



HAL
open science

Projets de remédiation des sites contaminés par des hydrocarbures : étude de cas : projet de surveillance préventive

Christian Milanez Preis

► To cite this version:

Christian Milanez Preis. Projets de remédiation des sites contaminés par des hydrocarbures : étude de cas : projet de surveillance préventive. Sciences de la Terre. 2013. hal-01858969

HAL Id: hal-01858969

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01858969>

Submitted on 21 Aug 2018

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

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



AVERTISSEMENT

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

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

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

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

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



RAPPORT DE STAGE:

Projets de remédiation des sites
contaminés par des hydrocarbures.

Étude de cas : projet de surveillance
préventive.

Tables des matières

Introduction	4
I. Fundunesp	5
II. Réalisation d'un Projet de Surveillance Préventive	6
2.1 Localisation et caractérisation de la zone	6
2.2 Historique de l'UIS.....	7
2.3 Historique des diagnostics environnementales.....	7
2.4 Modèle géologique-hydrogéologique conceptuelle.....	8
2.4.1 Climat et végétation.....	8
2.4.2 Géologie.....	8
2.4.3 Hydrogéologie	8
2.5 Synthèse de la contamination e scénario d'exposition	11
2.5.1 Produit à l'état libre.....	11
2.5.2 Hydrocarbures	11
2.5.3 Métaux.....	13
2.5.4 Scénario d'exposition	14
2.6 Projet de surveillance	16
Conclusion.....	17
Évaluation du stage.....	17
Bibliographie	18
Annexe 1.....	19

Table des illustrations

Liste des figures

Figure 1 - Photographie de satellite de l'UIS.....	6
Figure 2 - Localisation des puits dans un rayon de 5 km.	9
Figure 3 - Écoulement de l'eau souterraine dans l'unité industrielle.	10
Figure 4 - Localisation de l'ancienne mine expérimentale (Antiga Mina Experimental).....	10
Figure 5 - Localisation des puits de surveillance et sondages avec présence de produit à l'état libre... ..	11
Figure 6 - Localisation des sondages contaminés par des hydrocarbures.	12
Figure 7 - Localisation des puits contaminés par des hydrocarbures.	12
Figure 8 - Localisation des sondages contaminés par des métaux.	13
Figure 9 - Localisation des puits contaminés par des métaux.	14
Figure 10 - Principales touchées par une possible contamination.	15
Figure 11 - Points proposés pour surveiller des eaux souterraines.....	16

Introduction

Dans le cadre de la formation du Master 2 en « Sol, eaux et environnement », un stage a été fait dans le bureau d'étude appelé « Fundunesp ». Ce bureau est le responsable pour faire des auditions des projets de remédiation des sites contaminés par des dérivés du pétrole dans des raffineries d'une entreprise brésilienne d'exploitation du pétrole. Ces projets de remédiation sont faits par des entreprises spécialisés dans le domaine de la remédiation.

Pendant le stage, des auditions ont été faites pour des différents types de remédiation, comme par exemple l'extraction multiphasique, les biopiles et le « Pump & Treat ». Des corrections ont été suggérées pour les systèmes de remédiation, avec le but d'avoir une efficacité plus grande de la décontamination. Les projets étaient approuvés à partir du moment où les entreprises faisaient des corrections suggérées par la Fundunesp.

Le bureau d'étude était le responsable aussi pour faire des Projets de Surveillance Préventive (PSP). Pendant la période de stage, un PSP a été fait pour une Unité d'Industrialisation de Schiste (UIS). L'élaboration de ce projet sera plus détaillée dans ce rapport.

À cause d'un contrat de confidentialité, le nom de l'entreprise d'exploitation de pétrole et la localisation de l'UIS ne seront pas mentionnés dans le rapport. Pour rendre plus facile la lecture du texte, l'entreprise sera appelée PÉTRO dans ce rapport.

I. Fundunesp

La PÉTROL a plusieurs raffineries et unités de transport de pétrole dans le territoire brésilien, et des problèmes de fûtes de pétrole sont toujours présents. Pour cette raison, il y a beaucoup de projets de remédiation des sites contaminés sur responsabilité de la PÉTROL.

Ces services de remédiation sont faits par d'autres entreprises, et comme la PÉTROL n'a pas des spécialistes en remédiation en nombre suffisant, la Fundunesp a été payée pour faire ça.

Pour ce projet avec la PÉTROL, la Fundunesp travaille avec 4 universités brésiliennes : Université Fédérale du Paraná (UFPR), Université Fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ), Université Fédérale de Santa Catarina (UFSC) et Université de l'État de São Paulo (Unesp). Dans chaque université il y a une équipe qui travaille dans ce projet. Le stage pour le Master 2 a été fait dans l'UFSC, à Florianópolis, Brésil.

Des services de révision et aussi de confection de projets sont faits par la Fundunesp. La PÉTROL fait des investigations nécessaires dans les sites contaminés, elle envoie les résultats pour la Fundunesp, qui donne les instructions pour les entreprises de remédiation de comment faire la remédiation, quelle technique choisir, etc.

Après ça, ces entreprises font des Projets Détaillés de Remédiation (PDR), où il y a les dimensions des systèmes de remédiation et les détails de l'opération de ces systèmes. Les PDRs sont toujours révisés par la Fundunesp, et après l'approbation, les entreprises installent les systèmes de remédiation.

Tous les 3 mois les entreprises doivent envoyer à la Fundunesp un Rapport d'Évolution de la Remédiation (RE), qui est révisé avec le but de savoir si les systèmes sont utilisés de façon correcte, et aussi pour évaluer l'efficacité et l'évolution de la remédiation.

La Fundunesp fait aussi les Projets de Surveillance Préventive (PSP). Ces sont des projets élaborés pour surveiller les propriétés de la PÉTROL, dans le but de contrôler tous les principes de contamination du sous-sol et des eaux souterraines. Par exemple, pour faire un PSP d'un site spécifique, la PÉTROL envoie à la Fundunesp des résultats des investigations qui ont été faits dans le site, tout l'historique de la zone et toutes les informations importantes qui concernent l'utilisation du sol.

Dans ce rapport, il sera décrit un PSP qui a été fait pendant le stage.

L'UIS a une superficie totale de 200.000 m², comprenant une mine industrielle, une ancienne mine expérimentale et une unité industrielle. Une description plus détaillée de chaque zone de l'UIS sera présentée dans le chapitre de l'histoire du site.

L'entourage de l'UIS est caractérisé principalement pour des zones agricoles/forestières, mais il y a aussi des zones résidentielles à l'est et au sud-ouest de l'unité industrielle. Au nord-est cette unité il y a un barrage qui appartient à l'UIS.

Le PSP a été fait pour la zone industrielle de l'UIS, situé au sud de l'unité, proche des zones résidentielles.

2.2 Historique de l'UIS

L'UIS a été constitué en 1954, avec le but d'étudier les potentialités des schistes bitumineux et la viabilité économique de sa transformation industrielle.

Le schiste bitumineux est une roche qui contient une grande quantité de kérogène, étant indiqué comme une source alternative d'énergie. Le chauffage du kérogène produit de l'huile et du gaz (PAZIN, 2012).

La viabilité économique a été prouvée, et en 1990 l'unité industrielle a commencé ses opérations en échelle commerciale. Actuellement, 7800 tonnes de schiste bitumineux sont traitées par jour dans l'UIS, ce qui donne comme résultat 3870 barils d'huile de schiste et 132 tonnes de gaz.

Pendant des années, l'unité industrielle n'a pas changée significativement. Par contre, la zone des mines de schiste présente une dynamique très grande entre les zones exploitées et les zones recomposées. Les mines plus nouvelles se localisent au nord de l'unité.

2.3 Historique des diagnostics environnementales

Plusieurs diagnostics environnementales ont été faites dans la zone de l'UIS et autour du site, afin de délimiter la pollution causée par l'unité. Dans le PSP, chaque étude a été présentée, résumée et séparée par zone de l'unité. Dans ce rapport, seulement les résultats des études seront présentés.

Des analyses du sol et des eaux souterraines ont été faites partout dans l'UIS pour des différents composés : hydrocarbures totaux (HCT), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), BTEX et métaux.

Les résultats des analyses ont été comparés avec les valeurs seuils institués par des différentes législations. En priorité, les seuils proposés par l'organisme environnemental de l'état de São Paulo (CETESB, 2005) ont été utilisés. Ensuite, pour des seuils absents dans cette liste, les résultats ont été comparés avec les valeurs proposées par l'organisme national brésilien (CONAMA, 2009).

Pour les cas où il n'y avait pas des seuils proposés par la législation nationale, deux listes internationales ont été consultées : les seuils de l'EPA (Environmental Protection Agency – États Unis) et la Liste Holandaise. Dans l'Annexe 1 il est possible de voir une table avec tous les seuils qui ont été utilisées.

Les composés qui ont été trouvés dans le sol avec une concentration passant les valeurs seuils sont les suivants : benzène, xylène, HTP totale, mercure, arsenic, zinc, baryum, plomb et fer. Dans les eaux souterraines, les composés qui dépassent les valeurs seuils sont les suivants : HTP totale, arsenic, plomb, fer, manganèse, nickel, chrome et vanadium.

2.4 Modèle géologique-hydrogéologique conceptuelle

Une étape très importante d'une étude environnementale d'un site contaminé c'est la caractérisation géologique-hydrogéologique conceptuelle. Ces informations sont fondamentales pour bien connaître la dynamique des polluants (possibilité de contamination des aquifères, vitesse des polluants dans le sol, zones qu'ils peuvent atteindre, risques pour des animaux, etc).

2.4.1 Climat et végétation

La région de l'UIS se situe dans une zone tempérée, avec des températures moyennes de 10° à 15°C, dans un environnement très humide. La précipitation moyenne annuelle dans la région de l'UIS est de 1680 mm, selon des données obtenues entre 1990 et 2011.

Les variations des niveaux des eaux souterraines sont directement liées à la pluviométrie, ce qui influe dans la mobilité des produits à l'état libre et des composés dissous dans les eaux souterraines. Ainsi, il est important de connaître la pluviométrie de la région.

La végétation de la région a des caractéristiques des forêts tropicales, ayant des hauts niveaux d'humidité, ce qui influe dans le cycle hydrogéologique de l'eau en augmentant l'évapotranspiration dans la région.

2.4.2 Géologie

L'UIS se situe dans le Bassin du Paraná, comprenant une section complexe et hétérogène, où des conditions glaciaires ont été registrées. Le sous-sol de la région est composé par des roches riches en matière organique, ce qui facilite l'extraction de l'huile et du gaz. Ces roches sont appelées aussi « Schiste », à cause de sa richesse en matière organique.

Par contre les roches de schiste contiennent aussi des métaux lourds, en général associés aux sulfures, comme par exemple : plomb, argent, zinc, cadmium, mercure et arsenic. Des roches identifiées dans l'UIS ont une porosité élevée, ce qui contraste avec une perméabilité très basse causé par ses constituants plutôt argileux. Comme conséquence, elles ont une haute capacité d'emprisonnement d'eau.

Le sol trouvé dans la région est plutôt argileux.

2.4.3 Hydrogéologie

Les aquifères de la région de l'UIS sont poreux et fracturés. Ces eaux souterraines sont exploités par la population, ce qui donne une grande importance aux études environnementales dans l'UIS, afin d'éviter un apport de contaminants dans les eaux souterraines. Dans la Figure 2 il est montré la localisation de 5 puits dans un rayon de 5 km autour de l'UIS.

L'écoulement de l'eau souterraine dans l'unité industrielle est vers le centre de cette zone, où il y a un petit lac et un cours d'eau connecté à celui-ci. Dans la Figure 3 il est possible de voir la direction de l'écoulement de la nappe, obtenue à partir des puits piézométriques installés dans l'UIS.

La convergence de la nappe vers le centre de l'unité est expliquée par la présence d'une ancienne mine expérimentale dans cette région. La mine a été fermée, et comme conséquence les propriétés physiques du sol ont changé. Aujourd'hui cette région est beaucoup plus perméable, ce qui explique l'écoulement de la nappe. La Figure 4 montre la délimitation de l'ancienne mine (Antiga Mina Experimental).

La conductivité hydraulique a varié dans les puits entre 10^{-4} et 10^{-5} cm/s.



Figure 2 - Localisation des puits dans un rayon de 5 km.

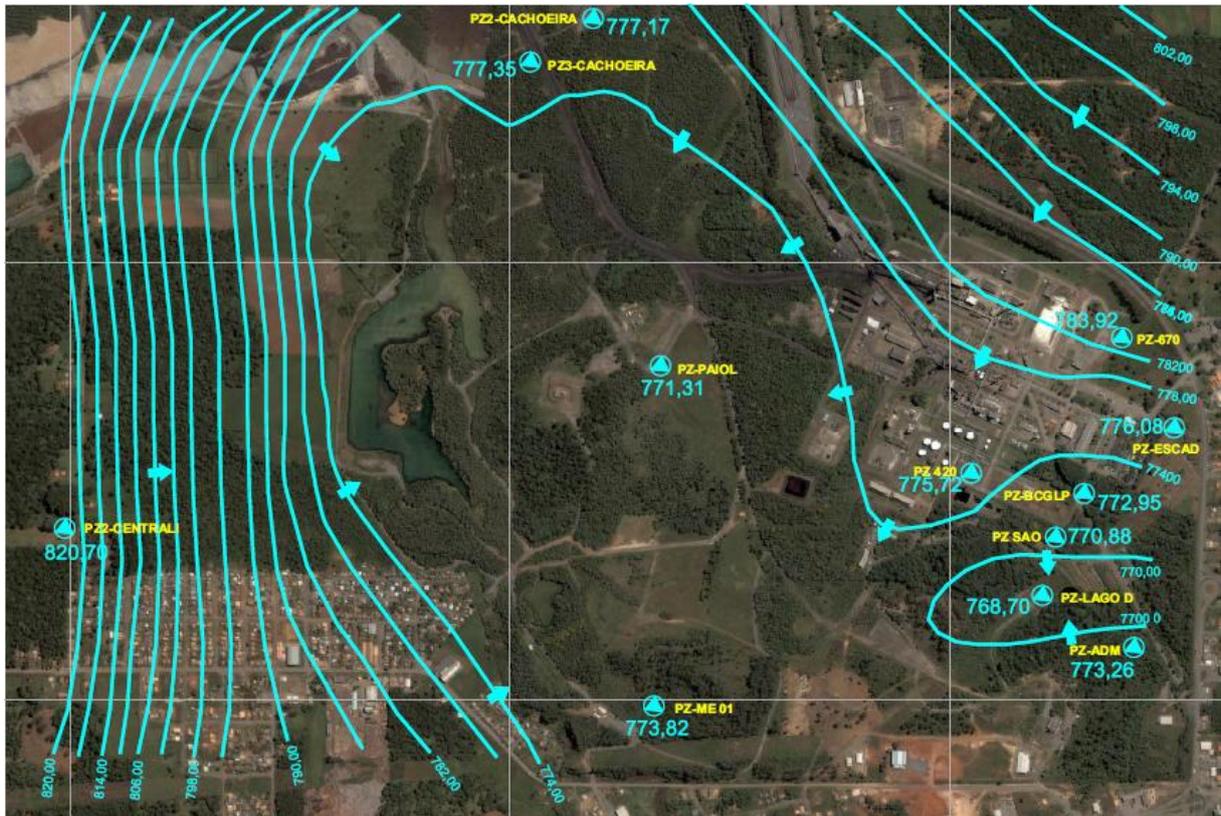


Figure 3 - Écoulement de l'eau souterraine dans l'unité industrielle.

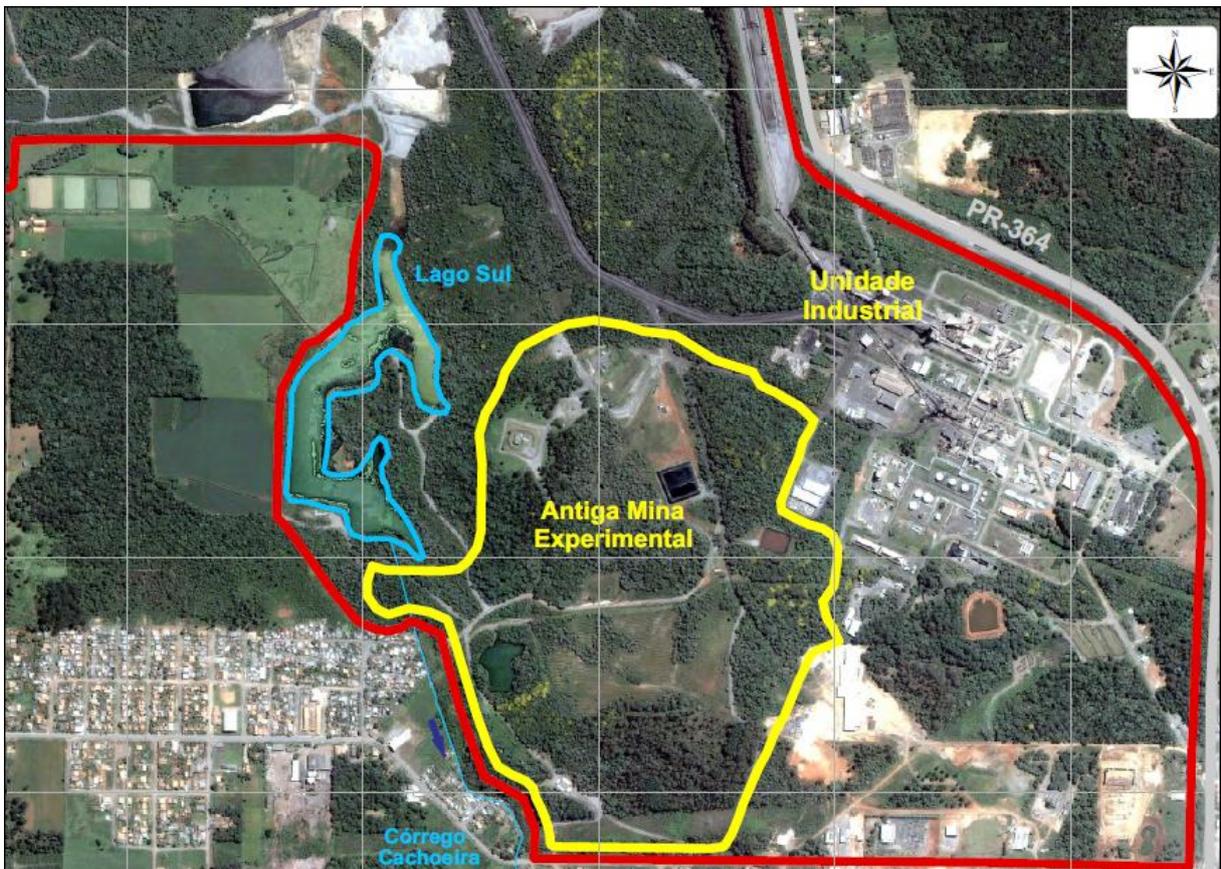


Figure 4 - Localisation de l'ancienne mine expérimentale (Antiga Mina Experimental).

2.5 Synthèse de la contamination e scénario d'exposition

Une synthèse de la contamination présente dans l'UIS a été faite à partir des analyses qui ont été réalisés dans le sol e les eaux souterraines. Pour élaborer le scénario de contamination, tous les puits de surveillance où des composés ont été trouvés au-dessus des valeurs seuils ont été considérés.

2.5.1 Produit à l'état libre

La présence de produit à l'état libre a été détectée dans 21 sondages et 16 puits de surveillance, qui sont montrés dans la Figure 5.

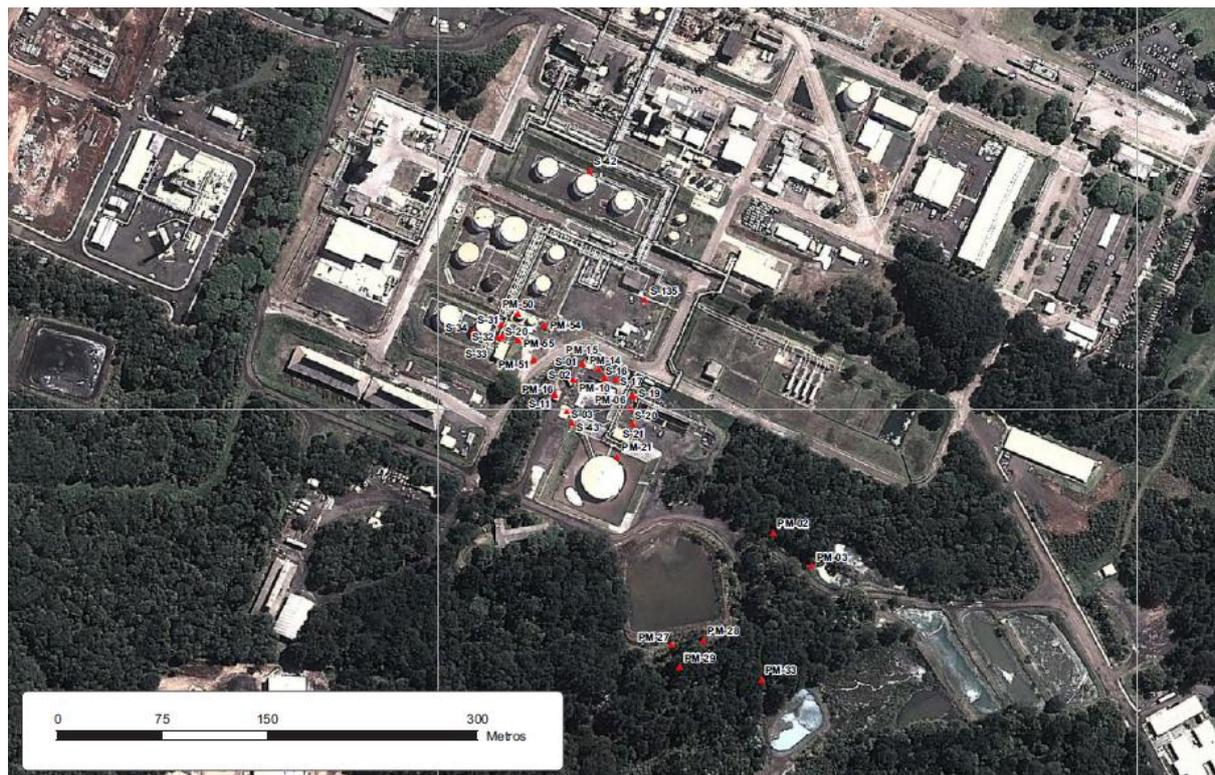


Figure 5 - Localisation des puits de surveillance et sondages avec présence de produit à l'état libre.

2.5.2 Hydrocarbures

Dans le sol, les composés suivants ont été trouvés avec des concentrations au-dessus des valeurs seuil : Benzène (19 sondages), Xylènes (4 sondages) et HTP (26 sondages). Par rapport aux eaux souterraines, les composés trouvés sont les suivants : Benzène (10 puits), Xylènes (1 puits) et HTP (13 puits). La localisation de ces points de contamination est montrée dans la Figure 6 (pour le sol) et Figure 7 (pour les eaux souterraines).



Figure 6 - Localisation des sondages contaminés par des hydrocarbures.



Figure 7 - Localisation des puits contaminés par des hydrocarbures.

2.5.3 Métaux

Dans le sol, les métaux suivants ont été trouvés avec des concentrations au-dessus des valeurs seuil : Baryum (2 sondages), Arsenic (25 sondages), Chrome VI (15 sondages), Mercure (1 sondage), Plomb (2 sondages) et Zinc (63 sondages). Par rapport aux eaux souterraines, les composés trouvés sont les suivants : Plomb (28 puits), Arsenic (16 puits), Cadmium (13 puits), Mercure (7 puits), Nickel (14 puits), Fer (26 puits), Manganèse (23 puits), Vanadium (5 puits), Chrome (6 puits). La localisation de ces points de contamination est montrée dans la Figure 8 (pour le sol) et Figure 9 (pour les eaux souterraines).

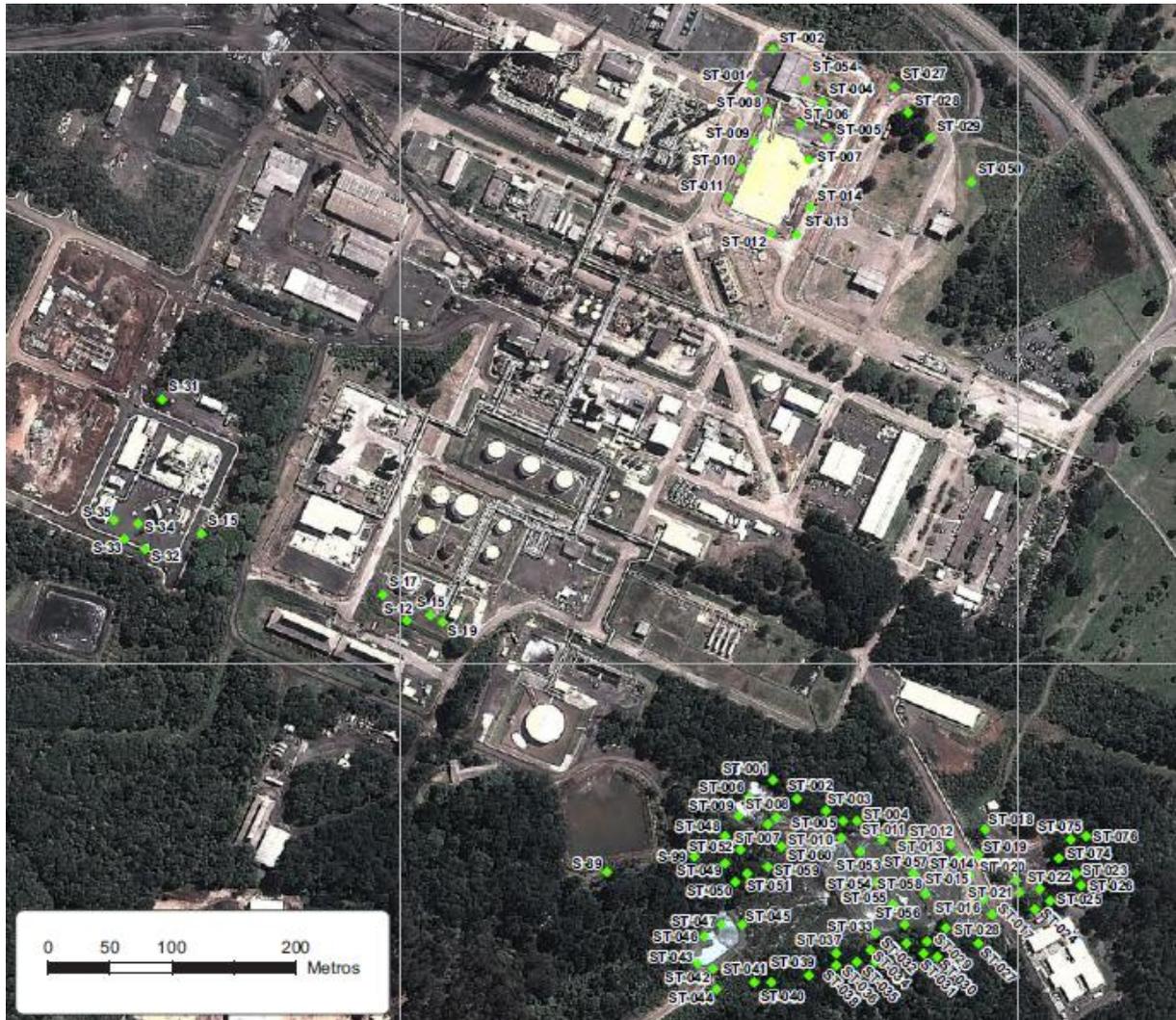


Figure 8 - Localisation des sondages contaminés par des métaux.

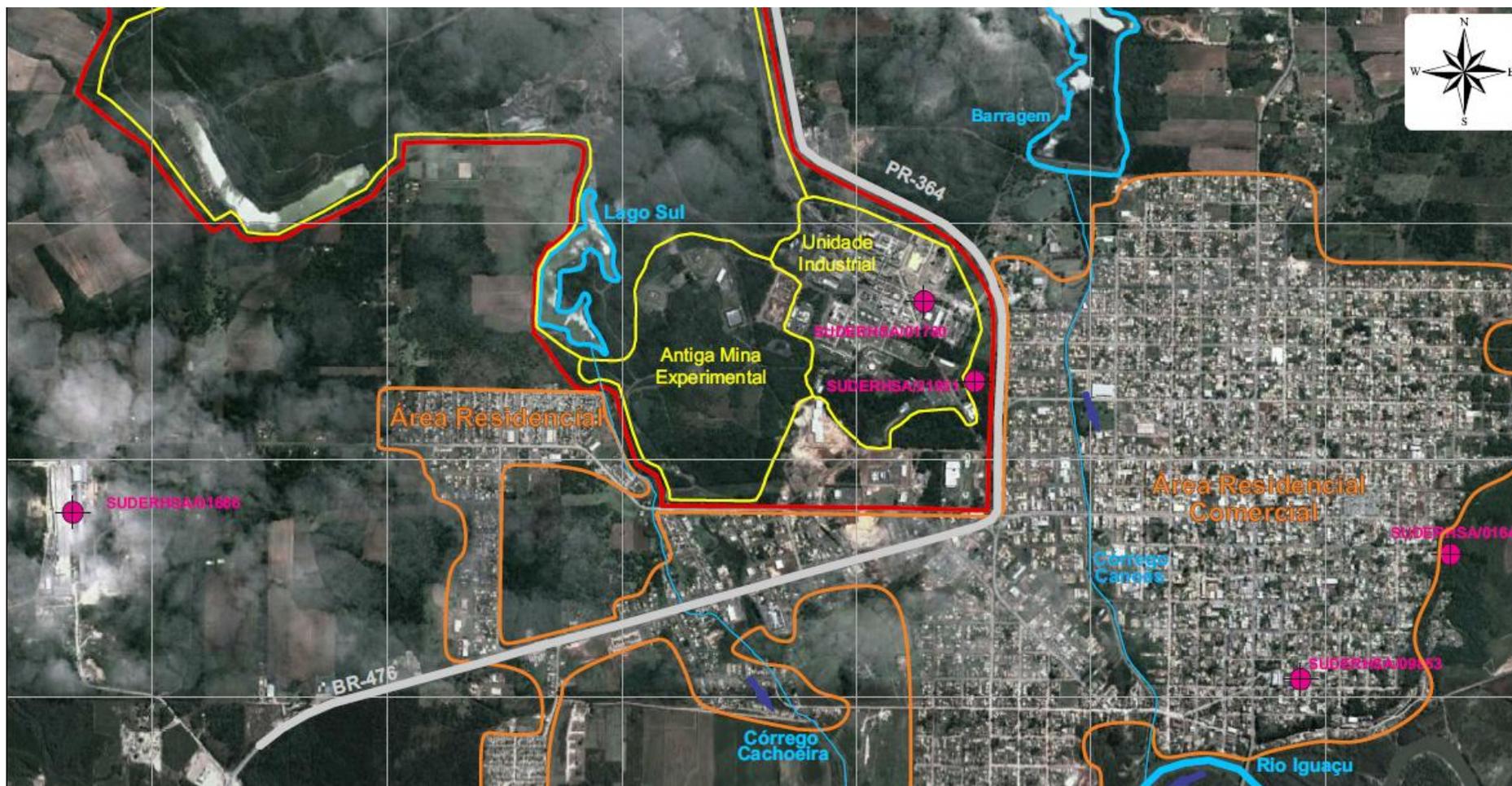
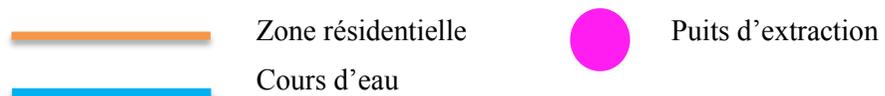


Figure 10 - Principales touchées par une possible contamination.



2.6 Projet de surveillance

Le projet de surveillance préventive (PSP) consiste dans la sélection des points pour surveiller la qualité des eaux souterraines à partir des informations présentés sur les activités de l'usine, distribution des contaminants e scénario d'exposition.

Le principal but du PSP fait pour l'UIS était de proposer un réseau de puits de surveillance pour évaluer périodiquement la qualité des eaux souterraines de l'usine, et surveiller aussi ses caractéristiques hydrogéologiques, afin de vérifier le comportement des contaminants identifiés pour éviter qu'ils passent les limites de l'UIS.

Les critères pour sélectionner les points de surveillance sont les suivants :

- ✓ Points avec un historique de contamination ;
- ✓ Points pour caractériser l'eau souterraine en amont, en aval et aux limites de l'UIS ;
- ✓ Points pour caractériser l'eau souterraine dans les zones sans information d'investigation et/ou surveillance, et avec une activité de potentielle contamination ;
- ✓ Points avec un impact prouvé dans le sol/eau souterraine, avec un potentielle d'atteindre les cours d'eau ;
- ✓ Points pour délimiter les produits à l'état libre ;
- ✓ Points pour délimiter la nappe contaminée ;
- ✓ Points pour délimiter le modèle d'écoulement des eaux souterraines dans l'UIS.

Selon ces critères, 46 points de surveillance des eaux souterraines ont été proposés, dont 31 correspondent à des puits de surveillance déjà installés dans l'UIS. La localisation de ces puits est montrée dans la Figure 11.

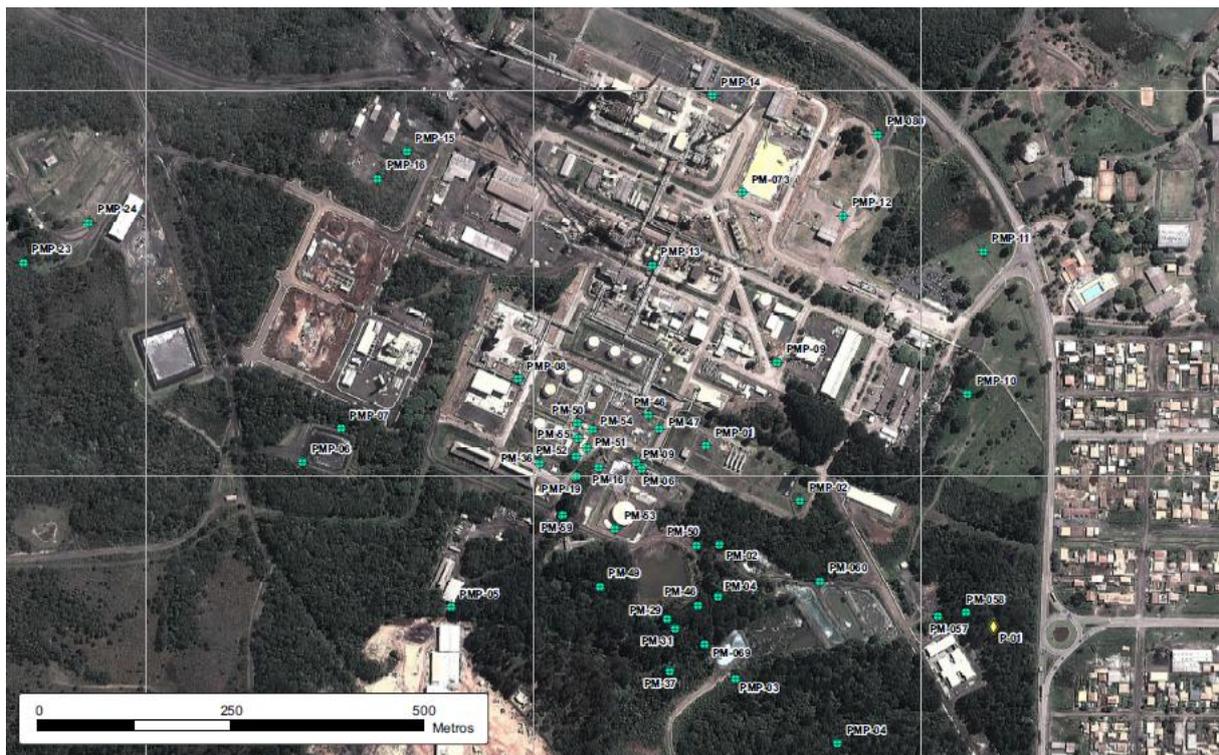


Figure 11 - Points proposés pour surveiller des eaux souterraines.

Les paramètres suivants sont proposés pour être analysés :

- ✓ BTEX ;
- ✓ HPA ;
- ✓ HTP ;
- ✓ Métaux.

Conclusion

La proximité de la zone résidentielle augmente la responsabilité de l'UIS en évitant des possibles contaminations du sous-sol et des eaux souterraines. Les polluants présents dans cette usine sont beaucoup plus dangereux pour la santé.

Dans ce contexte, l'élaboration du projet de surveillance préventive a permis de bien détailler la situation actuelle de l'UIS, et ainsi faire un projet envisageant la protection de l'environnement souterrain. Cette étude a permis aussi de montrer que la zone manque encore de beaucoup de données.

L'application du PSP dans l'UIS peut rendre possible l'obtention de beaucoup plus d'informations sur la zone qui peuvent aider dans un possible mise à jour du PSP.

Évaluation du stage

Pendant mon stage à la Fundunesp, j'ai beaucoup appris dans le domaine de la gestion des sites contaminés. J'ai pu faire des études depuis le début jusqu'à la définition de la technique de remédiation.

Les ingénieurs du bureau étaient très attentifs avec moi. Dans ses possibilités, ils répondaient tous mes questions. L'apprentissage que j'ai eu dans ce stage était enrichissant pour ma vie professionnelle,

J'ai pu utiliser tous mes connaissances en SIG que j'ai obtenue pendant le Master 2. En plus l'évaluation des sondages étaient beaucoup plus facile pour moi à cause des apprentissages obtenus pendant les cours et le stage terrain.

L'expérience que j'ai gagné pendant le Master et le stage m'a permis d'obtenir un boulot dans la plus grande entreprise du business de l'environnement de l'Amérique Latine. Maintenant je travaille directement avec les projets de remédiation des sites contaminés par des hydrocarbures.

Bibliographie

PAZIN, Elenice. Estudo da perda de carga em um leito de xisto betuminoso composto por partículas de diferentes de diferentes granulometrias. 2012. 88 f. Thèse (Master) - Ufpr, Curitiba, 2012.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Decisão de diretoria n. 195 de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). 2009. No 420/2009. «Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.».

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. Regional Screening Level (RSL) Summary Table 04/2012. United States: Environmental Protection Agency – Region 9-Superfund, 2010. Disponible en < <http://www.epa.gov/region9/superfund/prg/index.html#prgtable>>

MINISTRY OF VROM. Soil Remediation Circular. The Netherlands, 2009. Disponible en <<http://international.vrom.nl/37765>>

Annexe 1

Paramètre	CAS n°	Sol (mg.kg ⁻¹)			
		Sol Industrielle			
		CONAMA 420/2009	CETESB 195/2005	EPA R9-04/2012	LISTE HOLLANDAISE 2009
		Investigation	Intervention	Screening Levels	Intervenção
Inorganiques					
Aluminium	7429-90-5	-	-	990.000	-
Antimoine	7440-36-0	25	25	410	22
Arsenic	7440-38-2	150	150	1,6	76
Baryum	7440-39-3	750	750	190.000	-
Beryllium	7440-41-7	-	-	2.000	-
Bore	7440-42-8	-	-	200.000	-
Cadmium	7440-43-9	20	20	800	13
Plomb	7439-92-1	900	900	800	530
Cobalt	7440-48-4	90	90	300	190
Cuivre	7440-50-8	600	600	41.000	190
Chrome total	7440-47-3	400	400	-	-
Chrome III	16065-83-1	-	-	1.500.000	180
Chrome VI	18540-29-9	-	-	5,6	78
Étain	7440-31-5	-	-	610.000	-
Fer	7439-89-6	-	-	720.000	-
Manganèse	7439-96-5	-	-	23.000	-
Mercure	7439-97-6	70	70	43	36
Molybdène	7439-98-7	120	120	5.100	190
Nickel	7440-02-0	130	130	20.000	100
Nitrate	14797-55-8	-	-	1.600.000	-
Argent	7440-22-4	100	100	5.100	-
Sélénium	7782-49-2	-	-	5.100	-
Vanadium	7440-62-2	1000	-	5.200	-
Zinc	7440-66-6	2.000	2.000	310.000	720

Valeurs seuils pour le sol

Paramètre	CAS n°	Sol (mg.kg ⁻¹)			
		Sol Industrielle			
		CONAMA 420/2009	CETESB 195/2005	EPA R9-04/2012	LISTE HOLLANDAISE 2009
		Investigation	Intervention	Screening Levels	Intervention
Hydrocarbures aromatiques volatiles					
Benzène	71-43-2	0,15	0,15	5,4	1,1
Éthylbenzène	100-41-4	95	95	27	110
Toluène	108-88-3	75	75	45.000	32
o-Xylène	95-47-6	-	-	3.000	-
m-Xylène	108-38-3	-	-	2.500	-
p-Xylène	106-42-3	-	-	2.600	-
Xylènes	1330-20-7	70	70	2.700	17
Styrène	100-42-5	80	80	36.000	86
Hydrocarbures aromatiques polycycliques					
Anthracène	120-12-7	-	-	170.000	-
Acénaphthène	83-32-9	-	-	33.000	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	65	65	2,1	-
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	2,1	-
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	21	-
Benzo(g,h,i) perylène	191-24-2	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	3,5	3,5	0,21	-
Chrysene	218-01-9	-	-	210	-
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	1,3	1,3	0,21	-
Phénanthrène	85-01-8	95	95	-	-
Fluoranthène	206-44-0	-	-	22.000	-
Fluorene	86-73-7	-	-	22.000	-
Indène(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	130	130	2,1	-
Naphtalène	91-20-3	90	90	18	-
Pyrène	129-00-0	-	-	17.000	-
HPA Total	-	-	-	-	40
HTP	-	-	1000	-	-

Valeurs seuils pour le sol

Paramètre	CAS n°	µg/L			
		CONAMA 420/2009	CETESB 195/2005	EPA R9- 04/2012	Lista Holandesa 2009
		Investigation	Intervention	Screening TapWater	Intervention
Inorganiques					
Aluminium	7429-90-5	3.500	200	16.000	-
Antimoine	7440-36-0	5	5	6	20
Arsenic	7440-38-2	10	10	0,045	60
Baryum	7440-39-3	700	700	2.900	625
Beryllium	7440-41-7	-	-	16	-
Bore	7440-42-8	500	500	3.100	-
Cadmium	7440-43-9	5	5	69	6
Plomb	7439-92-1	10	10	-	75
Cobalt	7440-48-4	70	5	47	100
Cuivre	7440-50-8	2.000	2.000	620	75
Chrome total	7440-47-3	50	50	-	30
Chrome III	16065-83-1	-	-	16.000	-
Chrome VI	18540-29-9	-	-	0,031	-
Étain	7440-31-5	-	-	9.300	-
Fer	7439-89-6	2.450	300	11.000	-
Manganèse	7439-96-5	400	400	320	-
Mercuré	7439-97-6	1	1	0,63	0,3
Nickel	7440-02-0	20	20	300	75
Nitrate	797-55-08	10.000	10.000	-	-
Argent	7440-22-4	50	50	71	-
Sélénium	7782-49-2	10	10	78	-
Vanadium	7440-62-2	-	-	78	-
Zinc	7440-66-6	1.050	5.000	4.700	800

Valeurs seuils pour les eaux souterraines

Paramètre	CAS n°	µg/L			
		CONAMA 420/2009	CETESB 195/2005	EPA R9- 04/2012	Lista Holandesa 2009
		Investigation	Intervention	Screening TapWater	Intervention
Hydrocarbures aromatiques volatiles					
Benzène	71-43-2	5	5	0,39	30
Éthylbenzène	100-41-4	300	300	1,3	150
Toluène	108-88-3	700	700	860	1000
o-Xylène	95-47-6	-	-	190	-
m-Xylène	108-38-3	-	-	190	-
p-Xylène	106-42-3	-	-	190	-
Xylènes	1330-20-7	500	500	190	70
Styrène	100-42-5	20	20	1.100	300
Hydrocarbures aromatiques polycycliques					
Anthracène	120-12-7	-	-	1.300	5
Acénaphthène	83-32-9	-	-	400	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	1,75	1,75	0,029	0,5
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	0,029	-
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	0,29	0,05
Benzo(g,h,i) perylène	191-24-2	-	-	-	0,05
Benzo(a)pyrène	50-32-8	0,7	0,7	0,0029	0,05
Chrysene	218-01-9	-	-	2,9	0,2
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	0,18	0,18	0,0029	-
Phénanthrène	85-01-8	140	140	-	5
Fluoranthène	206-44-0	-	-	630	1
Fluorene	86-73-7	-	-	220	-
Indène(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	0,17	0,17	0,029	0,05
Naphtalène	91-20-3	140	140	0,14	70
Pyrène	129-00-0	-	-	87	-
HPA Total	-	-	-	-	-
HTP	-	-	600	-	-

Valeurs seuils pour les eaux souterraines