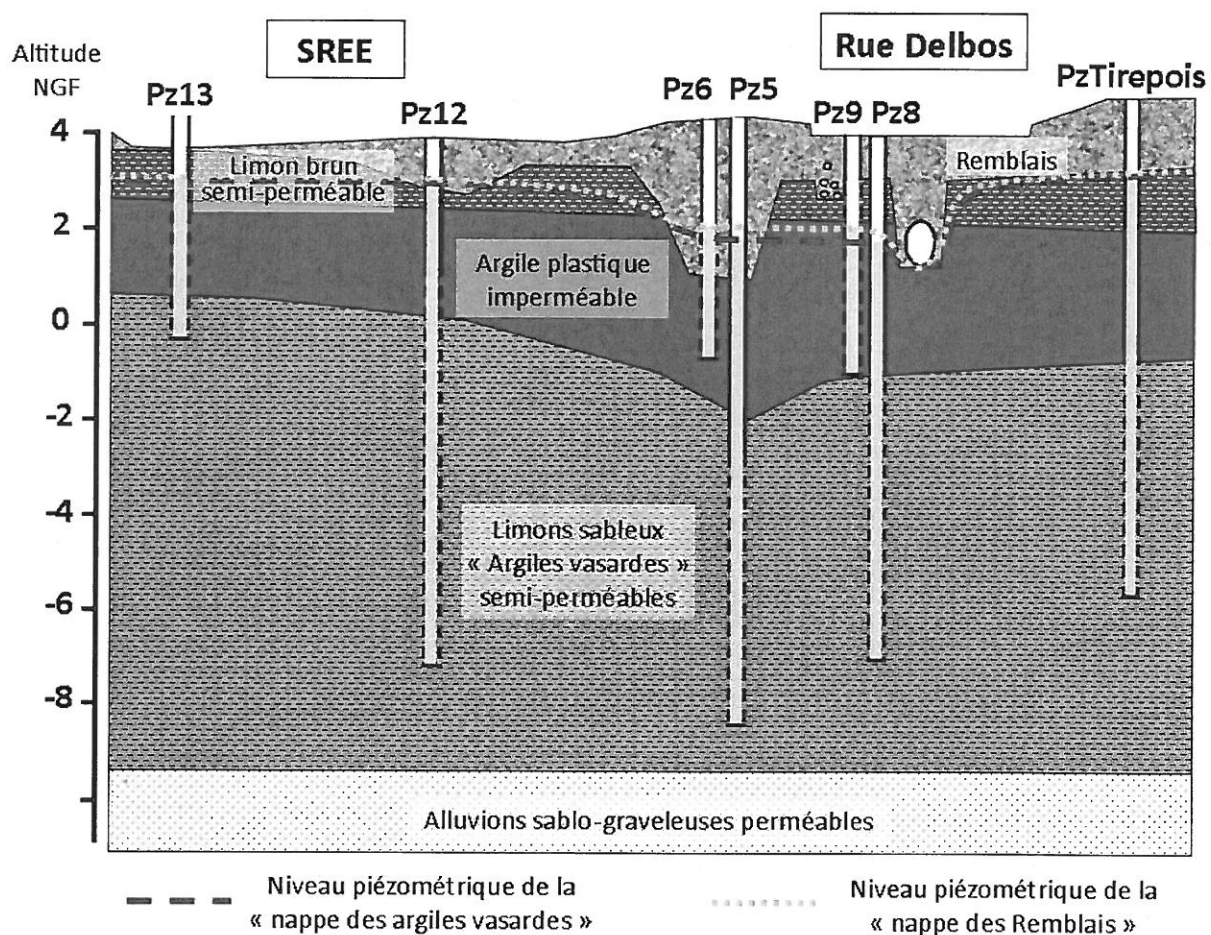
## 5. Coupe lithologique schématique des alluvions sous le site SREE

Epaisseur moyenne (m)	Lithologie	Hydrogéologie
0 à 4	Remblais hétérogènes : terre, cailloutis, blocs calcaires, béton, gravats divers ; épaisseur variable	<p>« <u>Semi-aquifère superficiel</u> » :</p> <p>Ensemble semi-aquifère (remblais + limons)</p> <p>Perméabilité localement élevée dans les remblais, mais le plus souvent faible, de l'ordre de <math>10^{-6}</math> m/s</p>
0.5 à 1.5	Limons bruns avec venues d'eau dans discontinuités (fentes, conduits racinaires)	
2 à 4	Argiles plastiques grises ou verdâtres, parfois brunes ou kaki avec taches ocre-rouille	<p><u>Argiles imperméables</u> :</p> <p>Perméabilité basse, inférieure à <math>10^{-8}</math> m/s</p> <p>Couche probablement discontinue sous la rue Delbos</p>
> 7	« Argiles vasardes » grisâtres à verdâtres, parfois bleutées : limons, silts, sables très fins, débris végétaux ; couche saturée à comportement fluide	<p>« <u>Semi-aquifère profond</u> » :</p> <p>Ensemble semi-aquifère (limons, silts, sables fins)</p> <p>Perméabilité faible, de l'ordre de <math>10^{-7}</math> m/s</p>
Environ 10 ?	Alluvions sablo-graveleuses ; épaisseur non connue	<p>« <u>Aquifère sous-flandrien</u> » :</p> <p>Couche aquifère</p> <p>Bonne perméabilité</p>

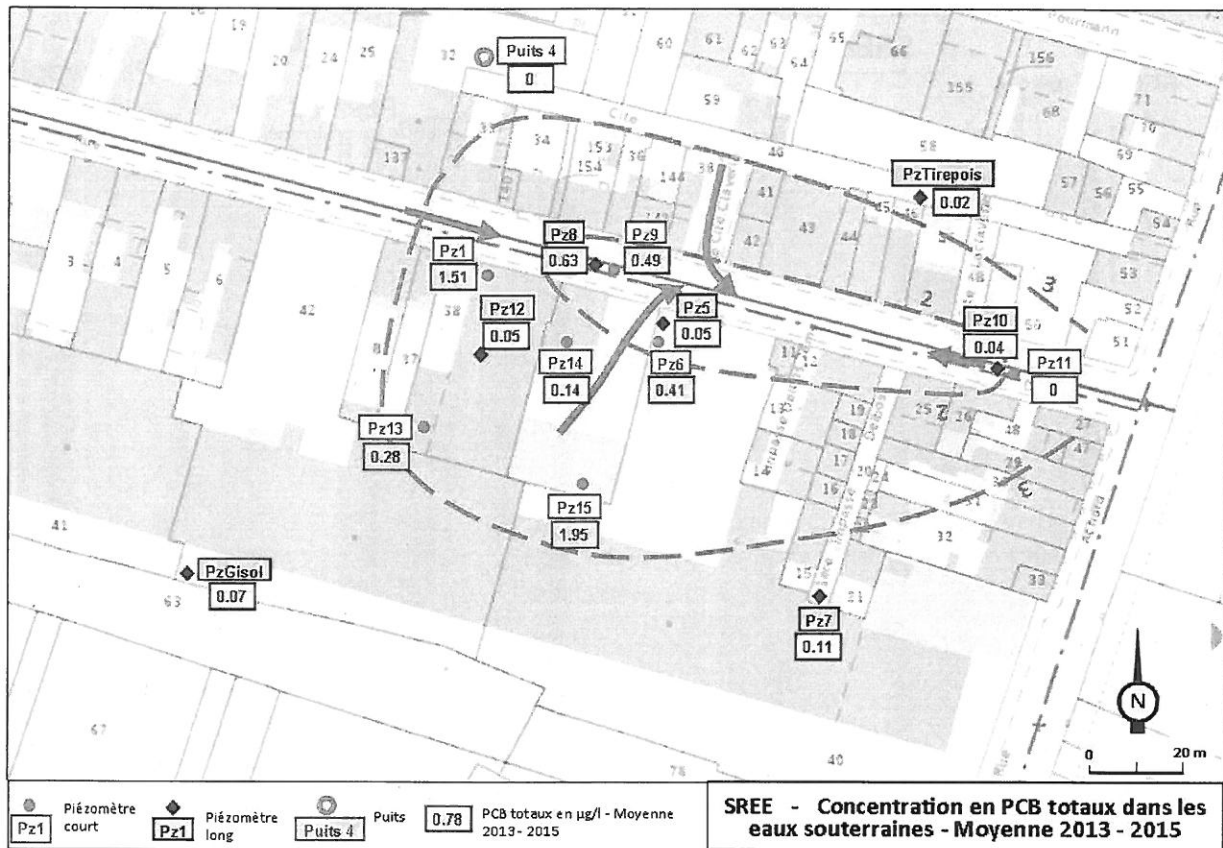
## 6. Piézométrie moyenne de la nappe pour la période 2013 - 2015



## 7. Schéma hydrogéologique simplifié du contexte du site SREE

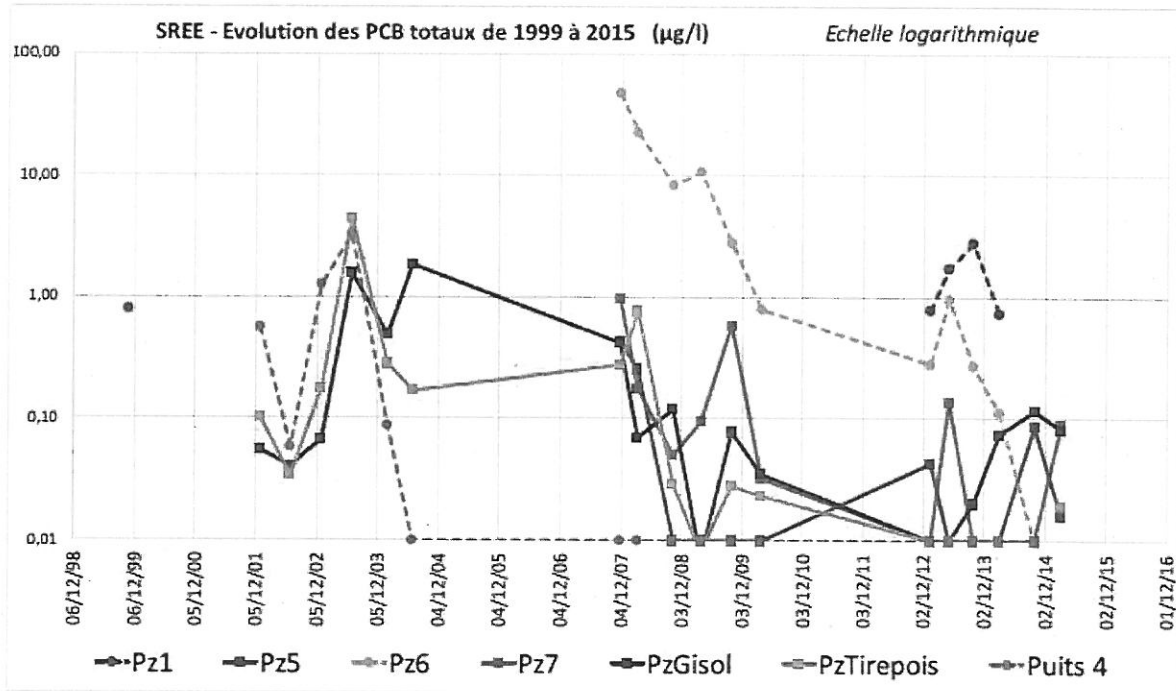


8. Répartition de la pollution en PCB totaux dans les eaux souterraines  
(valeurs moyennes de 2013 à 2015)

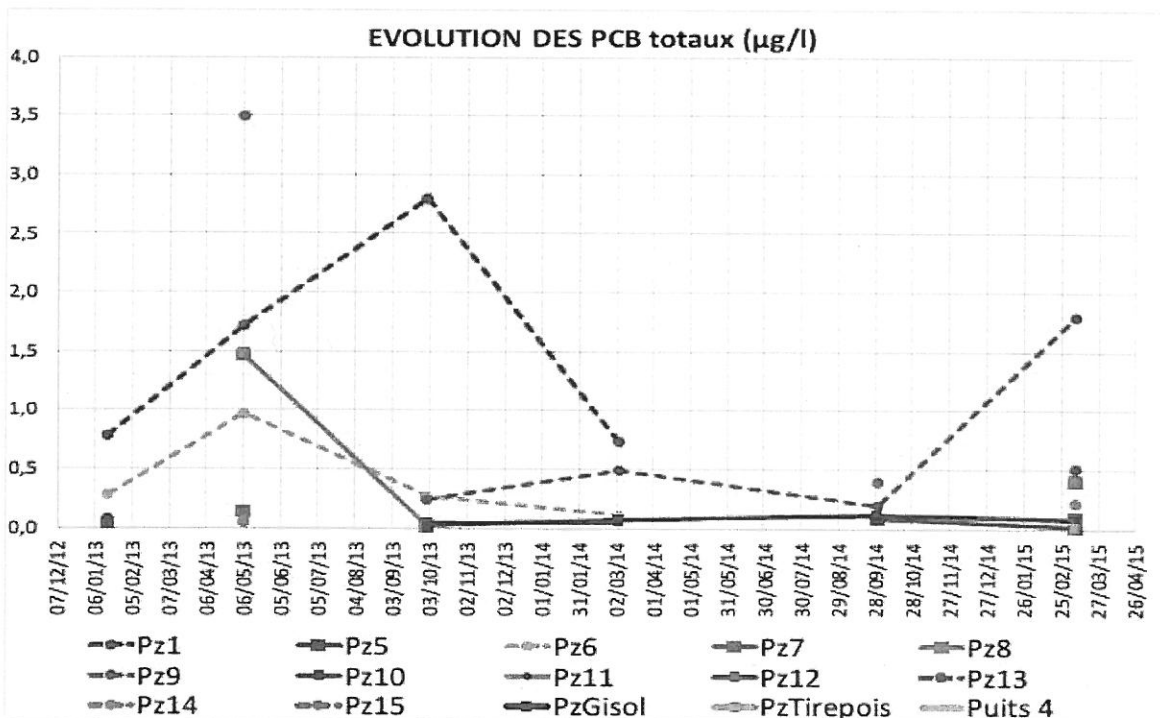


## 9. Evolution des PCB totaux dans les eaux souterraines

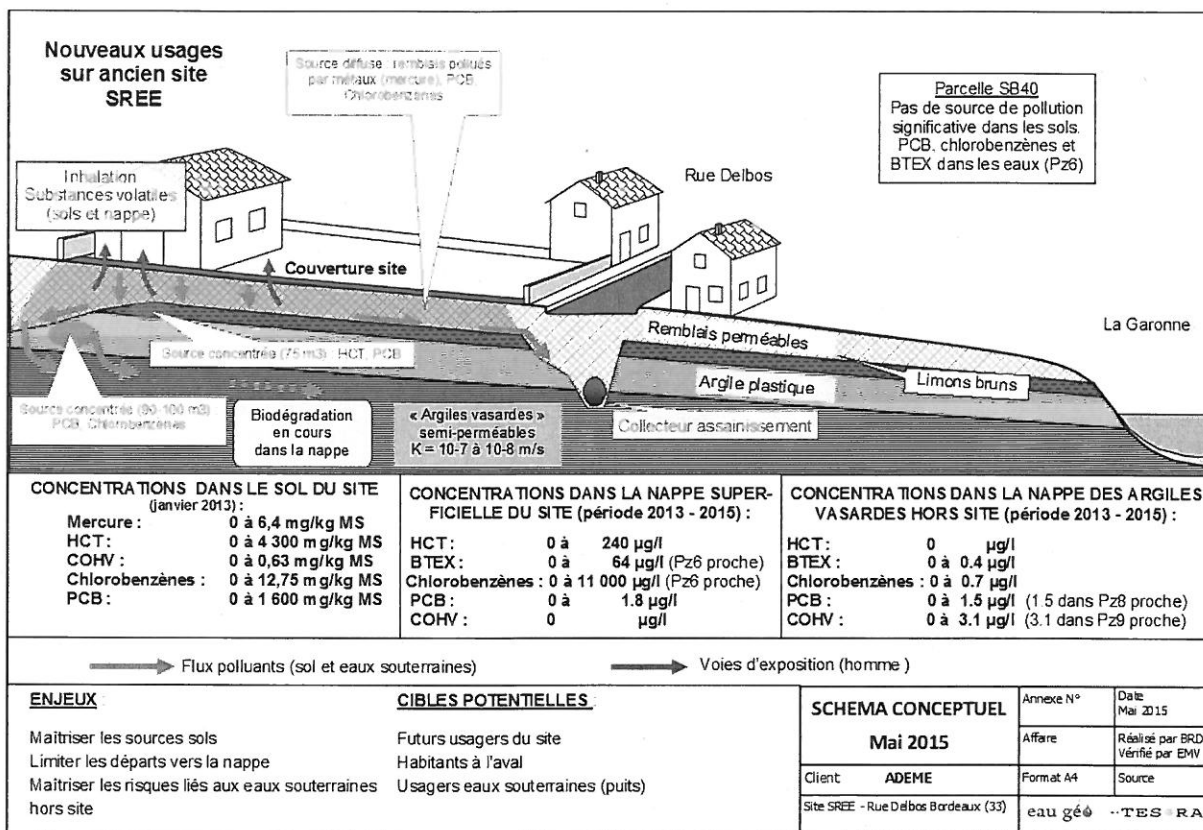
➤ de 1999 à 2015 - échelle logarithmique



➤ de 2013 à 2015 - échelle arithmétique



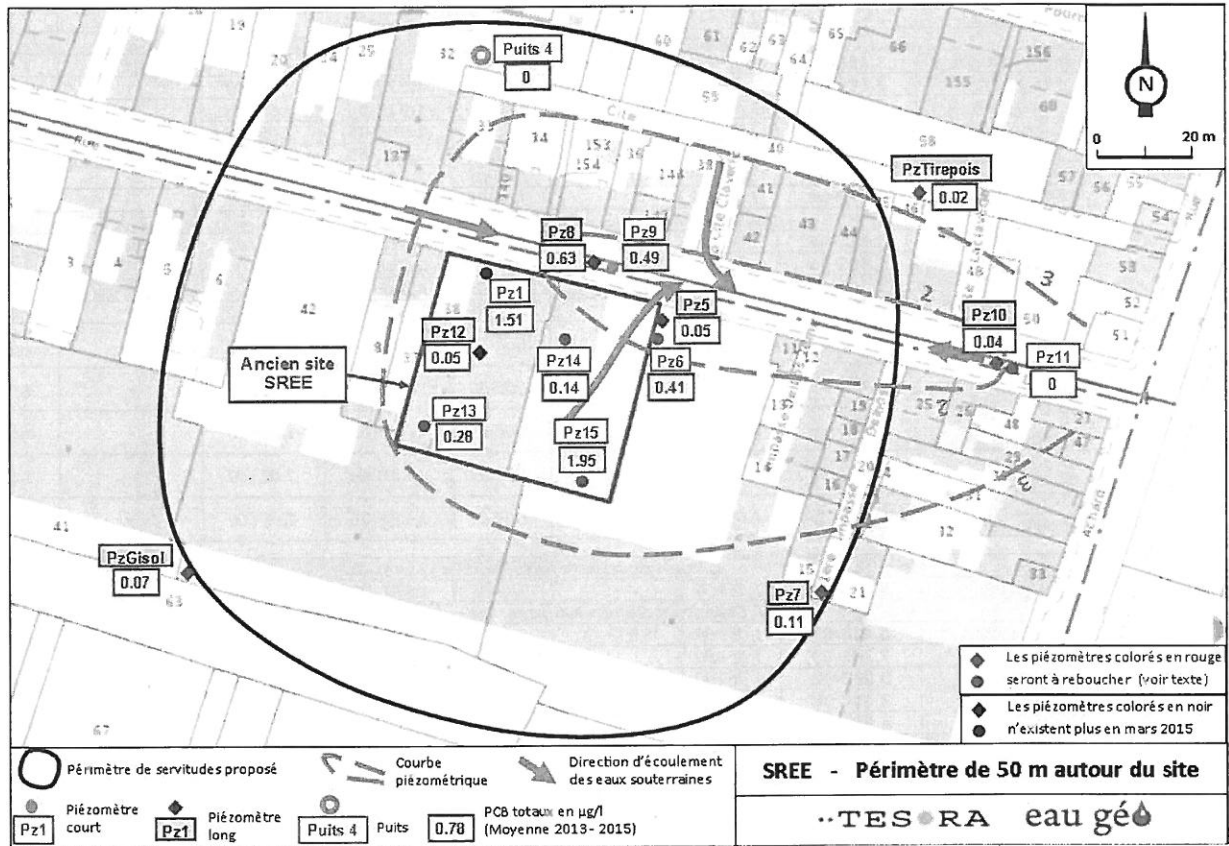
## 10. Schéma conceptuel



## 11. Calculs de risques sanitaires pour l'inhalation - Scénario A - Actualisation de mai 2015

Voie d'exposition	Substances	Enfants				Travailleurs				
		Risques non cancérogènes	Seuil de risque	Risques cancérogènes	Seuil de risque	Risques non cancérogènes	Seuil de risque	Risques cancérogènes	Seuil de risque	
<b>Inhalation à l'intérieur du bâtiment</b>	<i>Calculs de risques basés sur les valeurs sols</i>									
	Mercurure	3,07E+01	1,0E+00	-	1,0E-05	3,76E+01	1,0E+00	-	1,0E-05	
	<i>Calculs de risques basés sur les valeurs gaz du sol</i>									
	Tétrachloroéthylène	3,15E-04	1,0E+00	2,81E-10	1,0E-05	3,85E-04	1,0E+00	4,01E-09	1,0E-05	
	Toluène	3,50E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	4,27E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	
	m-Xylène	1,57E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	1,92E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	
	p-Xylène	1,63E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	1,99E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	
	Aliph C6-C8	2,31E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	2,82E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	
	Arom C8-C10	1,48E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	1,81E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	
	Chlorobenzène	4,07E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	4,98E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	
	<i>Calculs de risques basés sur les valeurs eaux souterraines</i>									
	Trichloroéthylène	3,32E-04	1,0E+00	2,33E-10	1,0E-05	4,06E-04	1,0E+00	3,33E-09	1,0E-05	
	Benzène	2,40E-03	1,0E+00	1,57E-08	1,0E-05	2,94E-03	1,0E+00	2,23E-07	1,0E-05	
	Ethylbenzène	3,60E-06	1,0E+00	2,08E-10	1,0E-05	4,40E-06	1,0E+00	2,97E-09	1,0E-05	
	Chlorobenzène	2,12E-03	1,0E+00	-	1,0E-05	2,59E-03	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,2-dichlorobenzène	8,44E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	1,03E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,4-dichlorobenzène	1,13E-03	1,0E+00	-	1,0E-05	1,38E-03	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,2,3-trichlorobenzène	8,51E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	1,04E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,2,4-trichlorobenzène	1,91E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	2,33E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,3,5-trichlorobenzène	1,08E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	1,32E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	
<b>Inhalation en extérieur au droit de la cour (enrobé)</b>	<i>Calculs de risques basés sur les valeurs sols</i>									
	Mercurure	5,18E-02	1,0E+00	-	1,0E-05	1,98E-02	1,0E+00	-	1,0E-05	
	<i>Calculs de risques basés sur les valeurs gaz du sol</i>									
	Tétrachloroéthylène	6,61E-07	1,0E+00	5,89E-13	1,0E-05	2,53E-07	1,0E+00	2,63E-12	1,0E-05	
	Toluène	7,34E-09	1,0E+00	-	1,0E-05	2,81E-09	1,0E+00	-	1,0E-05	
	m-Xylène	3,29E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	1,26E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	
	p-Xylène	3,41E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	1,30E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	
	Aliph C6-C8	4,86E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	1,86E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	
	Arom C8-C10	3,11E-07	1,0E+00	-	1,0E-05	1,19E-07	1,0E+00	-	1,0E-05	
	Chlorobenzène	8,54E-09	1,0E+00	-	1,0E-05	3,26E-09	1,0E+00	-	1,0E-05	
	<i>Calculs de risques basés sur les valeurs eaux souterraines</i>									
	Trichloroéthylène	1,46E-04	1,0E+00	1,02E-10	1,0E-05	5,57E-05	1,0E+00	4,57E-10	1,0E-05	
	Benzène	1,03E-03	1,0E+00	6,69E-09	1,0E-05	3,92E-04	1,0E+00	2,98E-08	1,0E-05	
	Ethylbenzène	1,56E-06	1,0E+00	9,03E-11	1,0E-05	5,96E-07	1,0E+00	4,02E-10	1,0E-05	
	Chlorobenzène	8,61E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	3,29E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,2-dichlorobenzène	2,85E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	1,09E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,4-dichlorobenzène	4,23E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	1,61E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,2,3-trichlorobenzène	2,67E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	1,02E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,2,4-trichlorobenzène	4,34E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	1,66E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,3,5-trichlorobenzène	3,72E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	1,42E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	
<b>Inhalation en extérieur au droit des espaces verts</b>	<i>Calculs de risques basés sur les valeurs sols</i>									
	Mercurure	2,78E-02	1,0E+00	-	1,0E-05	1,06E-02	1,0E+00	-	1,0E-05	
	<i>Calculs de risques basés sur les valeurs gaz du sol</i>									
	Tétrachloroéthylène	6,84E-07	1,0E+00	6,10E-13	1,0E-05	2,61E-07	1,0E+00	2,72E-12	1,0E-05	
	Toluène	7,60E-09	1,0E+00	-	1,0E-05	2,90E-09	1,0E+00	-	1,0E-05	
	m-Xylène	3,41E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	1,30E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	
	p-Xylène	3,53E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	1,35E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	
	Aliph C6-C8	5,03E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	1,92E-08	1,0E+00	-	1,0E-05	
	Arom C8-C10	3,22E-07	1,0E+00	-	1,0E-05	1,23E-07	1,0E+00	-	1,0E-05	
	Chlorobenzène	8,84E-09	1,0E+00	-	1,0E-05	3,38E-09	1,0E+00	-	1,0E-05	
	<i>Calculs de risques basés sur les valeurs eaux souterraines</i>									
	Trichloroéthylène	1,82E-04	1,0E+00	1,28E-10	1,0E-05	6,94E-05	1,0E+00	5,69E-10	1,0E-05	
	Benzène	1,28E-03	1,0E+00	8,34E-09	1,0E-05	4,88E-04	1,0E+00	3,71E-08	1,0E-05	
	Ethylbenzène	1,94E-06	1,0E+00	1,12E-10	1,0E-05	7,43E-07	1,0E+00	5,01E-10	1,0E-05	
	Chlorobenzène	1,07E-03	1,0E+00	-	1,0E-05	4,10E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,2-dichlorobenzène	3,55E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	1,35E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,4-dichlorobenzène	5,26E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	2,01E-04	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,2,3-trichlorobenzène	3,33E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	1,27E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,2,4-trichlorobenzène	5,41E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	2,07E-05	1,0E+00	-	1,0E-05	
	1,3,5-trichlorobenzène	4,64E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	1,77E-06	1,0E+00	-	1,0E-05	
<i>Somme</i>				2,84E-08	1,0E-05	<i>Somme</i>			2,87E-07	1,0E-05

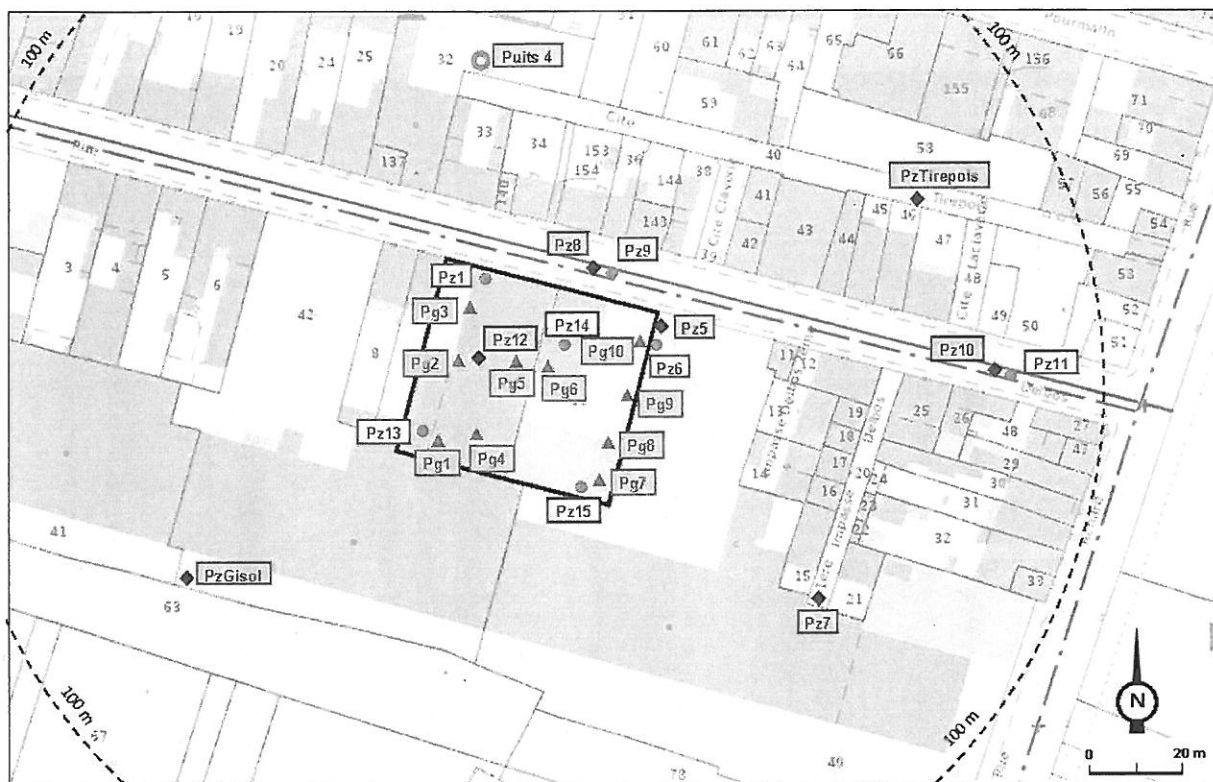
## 12. Périmètre de servitudes proposé (50 m autour du site) et réseau de surveillance



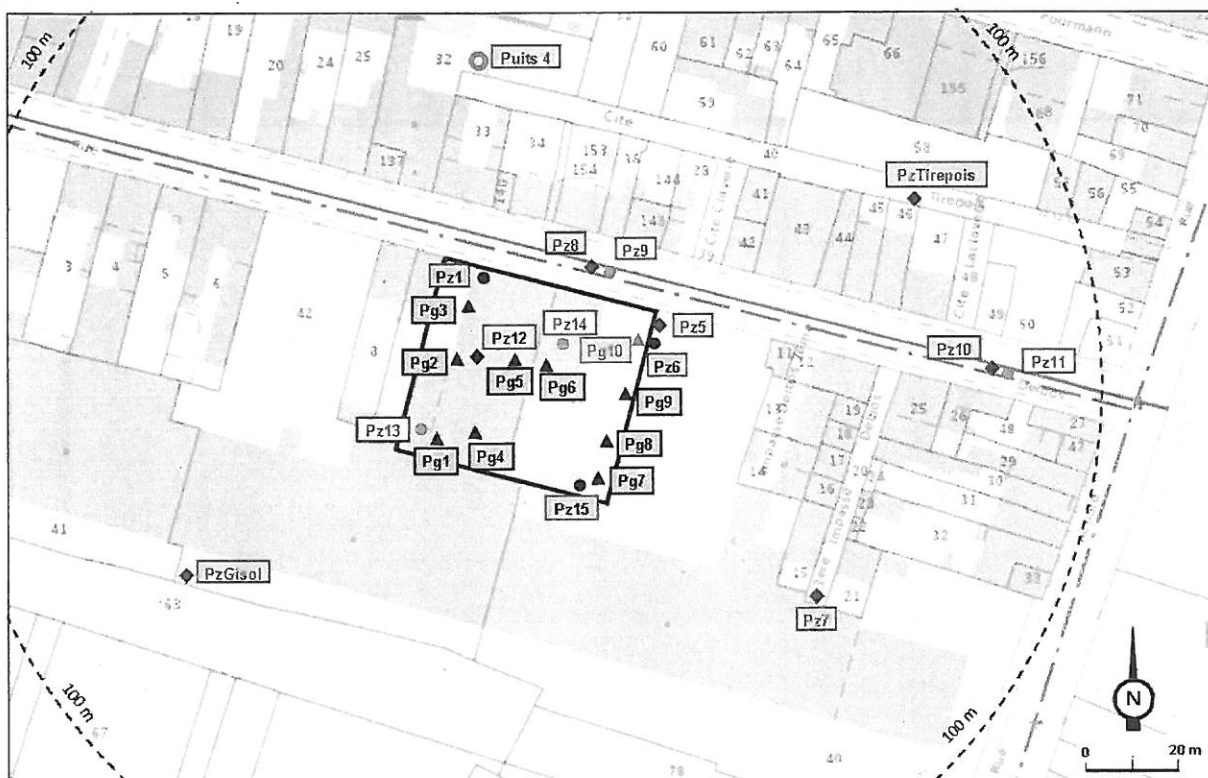
### 3. Emprise du projet d'aménagement



#### 4. Réseau de surveillance des eaux souterraines



- Pz1 Piézomètre court
- Pz1 Piézomètre profond
- Puits 4 Puits
- Pg1 Piézair
- Pz8 Nouveau piézomètre



- Pz1 Piézomètre court
  - Pz1 Piézomètre profond
  - Puits 4 Puits
  - Pg1 Piézair
- Les points d'eau en noir ne sont plus exploitables en mars 2015