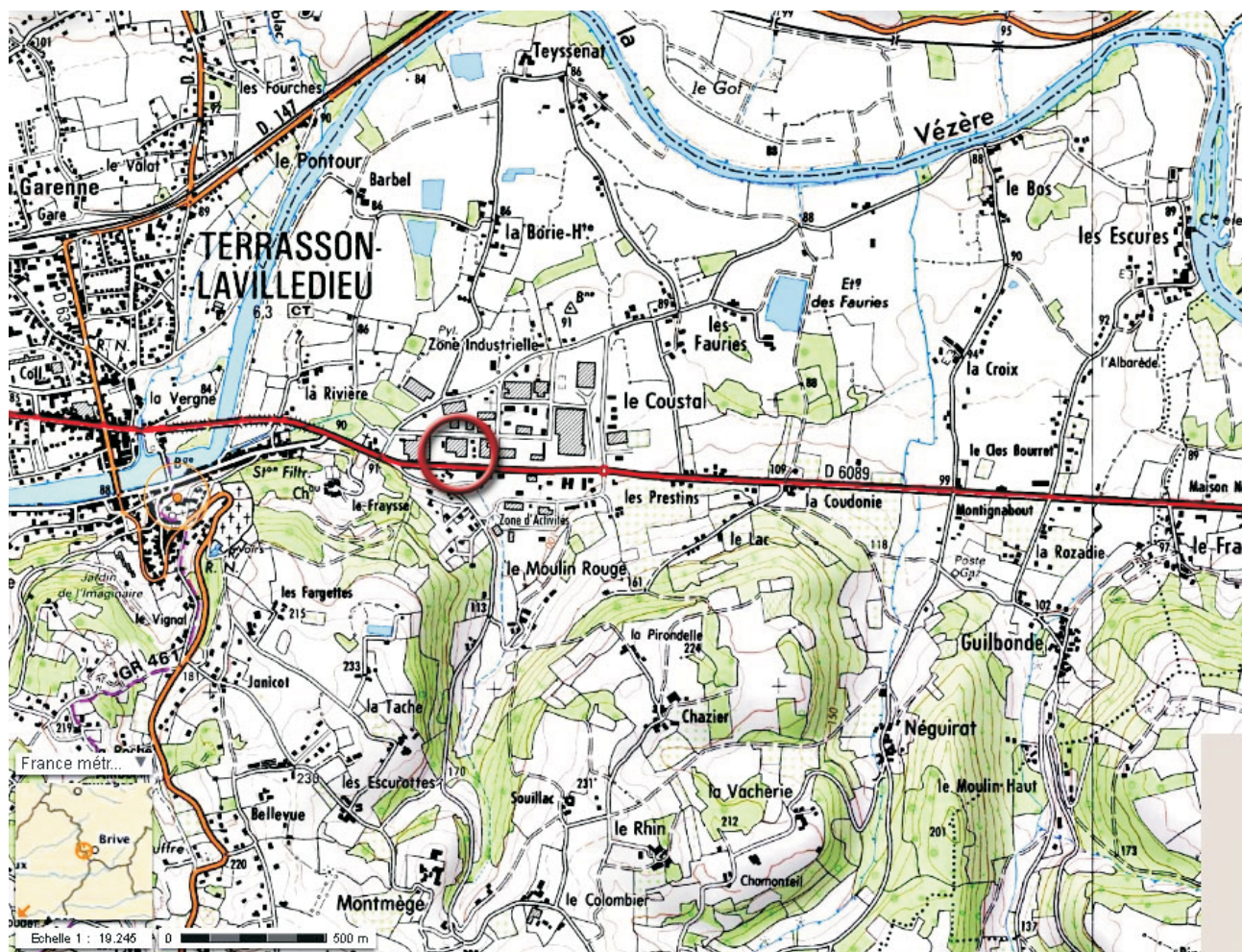


SCI BRACHET
rue Pierre PROUHON - Zone Industrielle du COUSTAL
24120 TERRASSON-LAVILLEDIEU

« Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) »



- Etude du 24 octobre 2013 -

Table des matières

1 – Enjeux et résumé des travaux.....	3
1.1 - Localisation et durée de l'activité.....	3
1.2 - Dépollution.....	4
1.3 - Pollutions résiduelles et ARR de fin de travaux.....	7
1.4 - Diagnostic pollution du 6 septembre 2013.....	8
1.4.1 - Résultats du diagnostic de septembre 2013	8
1.4.1.1 – Analyses de sol et résultats	8
1.4.1.2 – Analyses des eaux et résultats.....	11
1.4.1.3 – Origine des hydrocarbures	11
1.4.2 – Comparaison avec les précédentes analyses	12
1.4.3 - Analyses des gaz.....	14
1.4.3.1 – Mesures du 6 septembre 2013.....	14
1.4.3.2 – Mesures dans les locaux et sous la dalle du 29 septembre et du 1 octobre 2013	14
2 – Schéma conceptuel.....	17
2.1 – L'usage futur du site	17
2.2 – Les concentrations résiduelles	17
2.2.1 – Quelques définitions	17
2.2.2 – Concentrations résiduelles dans les sols	18
2.2.3 – Concentrations résiduelles dans les eaux souterraines.....	19
2.2.3 – Les gaz du sol	20
2.3 – Voies potentielles de migration des polluants dans les milieux ou vecteurs.....	21
2.4 - Description des milieux	21
2.4.1 - Le sol	21
2.4.2 – L'aquifère	22
2.4.3 - Le cours d'eau.....	23
2.5 – Les cibles ou enjeux.....	25
2.6 – Le schéma conceptuel	25
3 – Analyse des risques résiduels (ARR).....	27
3.1 – Périmètre de l'étude.....	27
3.2 – Objectif de l'analyse des risques résiduels	27
3.3 - Scénarii étudiés.....	28
3.4 – Sélection des substances à étudier	28
3.5 – Choix des valeurs toxicologiques de référence.....	30
3.6 – Substances et concentrations retenues pour le calcul de risque	30
3.6.1 – Les métaux.....	30
3.6.2 – Les HCT, BTEX et HAP	31
3.7 – Paramètres de calcul	32
3.7.1 – Paramètres physico-chimiques des substances retenues	32
3.7.2 – Propriété des sols	32
3.7.3 – Paramètres généraux	32
3.7.4 – Modèle inhalation à l'intérieur d'un bâtiment.....	33
3.7.5 – Modèle ingestion de fruits et légumes	34
3.7.6 – Modèle ingestion de sol ou de poussière de sol	34
3.8 – Résultats des calculs des risques sanitaires.....	35
3.8.1 – Scénarios inhalation.....	35
3.8.2 – Scénarios ingestion	36
3.8.3 – Bilan sur les scénarios ingestion	37
4 – Synthèse et recommandations.....	38
4.1 – Les servitudes : restrictions d'usage conventionnelles instituées entre les deux parties.....	38
4.1.1 - Nature	38
4.1.2 - Portée.....	39
4.1.3- Procédure.....	39

Annexe 1 : Modèle de Johnson et Ettinger	40
1 - Concentration de la phase vapeur du polluant à la source de contaminée	40
2 - Diffusion à travers la zone capillaire	40
3 - Diffusion totale	41
4 – Solution de transport par convection et diffusion	41
5 - Calcul de la concentration en polluant inhalée	42
5.1. Scénario sensible.....	42
5.2 Scénario non sensible.....	42
Annexe 2 : Modèle HEPS 2.1	43
1 – Ingestion de fruits et de légumes pollués par le sol	43
1.1 – Pollution par des substances organiques	43
1.2 - Pollution par les métaux	44
2 – Concentration de polluant dans les plantes	44
2.1 - Pollution par des substances organiques.....	44
2.2 - Pollution par des métaux	45
3 – Injection de fruits et de légumes pollués par de l'eau d'irrigation de la nappe	45
3.1 – Concentration de polluant dans les plantes	45
3.1.1 Pollution par des substances organiques	45
3.1.2 Pollution par des métaux.....	46
3.2 – Calcul des doses d'exposition.....	46
4 – Injection de poussière de sol	47
4.1 – Calcul des doses d'exposition.....	47
4.1.1 – Scénario sensible.....	47
4.1.2 – Scénario non sensible.....	47
5 – Calcul du risque	48
Annexe 3 : Coupes des sondages d'AGE Environnement	49

1 – Enjeux et résumé des travaux

L'EQRS a pour objectif de déterminer la compatibilité des opérations effectuées avec les usages futurs à l'aide d'un schéma conceptuel et d'une analyse des risques résiduels conformément aux recommandations du MEEDDAT.

Le site dépollué est destiné à un projet immobilier d'extension de la surface commerciale.

Cette étude sera basée sur les concentrations résiduelles dans les eaux de la nappe et dans les terres sous-jacentes de la zone dépolluée, concentrations remises à jour par un diagnostic de septembre 2013.

1.1 - Localisation et durée de l'activité

L'ancienne station-service Simply Market, du supermarché est situé rue Pierre Prouhon, zone industrielle du Coustal, commune de Terrasson-Lavilledieu, parcelle BZ 21.

Cette installation classée a été créée le 31 octobre 1980, date de récépissé de déclaration n° 954 (RD) suivant les rubriques détaillées ci-dessous :

- ◆ 253 B pour le dépôt de liquides inflammables,
- ◆ 261 bis pour la distribution de liquides inflammables.

Conformément aux articles R512-66-1 et R512-66-2 du code de l'environnement, une déclaration de cessation d'activité a été adressée par courrier à la sous-préfecture de Sarlat (24) en date du 19 avril 2012. L'activité a cessé le 19 mai 2012.

Les infrastructures pétrolières ont été démantelées et évacuées par la société Mandic :

- ◆ 1 cuve enterrée de gasoil (GO) d'une contenance de 60 m³,
- ◆ 1 cuve enterrée d'essence, double compartiment, d'une capacité de 60 m³, avec 30 m³ de SP 95 et 30 m³ de SP 98,
- ◆ 1 séparateur d'hydrocarbures,
- ◆ 1 zone de dépotage,
- ◆ 1 volucompteur.



Fig.1 : Localisation du site et environnement : Zone industrielle du Coustal, à proximité de la RD 6089



Fig.2 : Vue générale de la zone investiguée : parking, avec entouré de bleu, la zone dépolluée

1.2 - Dépollution

Dans le cadre de la cessation d'activité de l'ancienne station service, un diagnostic environnemental a été réalisé en juin 2012¹.

La qualité des sols a été jugée fortement dégradée, avec des valeurs de :

- ◆ 2 300 mg/kg (sur matière sèche) en hydrocarbures totaux (ou HCT) ;
- ◆ 32 mg/kg pour les hydrocarbures polycycliques aromatiques (ou HAP) ;
- ◆ 17 mg/kg pour la somme des BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylène).

S'agissant d'hydrocarbures divers, la nappe, située entre 3 et 4 m de profondeur a bloquée la progression vers les profondeurs.

Une dépollution des sols a été réalisée du 15 octobre au 8 novembre 2012.

¹ Rapport de Ginger Environnement SP 33.CB.185 en date du 7/06/2012

La technique retenue est classique : terrassement, tri et évacuation des terres polluées.

Les travaux ont été confiés à la société GRS Valtech (Groupe Véolia).

Ils ont consisté en la réalisation des tâches suivantes.

- ◆ terrassement de la zone impactée,
- ◆ tri des terres excavées et l'évacuation des terres polluées,
- ◆ le prélèvement et la réalisation de 9 échantillons moyens de terres évacuées,
- ◆ le prélèvement et la réalisation de 15 échantillons de sol en fond et bords de la zone excavée pour analyse des teneurs résiduelles,
- ◆ le prélèvement d'un échantillon d'eau souterraine présente au droit de la zone d'excavation après terrassement,
- ◆ le prélèvement et la réalisation d'un échantillon de sol dans les terres qui seront utilisées pour le remblaiement de la zone,
- ◆ la réalisation de 4 fenêtres de reconnaissance pour vérifier l'étendue de la zone impactée,
- ◆ l'installation de 4 piézomètres (1 amont et 3 en aval).

Un volume d'environ 1 031 m³ de terres (polluées et saines) a été excavé et trié, soit environ 1 860 tonnes.

Au total, 67 camions semis bennes bâchés ont été évacués du site (un total d'environ 1 574,14 tonnes de terres polluées, soit environ 874 m³, avec une densité prise égale à 1,8) en biocentre chez la Société d'Exploitation des Décharges Angevines (SEDA) à Champteusse.

Les terres saines ont été stockées et recouvertes à l'aide d'une bâche spécifique, en merlon localisé au sud du bâtiment de l'ancien supermarché Simply Market. Les terres saines ont été réutilisées sur site pour le remblaiement de la zone excavée. Le volume de terre saine a été évaluée à environ 136 m³ soit environ 244 tonnes de terres.

Les prélèvements réalisés en bords et fonds de fouille ont montré la présence d'impacts résiduels dans les sols. Les prélèvements de sol réalisés au droit des piézomètres implantés en bordure du site **suggèrent une extension de l'impact des sols relativement limitée.**

Les prélèvements des échantillons d'eau souterraine ont montré un impact de la nappe, notamment en aval hydraulique de la zone réhabilitée.

La synthèse des travaux de dépollution qui ont été réalisés au droit du site est présentée en figure 3.

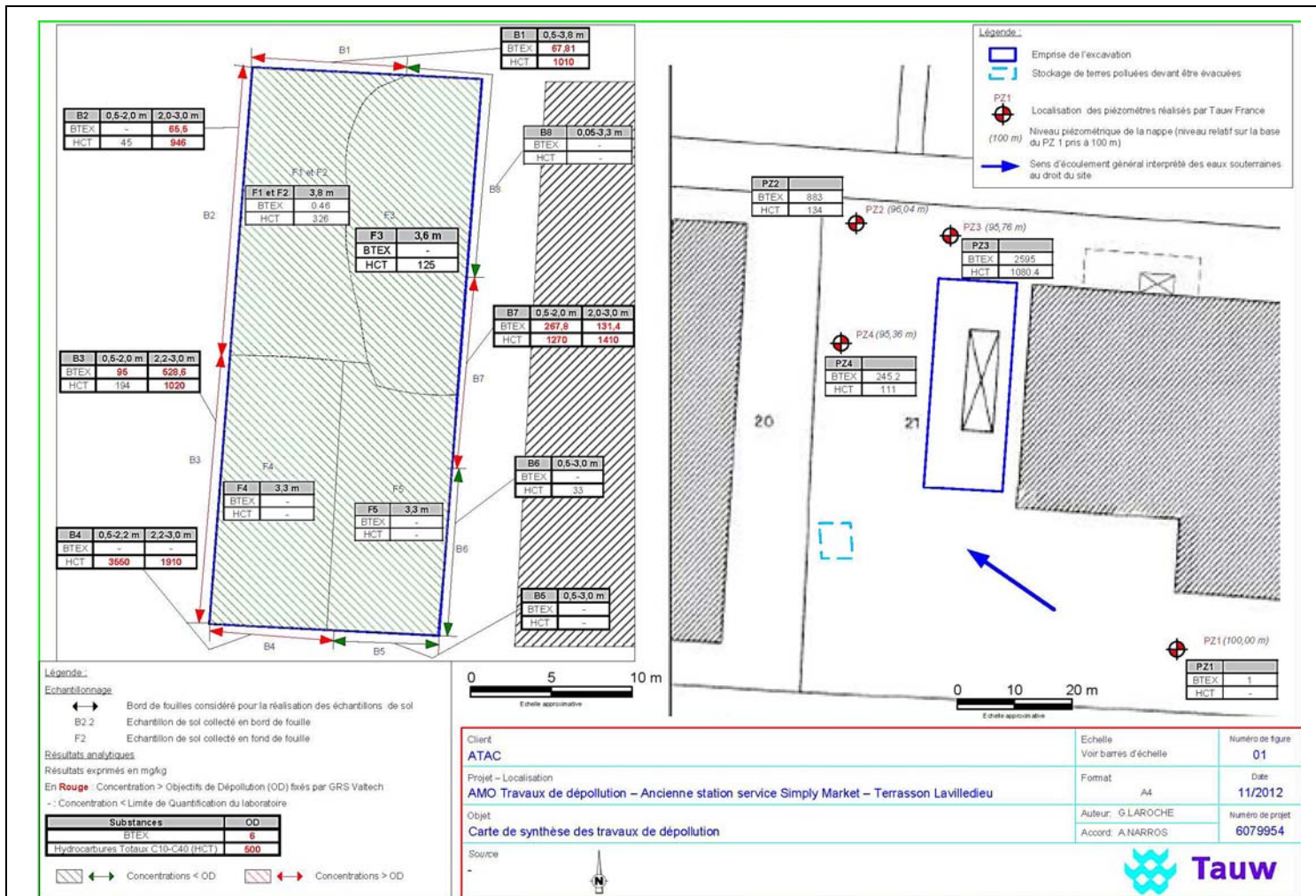


Fig. 3 : Synthèse des travaux de dépollution

La synthèse des analyses fait l'objet de la figure 7.

Tauw France a réalisé une ARR (rapport référencé R-6079954-ARR-V01 du 03 décembre 2012), sur la base des teneurs résiduelles (sol et eau souterraine) mesurées au droit du site et en considérant l'usage futur du site en parking aérien.

Cette ARR conclut que l'état du site (i.e. la qualité des milieux environnementaux au droit du site) est compatible, d'un point de vue sanitaire, avec son usage futur, en dépit de la prise en considération d'hypothèses pénalisantes.

En conséquence, l'intégralité de la fouille a été remblayée avec les 136 m³ de terres saines extraites de la zone d'excavation et stockées temporairement sur le site et 2 204,1 tonnes de matériaux d'apport extérieur. Les matériaux de remblaiement ont été compactés selon les règles de l'art.

Un plan de récolement du géomètre a été réalisé le 17 décembre 2012 à l'issue du remblaiement de la zone d'excavation. L'intégralité de la zone a été recouverte par de l'enrobé. Les enrobés ont été réalisés le 7 janvier 2013 par la société MADIC. L'ensemble des déchets (gravats, enrobé) stockés sur le site ont également été évacués le 7 janvier 2013.

Les objectifs de remédiation proposés étaient les valeurs limites définies par l'arrêté du 28/10/2010 pour les paramètres suivants :

- ◆ Les HCT C10-C40 sur brut : concentration inférieure à 500 mg/kg.
- ◆ Les HAP sur brut : concentration inférieure à 50 mg/kg,
- ◆ Les BTEX sur brut : concentration inférieure à 6 mg/kg

1.3 - Pollutions résiduelles et ARR de fin de travaux

Malgré les travaux, les analyses de flanc et de fond de fouille montraient des concentrations élevées :

- ◆ Flanc de fouille : 3550 mg/kg d'HCT maximum.
- ◆ BTEX en flanc de fouille : 526 mg/kg maximum,

En fond de fouille, la dépollution a été bien meilleure, avec :

- ◆ 326 mg/kg en HCT maximum,
- ◆ 0,46 mg/kg en BTEX maximum.

Quatre piézomètres ont été mis en place sur le site et montraient, en novembre 2012, une nappe fortement impactée.

Concentration, µg/kg	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4
HCT	0	134	1080.4	111
BTEX	1	883	2595	215.2

En fonction de cela, une analyse des risques a été réalisée par la société TAUW, le 3 décembre 2012. Elle se basait sur un aménagement futur du site en parking aérien, recouvert d'une couche d'enrobé.

Elle concluait que les futurs usagers étaient susceptibles d'être exposés par inhalation aux vapeurs (composés volatils) issus des sols profonds migrant dans l'air extérieur du site, mais que l'état du site restait compatible d'un point de vue sanitaire avec son usage futur.

Selon ce rapport et compte tenu des impacts résiduels du site, il conviendra de :

- ◆ Conserver la mémoire de la contamination résiduelle présente au droit du site,
- ◆ De restreindre l'usage futur du site à un usage de parking aérien.
- ◆ L'interdiction de la mise en œuvre de canalisation de distribution d'eau potable au droit du site ou la préconisation de préconisations d'installation.
- ◆ L'interdiction de la création de jardin privatif ou commun, permettant la culture de végétaux ;
- ◆ L'interdiction de l'utilisation des eaux souterraines au droit du site.

Il était également recommandé de :

- ◆ suivre la qualité des eaux souterraines en 3 campagnes successives, espacées de deux mois les unes des autres,
- ◆ d'effectuer un contrôle de la qualité de l'air ambiant dans le bâtiment et de s'assurer de l'absence de risques sanitaires potentiels inacceptables pour les futurs usagers de ce bâtiment.

1.4 - Diagnostic pollution du 6 septembre 2013

Dix mois après, AGE Environnement a réalisé un diagnostic environnemental, couvrant ces deux points, notamment en effectuant :

- un relevé de nappe le 6 septembre 2013,
- des mesures d'atmosphère dans les locaux et de gaz dans des sondages réalisés sous la dalle, le 29 septembre et le 1^{er} octobre 2013.

D'autre part, une étude des sols a été également réalisée.

Ces mesures qui visaient à connaître l'évolution des pollutions résiduelles ont montré :

- la stabilité de concentrations dans les sols non dépollués et l'amélioration nette de la qualité des eaux.

1.4.1 - Résultats du diagnostic de septembre 2013

1.4.1.1 – Analyses de sol et résultats

Le tableau suivant récapitule pour chaque sondage : localisation, profondeurs, observations organoleptiques :

N°	Profondeur prélèvement	Observations organoleptiques			
		Odeurs	Couleur suspecte	Humidité	Matériaux anthropiques
1	0	Faible	Non	Oui	Goudron, couche de roulement en surface Remblais sains de 1,5 à 3,7m (le remblai est un concassé de carrière à forte perméabilité, pas le sol naturel).
2	2,8-4,8 m	Oui	Non	Oui	
3	3,0-4,8 m	Oui	Non	Oui	
4	205-4,5 m	Oui	Non	Oui	
5	3,0-4,5 m	Oui	Non	Oui	
5	3,0-4,5 m	Oui	Non	Oui	

Le tableau ci-après reprend les différents paramètres analysés sur les sols :

Sondages		1	2	3	4	5	6	Tests de lixiviation	Formation naturelle locale	Sol VDSS 2001 mg/kg	
Profondeur, m											
Métaux											
Arsenic	AS		9.4					0.5	15	27	19
Cadmium	Cd		<.40					0.04	0.5	0.7	10
Chrome	Cr		24.1					0.5	50	72	65
Cuivre	Cu		7.7					2	20	40	95
Mercure	Hg		0.4					0.01			3.5
Nickel	Ni		14.5					0.4	20	40	70
Plomb	Pb		12.2					0.5	20	40	200
Zinc	Zn		39.0					4	90	120	4500
Hydrocarbures											
BTEX	BTEX	<0.05		0.37<x<0.57	0.32<x<0.42	1.01<x<1.11	0.07<x<0.27	6			
Somme des HAP	HAP	<0.8		1.92<x<2.37	<0.8	.28<x<1.03	<0.83	50			
Hydrocarbures Totaux (C10 à C40)	HCT	13.5		448.0	<15	87.8	15.1	500	500	500	2500

A défaut de seuil réglementaire, ces résultats sont comparés (les 4 colonnes de droite) aux valeurs habituelles des formations naturelles (fond géochimique naturel, approches techniques) et aux seuils d'acceptation en Centre de Stockage des Déchets inertes. Pour information, la valeur de définition de source de l'ancienne méthodologie "sites et sols pollués" de 2001 a également été rappelée.

Les valeurs présentant une concentration "anormale" selon les critères définis précédemment, sont surlignées en gras dans le tableau ci-dessus, et leur localisation font l'objet de la planche ci-après.

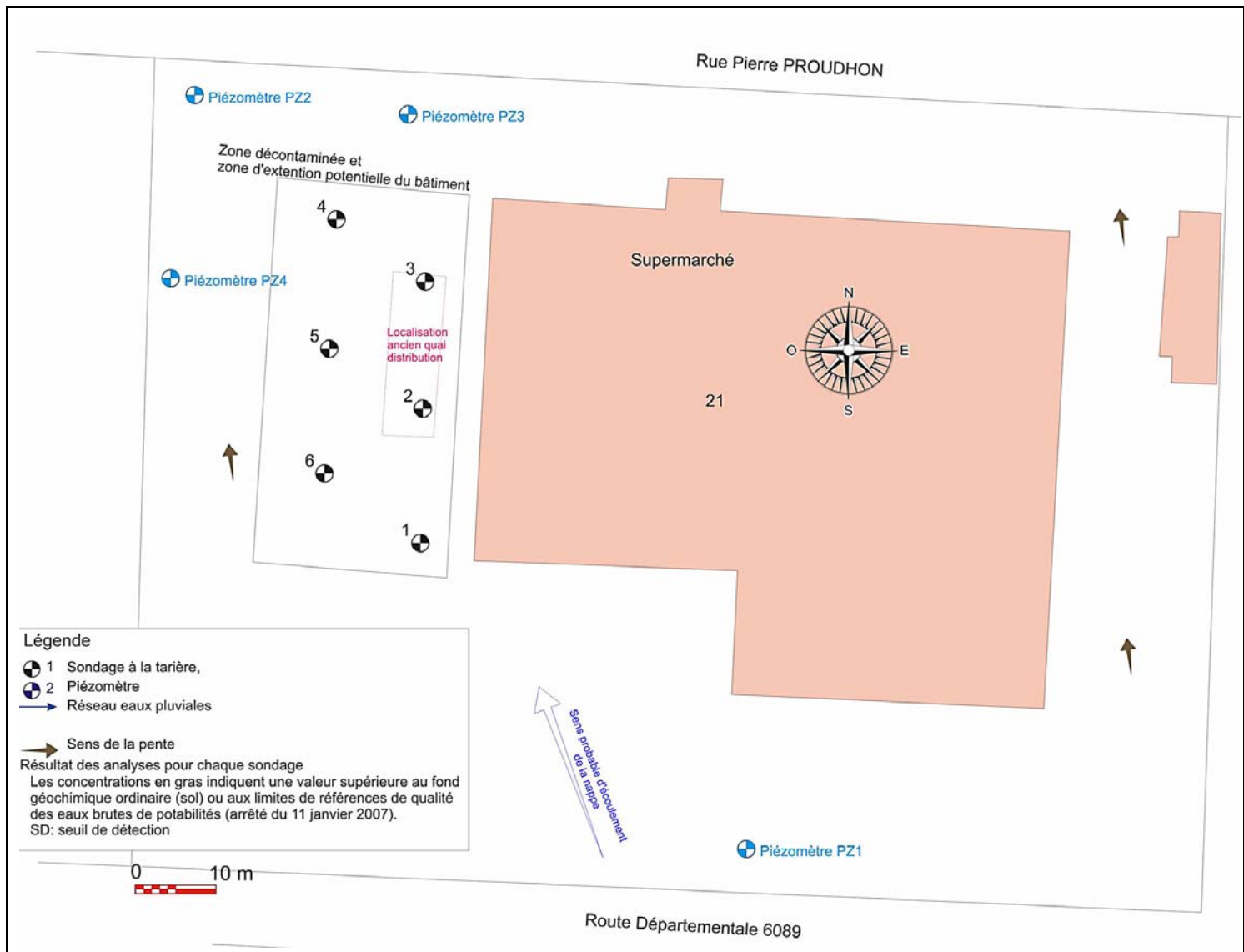
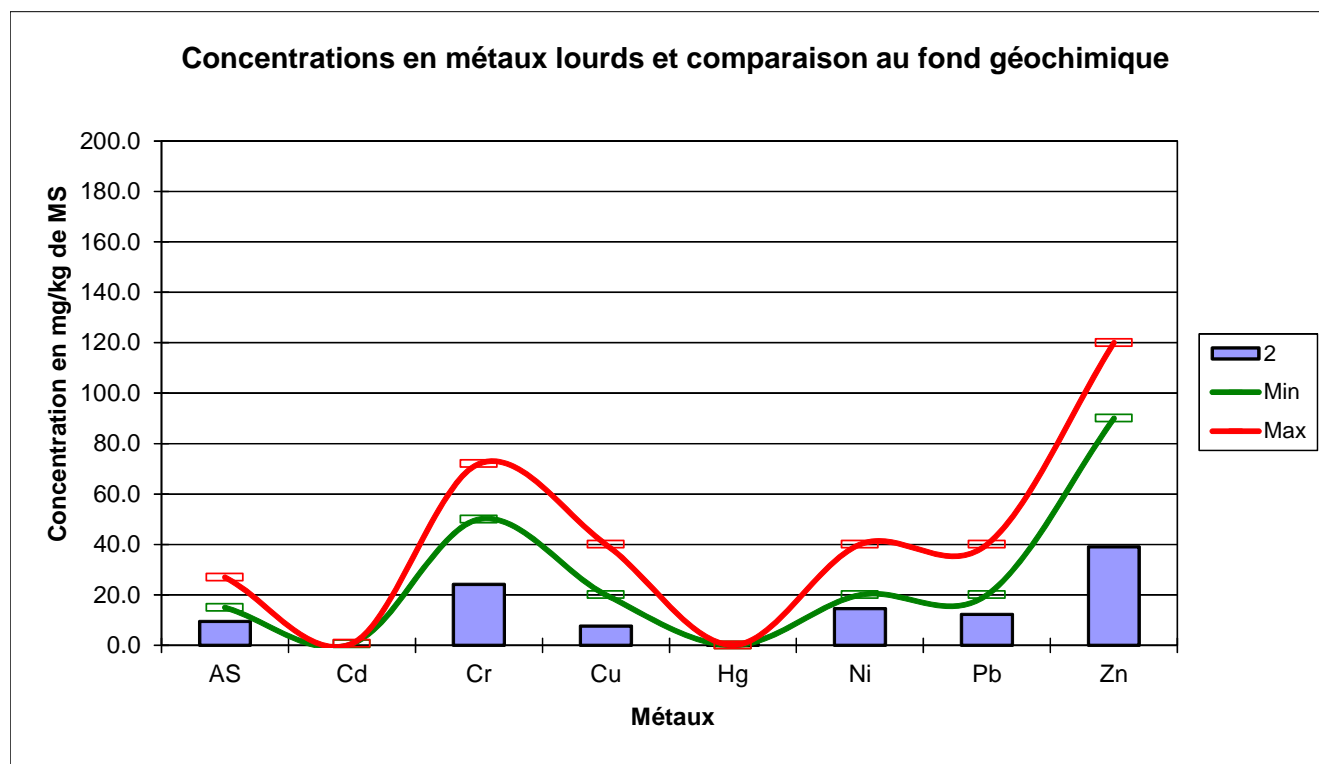


Fig.4 : Campagne de sondages du 6 septembre 2013

A/ Métaux lourds

Le graphique suivant facilite la lecture des résultats :



Les concentrations sont en dessous de la limite inférieure, hormis pour le mercure (0,4 mg/kg : pas de valeurs spécifiques).

Ce léger dépassement est probablement lié aux spécificités géologiques du site et sont éloignés de l'activité de stockage d'hydrocarbures ou de circulation automobile. Les tests sur lixiviations et une analyse sur un terrain non contaminé permettraient d'éclaircir ce point, que nous considérons pouvoir négliger.

Les terres sont compatibles avec tous les usages et ne sont pas contaminées par un apport anthropique de métaux.

B/ Hydrocarbures totaux

Les hydrocarbures ont été analysés sur tous les sondages. Les alluvions argilo-sableuses situées sous le remblai (1,5 à 3,70 m) et au-dessus de la nappe ou à son contact sont faiblement concentrées en hydrocarbures. Seul le sondage n° 3, présente une concentration restant inférieure à l'objectif de dépollution fixé à 500 mg/kg, soit 448 mg/g.

Au contact de la nappe (zone non saturée), ces traces sont bloquées par l'humidité et n'ont pas pu migrer vers la nappe, en dehors de sa zone de marnage et donc progresseront lentement au-delà du site.

C/ HAP

Les HAP restent en faible concentration : 2,37 mg/kg sur le sondage n° 2, inférieures au critère de dépollution retenu (concentration inférieure à 50 mg/kg).

D/ BTEX

Le benzène (C₆H₆) est une substance présente dans des mélanges élaborés dans les raffineries de pétrole. Ces mélanges sont utilisés pour fabriquer les supercarburants des véhicules essence. Le toluène est présent dans les essences, avec le benzène et le xylène pour améliorer l'indice d'octane de l'essence automobile.

Malgré la spécificité du produit polluant (SP95 et 98), les concentrations en BTEX restent faibles (1,1 mg/kg) et inférieures au seuil de dépollution retenu (6 mg/kg).

1.4.1.2 – Analyses des eaux et résultats

Le piézomètre amont (Pz1) et le piézomètre aval (Pz3) ont été analysés après pompage. Ils sont en équilibre avec l'aquifère (crépiné, équipé d'un massif filtrant), fermé pour assurer leur conservation (bouche à clef en fonte ou plastique de type « TOTAL »).

Le tableau suivant présente les résultats. Les valeurs sont exprimées en µg par litre d'eau.

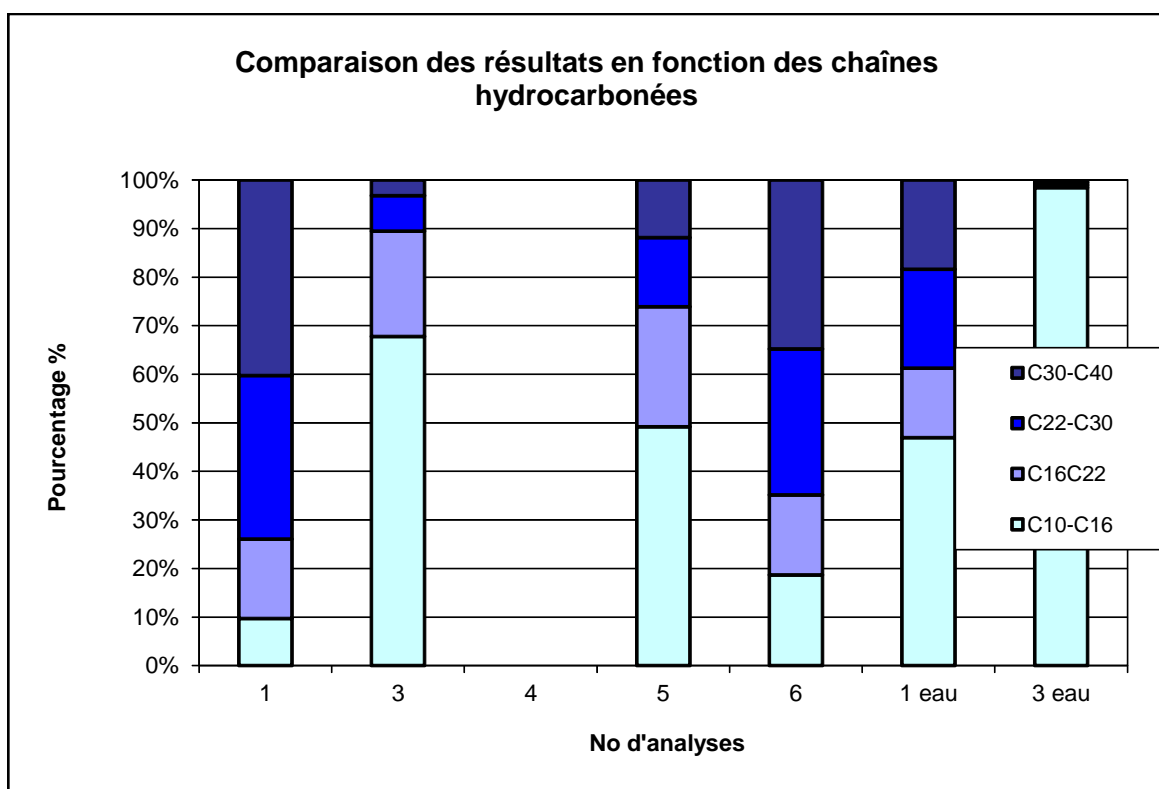
Eaux souterraines - Points de prélèvement	P1	P3	Limite de qualité des eaux (Annexe I), µg/l	Limite de qualité des eaux brutes de toute origine (Annexe II)	Eau VCI 2001 µg/l
Hydrocarbures					
Hydrocarbures C10- C40	49	755		1000	
HAP	<0,16	0.08<x<0.23			
BTEX	<1	332.39	1		

Les valeurs sont élevées en aval du site, en termes de HAP et de BTEX. L'absence de HCP fait donc penser à une pollution aux essences.

1.4.1.3 – Origine des hydrocarbures

Les hydrocarbures ont été analysés sur les prélèvements sous leur forme les plus courantes.

Le % des C10-C16 indiquent la présence de chaînes relativement légères (nombre de carbone faible) caractéristique d'essence, alors que celle plus lourdes (C22-C40) sont caractéristiques des huiles ou de diesels; plutôt que d'essence.



Les chaînes légères (essences) sont majoritaires sur les sondages 2 et Pz3 (eau) ce qui tend à montrer que la pollution est liée à des essences. Par contre, le sondage 6 est plus riche en chaînes lourdes de type gazole en voie de dégradation.

1.4.2 – Comparaison avec les précédentes analyses

Pour les hydrocarbures et BTEX, les analyses de sols sont légèrement supérieures à celles réalisées en novembre 2012. Mais comme les points de prélèvements ne sont pas les mêmes, nous considérerons que ces valeurs restent comparables.

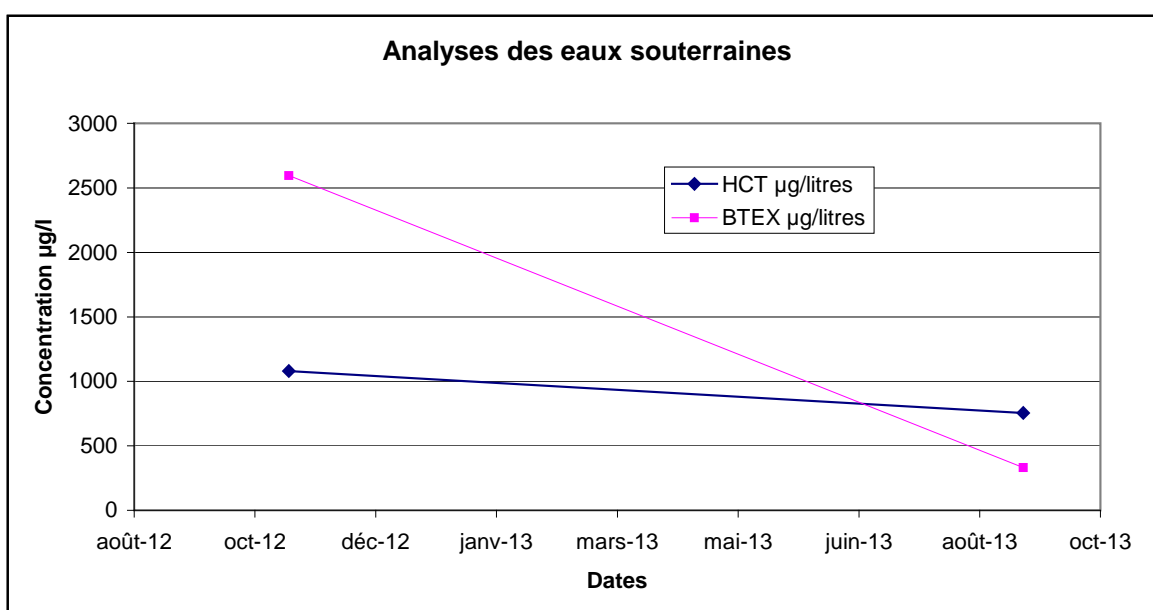
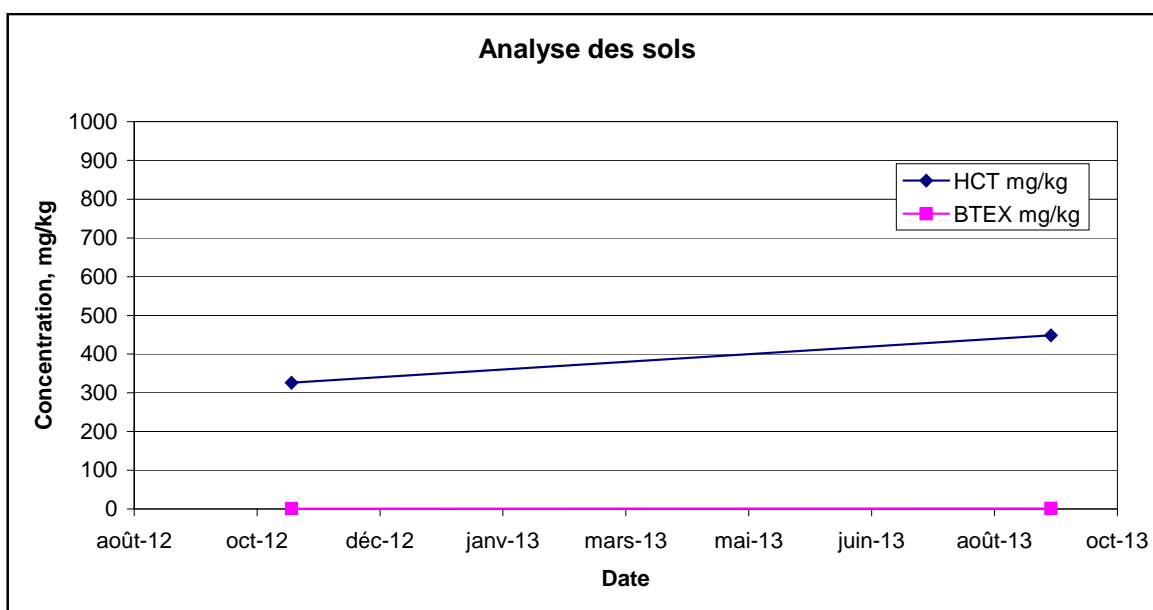
	Travaux de dépollution, fond de fouille	Analyses au 6 septembre 2013	Commentaire
HCT mg/kg	326	448	Stabilité relative (les points sont différents)
BTEX mg/kg	0,46	1,11	Stabilité relative (les points sont différents)

Pour la nappe, le piézomètre 3 présente une nette diminution entre les campagnes.

Les concentrations en BTEX ont été réduites par 8 depuis novembre 2012. Pour ce piézomètre, la diminution des concentrations en HCT diminue de façon marquée (43%) et de façon spectaculaire pour les BTEX.

Analyses eaux souterraines	Mesure novembre 2012	Analyses au 6 septembre 2013	Commentaire
HCT µg/litres	1080,4	755	Baisse marquée (43%)
BTEX µg/litres	2595	332,29	Baisse importante (781%)

Les graphiques suivants illustrent les résultats.



1.4.3 - Analyses des gaz

1.4.3.1 – Mesures du 6 septembre 2013

Les rejets atmosphériques peuvent être :

- ◆ L'évaporation naturelle d'hydrocarbures contenus dans les véhicules et cuves (évents) ;
- ◆ L'émission de CO² et autres gaz d'échappement des véhicules, utilisateurs du site ;
- ◆ L'envol de poussières et particules liés aux moteurs des véhicules fréquentant le site ;
- ◆ le dégazage des sols et de la nappe.

La "rose de direction divergente des vents", fait apparaître deux directions privilégiées, vers l'ouest et vers l'est. Le site, inscrit dans une vallée large est moyennement sensible à ces courants éoliens.

Le sol est revêtu par un enrobé recouvrant la zone dépolluée, un remblai sain de 1,5 à 3,7 m.

Les mesures de gaz en continue à l'aide du photo-ioniseur dynamique Mini RAE 3000 d'AGE Environnement ont été effectuées sur l'ensemble du site (extérieur et sondages).

Sondages	Mesures gaz (PID), PPM
PZ1	0
PZ2	0
PZ3	0
PZ4	0
Sondage 1	1,4 ppm
Sondage 2	Supérieur à 24 ppm (saturation)
Sondage 3	Supérieur à 24 ppm (saturation)
Sondage 4	Supérieur à 24 ppm (saturation)
Sondage 5	Supérieur à 24 ppm (saturation)
Sondage 6	Supérieur à 24 ppm (saturation)

Aucun COHV n'a été détecté à l'extérieur (à 3 cm du sol) où les mesures ont été négatives (0 ppm).

Conclusion :

Aucun COHV n'a été détecté en surface ni dans les 4 piézomètres.

Par contre, les sondages 2 à 6 ont montré de fortes émanations de gaz d'hydrocarbures : en cas d'excavation, les gaz du sol remonteront en surface et il conviendra de s'en isoler.

1.4.3.2 – Mesures dans les locaux et sous la dalle du 29 septembre et du 1 octobre 2013

Les composés organiques volatils (COHV) ont été mesurés, sur deux journées consécutives, en surface et dans les sondages à l'aide d'un PhotoIoniseur Dynamique PID MINI RAE 3000. Les mesures ont été effectuées à l'intérieur des locaux, près des regards d'évacuation, dans des sondages traversant la dalle et même dans un regard d'une conduite pluviale située non loin de la zone dépolluée.

Les mesures ont été effectuées sur les plages de mesures d'une à plusieurs heures. Ces mesures au long cours ont été complétées par des mesures instantanées sur les points de traversée de la dalle du bâtiment.

Les mesures, toutes négatives font l'objet du tableau :

	Terr04	Terr05	Terr07	Terr08	Terr09	Terr10	Terr11	Terr12	Terr13	Terr14	Terr15	Terr16	Terr17
Date	30-sept-13								01-oct-13				
Début	8h53	9h55	10h55	12h53	14h13	15h21	16h45	18h23	20h45	6h20	10h10	11h40	14h10
Fin	9h53	10h55	12h50	14h10	15h20	16h40	18h20	20h42	6h20	10h09	11h25	14h10	15h10
Localisation	Regard pluvial	Regard caisse	Galerie profonde ss dalle (pneumatique)	Regard pluvial	Chambre froide	Couloir	Regard pluvial	Regard pluvial	WC local personnel	Galerie sous dalle	Chambre froide	Magasin Biosmose	Regard pluvial (-1 m)
Moyenne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les mesures instantanées (1 à 3, 6) ont donné les mêmes résultats. Ces points sont portés sur la figure ci-après.

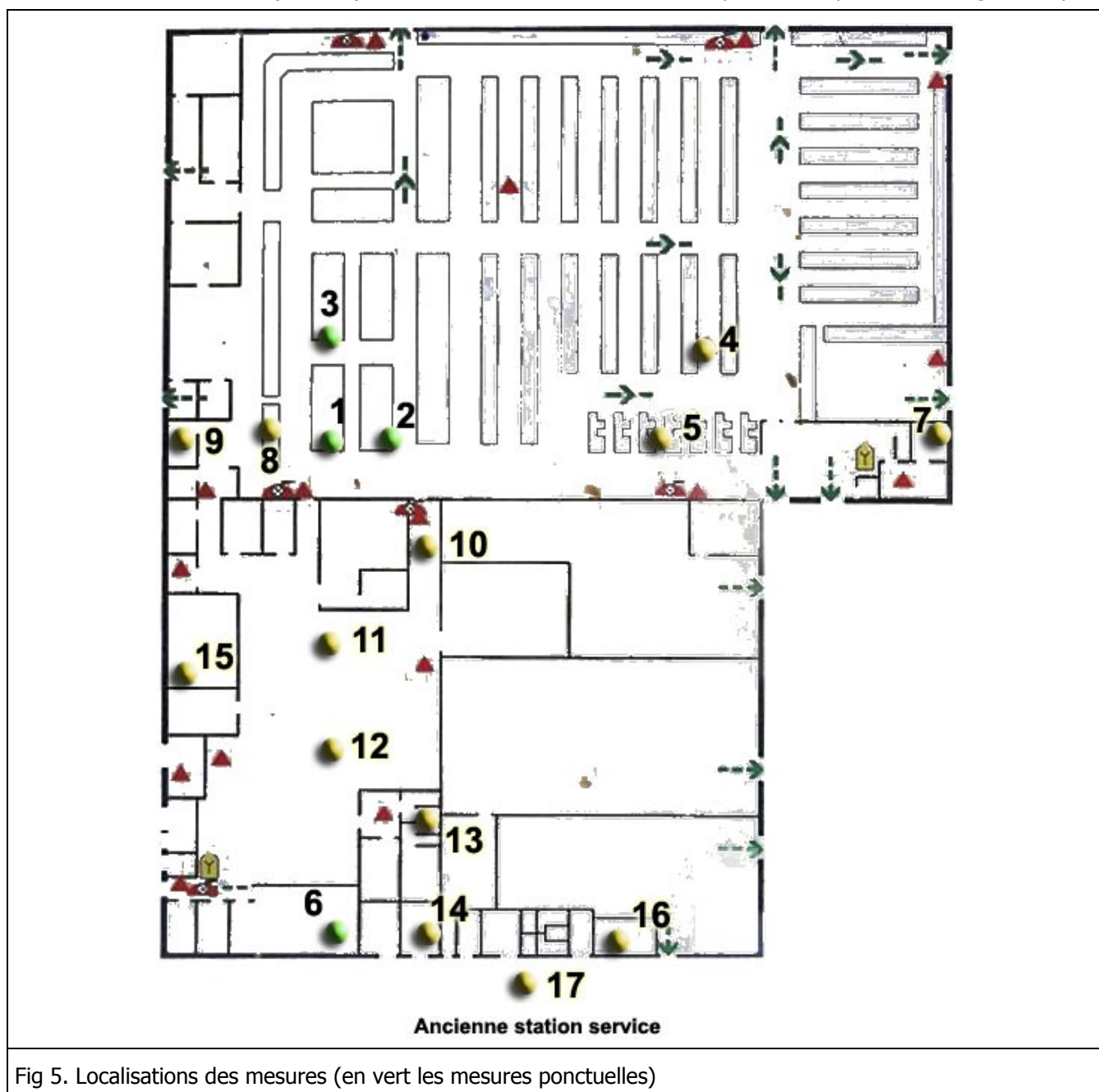


Fig 5. Localisations des mesures (en vert les mesures ponctuelles)

Une valeur, limite d'exposition professionnelle dans les locaux professionnels, a été fixée en France pour le benzène (calculé pour 8 heures, art- R. 231-58 du code du travail) : VME = 1 ppm soit 3,25 mg/m³. Ici les concentrations sont nulles.

Les photos de quelques points sont présentées ici :

	
<p>Regard dans dalle, point 14</p>	<p>Passage pneumatique point 7</p>
	
<p>Mesures ponctuelles 1 à 4 sur passage conduite</p>	<p>Mesure regard extérieur (n°17)</p>
<p>Fig.6 Photos de quelques points analysés</p>	

2 – Schéma conceptuel

Les objectifs du schéma conceptuel sont d'établir un état des lieux du site, principalement au niveau de la zone réhabilitée, et de préciser les relations entre :

- ◆ les concentrations résiduelles,
- ◆ les différents milieux de transfert et leur caractéristique,
- ◆ les enjeux ("cible") à protéger : la population riveraine, les milieux d'exploitation, l'environnement naturel.

2.1 – L'usage futur du site

Depuis l'ARR de TAUW de décembre 2012, l'usage futur du site a évolué d'un usage de parking à un projet de construction d'une extension des locaux commerciaux sur une partie des terres dépolluées.

Le projet sera donc moyennement sensible (ce ne sera pas un logement), de type R+1, sans sous-sol sur une forte dalle béton. La superficie est inconnue, mais occuperait moins de 50% de la zone décontaminée.

La population fréquentant le site, des employés, ne sera pas résidente, mais pourra fréquenter le site durant une longue période de vie, mais sur une période journalière de 8 heures.

2.2 – Les concentrations résiduelles

Les sources de pollutions initialement présentes immédiatement sous le sol, dans la zone de projet ont été éliminées par :

- ◆ excavation et évacuation éliminant une grosse partie de la source secondaire (terres contaminées),
- ◆ circulation et marnage de la nappe alluviale.

2.2.1 – Quelques définitions

Les polluants recherchés ont été les suivants :

Les composés organiques volatils. La famille des composés organiques volatils (COV) regroupe plusieurs milliers de substances telles que les hydrocarbures, les solvants, les diluants,.... Ils sont également émis de façon importante par le transport, les activités industrielles et domestiques comme le stockage de carburant, le dégraissage des métaux, le nettoyage, l'application de peinture, l'imprimerie...

Les hydrocarbures sont des molécules renfermant seulement des atomes de carbone et d'hydrogène. Les hydrocarbures, exception faite du plus léger d'entre eux, le méthane, qui constitue le gaz naturel, se rencontrent essentiellement dans le pétrole, roche liquide qui est un mélange complexe de ces composés. On distingue trois grandes catégories d'hydrocarbures : les hydrocarbures aliphatiques (molécules linéaires ou ramifiées en longues chaînes), les hydrocarbures aromatiques (constitués de cycles benzéniques et homologues supérieurs), les hydrocarbures hétérocycliques (cycles complexes renfermant un nombre différent de carbone).

Les produits comprenant une forte proportion de composés à haut poids sont dits lourds (cas du fuel lourd) alors que les pétroles légers contiennent une forte proportion d'aromatiques.

Les alcanes² existent sous les trois états de la matière, selon leur structure et leur masse molaire. Les alcanes à faible nombre de carbone ($n < 5$) sont gazeux, puis liquides ($15 > n > 5$), et les alcanes lourds ($n > 15$) sont solides. On entre ensuite dans les catégories de la pétrochimie, le classement se fait essentiellement par rapport aux températures d'ébullition (séparation réalisée par distillation dans le tour de distillation de la raffinerie). Nous donnons à titre indicatif le nombre de carbones des alcanes correspondant :

Classe	Nom	Cn (nombre d'élément carbone)
Gaz légers	Gaz naturel	n = 1, 2
Gaz légers	Gaz de bonbonne	n = 3, 4
Essences légères	Ether de pétrole	n = 5, 6
Essences moyennes	Essence	n = 7, 8
Essences lourdes	White spirit	n = 9, 10
Pétroles lampant	Kérosène	n = 11, 12

² molécule linéaires d'hydrocarbure saturés (C_nH_{2n+2}).

Gas-oil	Diesel	12 < n < 18
Lubrifiants légers	Huiles légères	18 < n < 26
Lubrifiants moyens	Vaseline	18 < n < 26
Lubrifiants lourds	Cires et paraffines	26 < n < 38
Résidus liquides sous pression atmosphérique	Mazouts	
Résidus solides sous pression réduite	Asphaltes	

Une analyse de ce type permet de valider la présence de gazole et d'essence/super-carburant, mais aussi d'approcher la nature du produit, ses spécificités et sa toxicité.

Les **Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques** sont une famille de composés regroupant notamment le Benzène, Toluène, Éthylbenzène, Ortho, Métha, Para-Xylènes (BTEX).

Le benzène (C₆H₆) est une substance présente dans des mélanges élaborés dans les raffineries de pétrole. Ces mélanges sont utilisés pour fabriquer les supercarburants des véhicules essence (le gazole pour moteur diesel correspond à des fractions plus lourdes ne contenant pas de benzène).

Le toluène est présent dans les huiles lourdes. Il est aussi utilisé en mélange avec le benzène et le xylène pour améliorer l'indice d'octane de l'essence automobile. Il est utilisé isolément comme solvant dans les peintures, les adhésifs, les encres, les produits pharmaceutiques, ou encore comme additif dans les produits cosmétiques.

Les Xylènes (ortho, méta et para) sont présents partout. On peut les trouver dans l'air, les eaux de pluie, les sols, les eaux de surface, les sédiments, les eaux de boisson... A l'intérieur des locaux, ils sont émis par certains produits tels que les peintures. Dans l'industrie, ils sont utilisés comme solvants. Ils sont ajoutés dans les essences pour améliorer leur indice d'octane.

2.2.2 – Concentrations résiduelles dans les sols

Les analyses des concentrations résiduelles dans les sols proviennent des zones impactées par les gazoles et par les sols et qui ont été excavés puis remblayés. Nous retiendrons les données les plus récentes, soit les sondages de septembre 2013. A noter que ces valeurs sont proches de celles des échantillons provenant du fond des excavations après enlèvement des terres contaminées.

Pour la zone décontaminée de fond de fouille :

Les analyses montrent de très faibles concentrations d'HCT en fond et flanc de fouille avec une concentration maximale de 480 mg/kg sur l'échantillon du sondage n° 3.

Sondage 3 (mg/kg)	Analyses au 6 septembre 2013	C 10-C16	C16-C22	C22-C30	C30-C40
HCT mg/kg	448	303	97,2	32,6	14,4

Pour les BTEX, les valeurs retenues seront les suivantes :

Sondage 5 (mg/kg)	Analyses au 6 septembre 2013	B	T	E	X
HCT mg/kg	1,01<1,11	<0,05	<0,05	0,2	0,81

Pour la somme des HAPs, les valeurs sont également faibles, avec un maximum pour P5 compris entre 1,01 et 1,11 mg/kg.

Pour la zone décontaminée de flanc de fouille :

N'ayant pas d'équivalent, nous retiendrons les valeurs de novembre 2012.

	Unité	LQ	Bords de fouille											
			B1	B2.1	B2.2	B3.1	B3.2	B4.1	B4.2	B5	B6	B7.1	B7.2	B8.1
			(0,5-3,6 m)	(0,5-2,0 m)	(2,0-3,0 m)	(0,5-2,0 m)	(2,2-3,0 m)	(0,5-2,0 m)	(2,0-3,0 m)	(0,5-3,0 m)	(0,5-3,0 m)	(0,5-2,0 m)	(2,0-3,0 m)	(0,05-3,3 m)
Matière sèche	%		76,3	87,3	72,2	72,1	76,3	68,7	69,8	92,9	90,4	74,9	73,8	93,4
BTEX														
Benzène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	4,6	-	-	-	-	2,8	1,4	-
Toluène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	11	110	-	-	-	-	16	-	-
Ethylbenzène	mg/kg MS	0,05	17	-	10	13	80	-	-	-	-	41	30	-
m-, p-Xylène	mg/kg MS	0,05	50	-	48	50	250	-	-	-	-	160	98	-
o-Xylène	mg/kg MS	0,1	0,81	-	7,5	21	84	-	-	-	-	48	2	-
Somme des BTEX	mg/kg MS		67,81	-	65,5	95	520,6	-	-	-	-	267,0	131,4	-
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)														
Naphthalène	mg/kg MS	0,05	13	-	9,3	4,4	18	-	-	-	-	12	3,3	-
Acénaphylène	mg/kg MS	0,05	0,29	-	0,17	0,074	0,33	-	-	-	-	0,25	0,1	-
Acénaphthène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorène	mg/kg MS	0,05	0,46	-	0,35	-	0,34	0,96	0,42	-	-	0,23	0,26	-
Phénanthrène	mg/kg MS	0,05	1,3	-	0,71	0,18	0,58	1,9	1,4	-	-	0,59	0,77	-
Anthracène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluoranthène	mg/kg MS	0,05	0,12	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,087	-
Pyréne	mg/kg MS	0,05	0,12	-	0,087	-	-	-	0,14	-	-	-	0,079	-
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0,05	0,14	-	-	-	-	-	0,14	-	-	0,093	0,065	-
Chrysène	mg/kg MS	0,05	0,090	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des 16 HAP	mg/kg MS		16	-	11	4,7	19	2,9	2,3	-	-	13	5,3	-
Hydrocarbures Totaux (HCT)														
HCT C6-C8	mg/kg MS	1	87	-	120	31	370	5,5	9,2	-	-	96	160	-
HCT C8-C10	mg/kg MS	1	250	-	220	180	760	95	54	-	-	480	380	-
HCT C10-C12	mg/kg MS	4	380	-	350	130	670	610	260	-	-	510	390	-
HCT C12-C16	mg/kg MS	4	300	-	260	39	200	1300	670	-	-	320	450	-
HCT C16-C20	mg/kg MS	2	220	6	190	17	85	990	560	2	3	250	340	6
HCT C20-C24	mg/kg MS	2	120	7	110	7	47	550	330	3	6	160	190	9
HCT C24-C28	mg/kg MS	2	20	9	19	-	12	90	60	4	8	29	35	4
HCT C28-C32	mg/kg MS	2	3,7	10,5	7,4	-	3	16,4	5,7	-	7,2	3,3	7,7	-
HCT C32-C36	mg/kg MS	2	-	7	4	-	3	4	-	-	4	-	-	-
HCT C36-C40	mg/kg MS	2	-	5	3	-	-	-	-	-	3	-	-	-
HCT C10-C40 (somme)	mg/kg MS	20	1010	45	946	194	1020	3550	1910	-	33	1270	1410	-
HCT C6-C40 (somme)	mg/kg MS	22	1347	45	1286	405	2150	3650,5	1973,2	-	33	1846	1950	-

Fig. 7 Résultat analytique de flanc de fouille, novembre 2012

Il convient de noter que la zone restant à dépolluer et concernée par ces analyses serait d'extension limitée³.

2.2.3 – Concentrations résiduelles dans les eaux souterraines

La qualité des eaux souterraines est définie par l'arrêté du 11 janvier 2007. A défaut de seuils réglementaires, c'est cet arrêté qui sera utilisé.

En cas de défaut de limite de qualité des eaux, l'article R1321-2, nous dit que "les eaux destinées à la consommation humaine ne doivent pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes, être conformes aux limites de qualité, portant sur des paramètres micro biologiques et chimiques, définies par arrêté du ministre chargé de la santé", ce qui peut impliquer dans certain cas, une étude des risques sanitaires

³ Rapport TAuw, dossier de servitude, page 11 : « Les prélèvements réalisés en bords et fonds de fouille ont montré la présence d'impacts résiduels dans les sols. Les prélèvements de sol réalisés au droit des piézomètres implantés en bordure du site suggèrent une extension de l'impact des sols relativement limitée ».

La campagne de nappe du 6 septembre 2013 a révélé des concentrations divisées par 8 depuis le chantier de dépollution. C'est celles qui seront retenues pour les calculs.

	Unité	P1 (06/09/2013)	P7 (06/09/2013)
Indice hydrocarbure	mg/l	0,049	0,755
Hydrocarbures > C10-C16	mg/l	0,023	0,24
Hydrocarbures > C16-C22	mg/l	<0.08	<0,008
Hydrocarbures > C22-C30	mg/l	0,01	<0,008
Hydrocarbures > C30-C40	mg/l	0,09	<0,008
BTEX			
Paramètre	Unité		
Benzène	µg/l	<0,50	7,69
Toluène	µg/l	<1,00	<1
Ethylbenzène	µg/l	<1,00	234
o-Xylène	µg/l	<1,00	1,8
m-, p-Xylène	µg/l	<1,00	88,9
Somme des HAP	µg/l	<1,00	0,08 < x < 0,23

Les concentrations dépassant les limites de qualité sont en gras et surbrillées en bleu. Les valeurs restent élevées en BTEX, mais 8 fois inférieures à celle de novembre 2012, alors que celles en HCT diminuent de près de la moitié.

2.2.3 – Les gaz du sol

Les concentrations en COV sont mesurées dans les sondages à l'aide d'un PhotoIoniseur dynamique Mini RAE 3000 après 1h d'arrêt du dispositif d'aspiration.

Sondages	Mesures gaz (PID), PPM
PZ1	0
PZ2	0
PZ3	0
PZ4	0
Sondage 1	1,4 ppm
Sondage 2	Supérieur à 24 ppm (saturation)
Sondage 3	Supérieur à 24 ppm (saturation)
Sondage 4	Supérieur à 24 ppm (saturation)
Sondage 5	Supérieur à 24 ppm (saturation)
Sondage 6	Supérieur à 24 ppm (saturation)

Aucun COHV n'a été détecté en surface ni dans les 4 piézomètres.

A noter que lors de la campagne de mesure du 29/09 au 1/10/2013, aucun gaz n'a été identifié, dans les locaux et sous la dalle du supermarché (regards, tranchées du pneumatique et divers).

2.3 – Voies potentielles de migration des polluants dans les milieux ou vecteurs

Trois milieux sont susceptibles de propager le polluant résiduaire.

- ◆ Le sol, mais son revêtement empêchera tout contact, avec la population qui fréquentera le site et évitera tout envol de poussière,
- ◆ La nappe des alluvions : de façon directe, les écoulements souterrains se font dans les sables et galets sous un horizon d'argile limoneuse, isolant la nappe de la surface. L'ensemble reste relativement perméable et donc sensible aux fluides de surface,
- ◆ Le réseau pluvial, qui est indirectement relié au site.

Le principal vecteur est constitué par l'eau de la nappe vers l'extérieur du site.

Les autres voies de transfert sont les suivantes :

- ◆ L'inhalation de ces substances après dégazage depuis la nappe vers l'intérieur des locaux ou du parking;
- ◆ La consommation de végétaux des jardins arrosés avec les eaux de la nappe ;
- ◆ La consommation de végétaux ayant poussés au droit de la zone réhabilitée ;
- ◆ L'ingestion de poussières des terres ou l'ingestion directe de terre (dans le cas des nourrissons).

2.4 - Description des milieux

Un site ou un milieu pollué présentera un risque, seulement si les trois éléments suivants sont présents :

1/ Une source de polluants mobilisables,

2/ Des voies de transfert : il s'agit des différents milieux vus précédemment (sols, eaux superficielles et souterraines, cultures destinées à la consommation humaine ou animale) qui, au contact de la source de pollution, sont devenus à leur tour des éléments pollués et donc des sources de pollution. Dans certains cas, ces milieux ont pu propager la pollution sans pour autant rester pollués.

3/ La présence de populations, de ressources et/ou d'espaces naturels à protéger, susceptibles d'être atteints par les pollutions. L'usage futur entre bien sûr en ligne de compte.

Si cette combinaison n'est pas réalisée, la pollution ne présente pas de risque à condition que sa présence soit identifiée et conservée dans les mémoires.

La liste des polluants connus ayant été employés sur le site au cours de son histoire est limitée :

- ◆ **le gas-oil et l'essence** sont considérés comme pouvant porter de graves atteintes à l'environnement.

Dans le cadre de ce diagnostic, un schéma conceptuel simplifié permettant de définir le triptyque « source/transfert/enjeux » est présenté en page suivante.

Le milieu est moyennement sensible aux pollutions, les voies de transfert comme les écoulements pluviaux ou la consommation d'eau de nappe, peuvent affecter l'homme. Les traces de contamination sont, en l'état confinées sous le sol et une couche de goudron, empêchant tout contact avec les usagers du site.

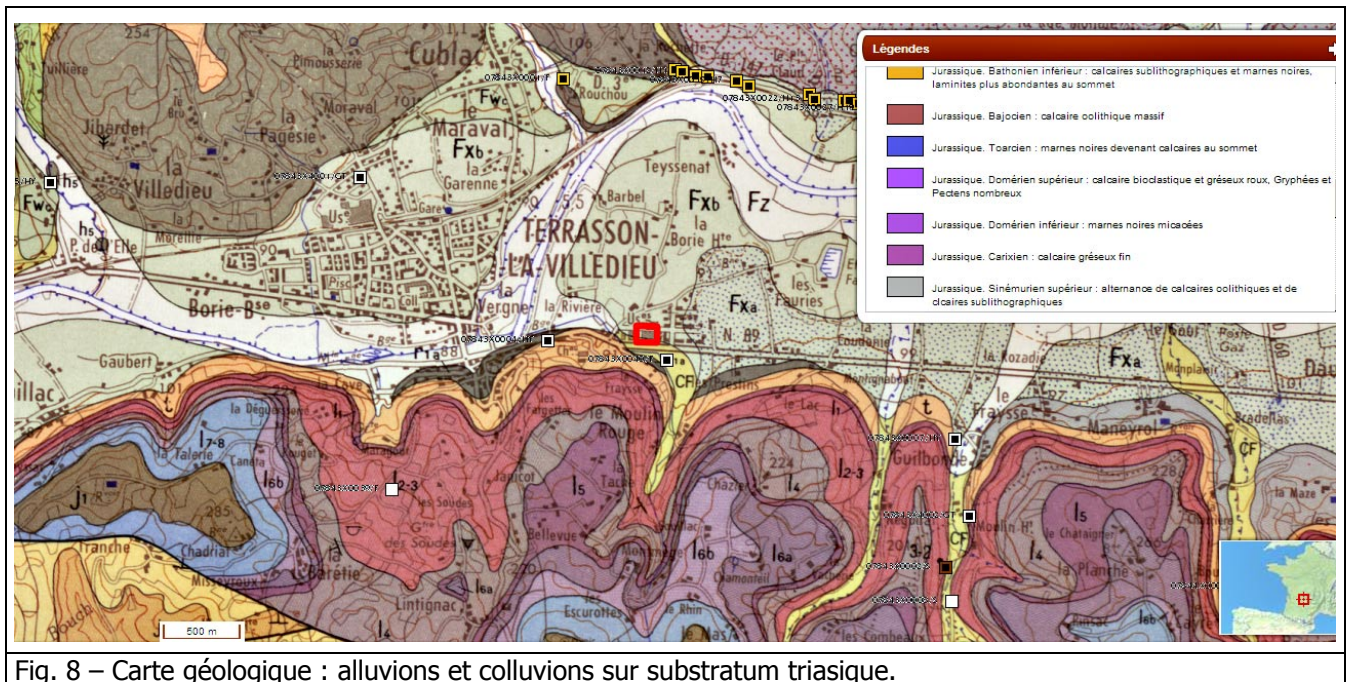
On a vu que les vecteurs de propagation sont trois milieux différents.

2.4.1 - Le sol

Le terrain est bâti sur les alluvions de la Vézère et des colluvions arrachées au versant marno-calcaire du jurassique inférieur, recouvrant le substratum marno-calcaire ou gréseux du trias.

Les alluvions dépassent les 7 à 8 mètres sous le dépôt. Ce sont des terrasses anciennes, aux matériaux dégradés par l'érosion et lessivés, de ce fait ces matériaux sont peu perméables et susceptibles de servir des voie de transfert rapides à une contamination.

Les 6 sondages réalisés par AGE Environnement ont rencontré des formations identiques et sont décrits sur les coupes en annexe.



On retrouve des traces hydrocarbures dans le sol, sous une couche de remblais sain dans des valeurs inférieures à celles définies pour la dépollution. Sur les bords de la zone extraites, les concentrations sont élevées, mais cette zones semble limitées.

Ces terrains ne sont pas accessibles à partir de la surface, et restent confinés sous le sol. Le sol est relativement perméable et favorise la dégradation des fuels.

Le problème le plus important est le dégagement de gaz d'hydrocarbures à partir de la nappe. Le terrain au-dessus sera utilisé en parking, ce qui, sous un revêtement étanche, ne présentera pas de dangers. Pour un local à usage de commerce, des précautions de bon sens devraient permettre de s'affranchir de ces dangers potentiels.

En cas de travaux profonds (excavation), les sols pourraient être mis en contact avec l'extérieur :

- ◆ contact direct avec les sols,
- ◆ inhalation de poussières et de produits contenus dans les sols.

Du fait de la présence de gaz du sous-sol, il y aura donc des précautions à communiquer aux entreprises intervenantes.

2.4.2 – L'aquifère

La formation argilo-sableuse contient une petite nappe pouvant donner des sources de faibles débits et souvent non pérennes au niveau des ruptures de pentes et des vallons.

Au niveau du versant et des talus dominant la vallée, se trouvent quelques sources, exutoires de l'aquifère.

L'écoulement se fait vers le nord en direction de la Vézère, soutenu par les apports de versants, relativement abondant au niveau du site (vallon important et vallée sèche).

Cette nappe est limitée au mur (à la base) par les sables argileux compactés ou des couches plus argileuses, à environ 8 m sous le sol.

La nappe est située entre 3 et 4 m sous le sol, ce qui du fait de la zone non saturée bloque l'évolution d'une pollution vers le sous-sol, du moins dans la zone de marnage de l'aquifère.

Les mesures dans les piézomètres ont été réalisées le 6 septembre 2013.

	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4
Gaz (PPM)	0	0	0	0
Profondeur en eau en m/TN	4,18	3,35	3,15	3,84
Conductivité	609	765	574	836

Il existe des captages souterrains situés sur la commune, mais aucun n'est utilisé pour l'alimentation en eau potable.

Selon la banque de données du sous-sol (BRGM), les ouvrages situés à proximité sont :

N° BSSS	Lambert II étendu		Altitude en m NGF	Profondeur eau, m	Profondeur ouvrage, m	Usage
	coordonnée X	coordonnée Y				
07843X00040/F	519970 m	2014640 m	95 m	?	23,1	Sondage géothermique
07843X0004/HY	519199 m	2014761 m	100 m	0 m		Station de pompage ruisseau la Vézère (AEP)
07843X0007/HY	521829 m	2014150 m	102 m	affleurement		Affleurement nappe
07843X0039/F	518200 m	2013790 m	200 m	18 m	23,1	Sondage géothermique

Le captage d'eau en Vézère est situé en amont du point de rejet du réseau pluvial de la ZA du Coustal et n'est en rien menacé sur le site.

Aucun ouvrage souterrain destiné à l'alimentation en eau potable d'une collectivité n'est référencé dans le secteur.

L'aquifère à nappe libre circule vers le nord et pourrait être une voie de transfert pour une éventuelle pollution. Les vitesses d'écoulement de l'aquifère sont faibles (peu de puissance, gradient faible), il n'y a pas eu de transfert remarquable vers l'aval, une zone d'activité (pas d'habitation).

Les piézomètres avals sont contaminés.

Aucun puits situé à l'aval immédiat ne peut être en contact avec le produit.

Le risque de contamination pour l'homme peut être lié à l'ingestion directe des eaux de la nappe ou à la consommation de végétaux irrigués par des eaux souterraines.

Les nappes profondes ne sont en rien menacées (substratum rocheux imperméable).

Le devenir du site est la continuité d'une activité commerciale.

2.4.3 - Le cours d'eau

Le réseau pluvial enterré de la zone industrielle du Coustal dessert le dépôt.

Les eaux pluviales étaient drainées vers un séparateur à hydrocarbures.

Le réseau hydrographique récepteur est constitué du réseau pluvial de la ZA du Coustal, qui rejoint un fossé et la Vézère à près de 600 m à l'ouest.

La masse d'eau est la n° FRFR904, « la Vézère », du confluent de la Corrèze au confluent de l'Elle.

Les valeurs de débit moyen et de débit d'étiage à la station de la Vézère à Larche sont issues des données de la DIREN Midi-Pyrénées.

Ces débits caractéristiques sont les suivants (synthèse des années 1964 à 2004) :

- ◆ débit moyen (module) : 49,30 m³/s ; soit un débit spécifique de 10,9 l/s/km²,
- ◆ débit d'étiage moyen mensuel quinquennal sec (QMNA5) : 6,4 m³/s.

Ils sont à même de diluer tous les apports diffus d'hydrocarbures lors de la période d'activité du site.

Les rejets devront donc respecter les contraintes de qualité du milieu récepteur.

L'état de la masse d'eau est "Bon état" pour 2021.

Pour comprendre cette terminologie, on se reportera aux termes de l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R.212-11 et R.212-18 du code de l'environnement.

Les paramètres physico-chimiques à respecter seront calqués sur le seuil "bon état":

PARAMETRE	Seuils « bon état »
Oxygène dissous	6 mg/l O ₂
Taux de saturation oxygène (9 mg/l O ₂ à saturation, 20 °C)	70%
DBO ₅	6 mg/l O ₂
COD	7 mg/l
PO ₄	0,5 mg/l
Ptotal	0,2 mg/l
NH ₄	0,5 mg/l
NO ₂	0,3 mg/l
NO ₃	50 mg/l
T°C	21,5°C / 25°C
pH max	6
pH min	9

L'abattement de pollution du séparateur devait être, compatible avec les objectifs de qualité du cours d'eau récepteur.

Sous réserve d'un bon entretien de celui-ci, le milieu hydraulique n'a peut-être dégradé par l'activité courante sur le site. Pour tout projet d'aménagement, la protection réside donc dans la collecte de tout écoulement et la gestion du séparateur à hydrocarbures.

Selon l'arrêté du 22 décembre 2008 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 1432 (Stockage en réservoirs manufacturés de liquides inflammables), celles-ci doivent être conçues de manière à limiter les émissions polluantes dans l'environnement. Les rejets d'eau doivent être compatibles avec l'objectif de qualité et la qualité piscicole du milieu récepteur.

Pour tout appareil de protection, les valeurs maximales demandées par cet arrêté sont :

<i>Séparateur</i>	<i>Seuil maximum fixé par l'arrêté</i>
pH (NFT 90-008)	5,5-8,5
Matières en suspension (NFT 90 105)	100 mg/l
DCO (NFT 90 101)	300 mg/l
DBO ₅ (NFT 90 103)	100 mg/l
Hydrocarbures totaux (NFT 90-114)	5 : 10 mg/l si le flux est supérieur à 100 g/j

Ces valeurs sont données avant dilution par les divers cours d'eau empruntés.

Le pluvial du site se jette dans la Vézère, qui a peut être reçu des hydrocarbures très diffus (station-service) de façon diffuse et limitée. De ce fait, les éventuelles arrivées ont été instantanément diluées ou se confondent avec les autres apports d'hydrocarbures du milieu urbain.

Le risque par contact direct est nul car aucune zone de baignade n'est aménagée aux alentours du site (sur la Vézère à l'aval immédiat de Terrasson). Le risque est l'ingestion par l'homme de poissons, d'eau de boisson (captage en rivière), de végétaux irrigués par ces eaux (par de cultures irriguées en aval immédiat du dépôt). Il existe aussi un risque de pollution des sols des rives par infiltration.

Le site n'est pas inondable.

2.5 – Les cibles ou enjeux

L'usage futur du site est un usage de commerce (extension des locaux du supermarché à la zone dépolluée).

Les cibles seront donc constituées par les futurs usagers (employés, clients de tout âge) et leur environnement. Plus largement, tout l'écosystème local est une cible potentielle : zone agricole situé sur l'axe d'écoulement de la nappe.

Les terrains en aval du dépôt sont d'autres locaux commerciaux, des friches et champs.

Nous n'avons pas recensés de puits et ouvrages en relation avec les eaux souterraines. La Vézère est relativement éloignés du dépôt.

Aucun captage d'eau destinée à la consommation humaine n'existait en aval du dépôt au moment de la réalisation de ce rapport.

2.6 – Le schéma conceptuel

Le schéma conceptuel récapitule tous les éléments décrits dans les paragraphes précédents et permet d'appréhender l'état des pollutions des milieux et les modes de contamination potentiels au regard des activités et des usages qui existent sur le site étudié et dans son environnement

Le schéma conceptuel suivant permet de définir le triptyque « source/transfert/ Enjeux (cible) » est présenté en page suivante.

Ancienne Station service Simply-Market

Terrasson-Lavilledieu

Figure 9 - Schéma conceptuel

Sources possible (Hydrocarbures) :

1) terre souillée en périphérie de la zone dépolluée

Transfert de pollution :

- 1) Percolation vers la nappe,
- 2) dégazage vers la surface,

Milieu Air

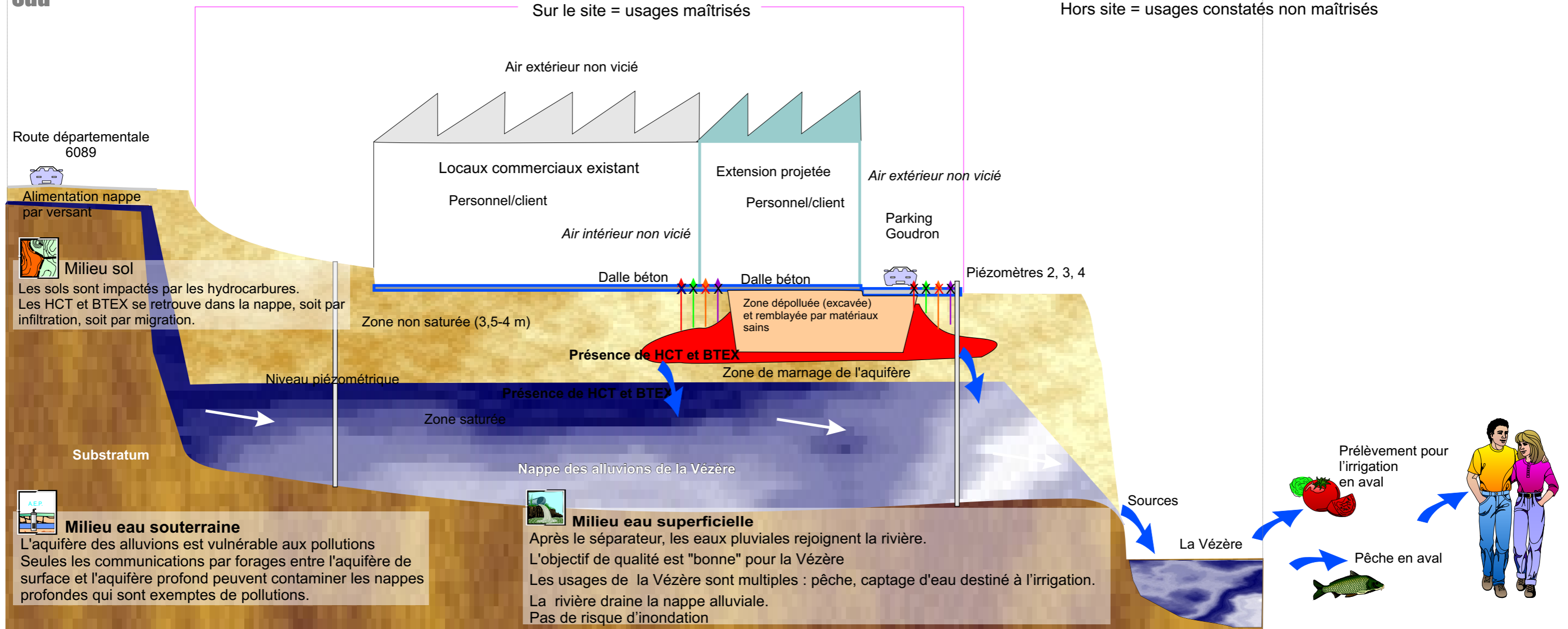
Depuis l'arrêt de l'activité sur le site, il n'y a pas d'émissions gazeuses sur le site. Risque de dégazage de la pollution de la nappe vers l'atmosphère. Mesures de gaz dans les locaux négatives.

La "rose de direction divergente des vents", fait apparaître deux directions privilégiées, vers l'ouest et vers l'est.

A l'extérieur, les vents sont fréquents et sont à même de disperser les rares émanations.

Sud

Nord



Source possible	Voies de transfert	Enjeux identifiés
Milieux impactés - Sol résiduels après travaux - Eaux souterraines Polluants indentifiés - HAP - BTEX -HCT	Transfert vers le milieu eau - Percolation/lixiviation vers les eaux souterraines - transfert par l'aquifère vers la Vézère via sources diffuses Transfert vers la surface ↑ - volatilisation/diffusion/inhalation ↑ - Ingestion accidentelle de sol ↑ - Contact cutané ↑ - Envol Inhalation de poussière	Confinement empêchant le transfert - Dalle béton, goudron - Substratum étanche (mur de la nappe) Pertinence du risque X - Non pertinent par confinement du fait du revêtement du sol (dalle/goudron) et/ou du remblaiement par des matériaux sains X - Pertinent mais du fait du confinement, absence de risques sanitaires inacceptables
		Usagers futurs du site : - Personnel - Clients de tout âge

3 – Analyse des risques résiduels (ARR)

3.1 – Périmètre de l'étude

L'analyse des risques résiduels va permettre d'établir l'adéquation ou la non adéquation entre les concentrations présentes dans les eaux de la nappe et dans les terres des parements de la zone dépolluée avec un usage de commerce du site. Cet usage relativement sensible implique l'exposition de population sensible pouvant être occasionnellement des enfants de passage (clients), mais aussi du personnel présent sur site.

3.2 – Objectif de l'analyse des risques résiduels

Les objectifs de cette ARR sont de calculer :

- Les risques pour les effets sans seuil ou cancérigène

$$ERI = D_{\text{sans seuil}} \times VTR_{\text{sans seuil}}$$

Avec :

- ERI : Excès de Risque Individuel (soit la probabilité d'apparition d'un cancer sur une vie entière)
- $D_{\text{sans seuil}}$: Dose d'exposition moyennée sur la vie entière avec les effets sans seuils,
- $VTR_{\text{sans seuil}}$: Valeur Toxique de Référence sans seuil
- Les risques pour les effets avec seuil

$$IR \text{ ou } Q_D = D_{\text{avec seuil}} \times VTR_{\text{avec seuil}}$$

- IR : Indice de Risque ou Quotient de danger
- Qd : quotient de danger,
- $D_{\text{avec seuil}}$: Dose d'exposition moyennée sur la vie entière avec les effets à seuils,
- $VTR_{\text{avec seuil}}$: Valeur Toxique de Référence avec seuil

L'annexe 1 et 2 détaillent les formules utilisées dans les calculs.

La circulaire MEEDDAT du 08/02/2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués demande de retenir uniquement les critères d'acceptabilité des niveaux de risque calculés au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé :

- ◆ Pour les **effets à seuil**, l'indice de risque **IR** doit être inférieur à 1 ;
- ◆ Pour les **effets sans seuil**, l'excès de risque individuel **ERI** doit être inférieur à 10^{-5} .

Concernant l'additivité des risques liés aux différentes substances et/ou aux différentes voies d'exposition, les instances sanitaires nationales recommandent :

- ◆ Pour les **effets à seuil**, l'addition des **IR** uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- ◆ Pour les **effets sans seuil**, l'addition de tous les excès de risque de cancer.

La valeur calculée est réalisée en confrontant la valeur d'exposition mesurée in situ aux VTR (valeurs toxicologiques de références) et ce pour chaque voie d'exposition.

La confrontation des coefficients de risques aux VTR constituent la dernière étape de la démarche.

Si l'indice de risque "RI" est inférieure à 1 ou si l'excès de risque individuel est inférieur à 10^{-5} (1 cas pour 100 000) le risque est réputé tolérable.

Dans le cas contraire, il convient de mettre en place des mesures de sauvegardes, soit en limitant l'usage futur, soit en abaissant les niveaux d'exposition.

3.3 - Scénarii étudiés

Compte tenu de la reconversion du site en un projet similaire (bureau, activité artisanale ou commerciale), les scénarii d'usages retenus correspondent aux résidents les plus vulnérables (les enfants et ensuite les adultes) potentiellement exposés à une pollution résiduelle :

- ◆ Par inhalation de vapeurs provenant du dégazage de la nappe vers l'intérieur des locaux;
- ◆ Par ingestion de végétaux des jardins arrosés avec les eaux de la nappe;
- ◆ Par ingestion de végétaux ayant poussés au droit de la zone réhabilitée (non pertinent, car le projet ne prévoit aucun jardin);
- ◆ Par ingestion de poussières de terres ou par ingestion directe des terres (dans le cas des nourrissons), mais là aussi, pour une fréquentation par les employés ou clients. Du fait du confinement par dalle béton, ce risque est quasi nul.

3.4 – Sélection des substances à étudier

Compte tenu du nombre important de substances détectées dans les eaux et les sols, une sélection des substances à prendre en compte a été réalisée.

Cette sélection est basée sur les critères suivants :

- ◆ Présence et concentration de la substance dans les sources,
- ◆ Degré et type de toxicité (substance cancérigène ou non),
- ◆ Relation dose-effet de la substance (valeur toxicologique de référence) :
 - Pour les substances non cancérigènes, plus la RfC⁴ ou la RfD est faible et plus la substance est toxique, ou plus la concentration à partir de laquelle des effets se font sentir est faible.
 - Pour les substances cancérigènes, plus l'ERU⁵ est élevée, plus la probabilité de développer un cancer est importante,
 - Par défaut, une substance dont on ne dispose pas de valeur n'est pas sélectionnée.

Comportement de la substance dans l'environnement en fonction des propriétés physico-chimiques et des voies de transfert et d'exposition sélectionnées : substances volatiles pour l'inhalation, substances solutions pour les voies liées aux usages de l'eau.

⁴ RfD = dose de référence; RfC = concentration de références

⁵ ERU, ERU_o = excès de risque unitaire par inhalation/par voie orale

Les critères spécifiques de sélection des substances par les voies d'exposition liées au dégazage sont :

- ◆ Valeur toxicologiques de références pour l'inhalation (forte valeur des ERU_i pour les substances cancérigènes et faibles valeurs de Rfc pour les substances non cancérigènes),
- ◆ Le potentiel de volatilisation, traduit par de fortes valeurs de pression de vapeur et de constante de Henry,
- ◆ La présence et la concentration de la substance.

Pour les HAP et COV pour une voie d'exposition par inhalation, il n'a pas été choisi de ne retenir que ceux possédant de VTR et ayant été analysés.

Les hydrocarbures contenant plus de 16 carbones n'ont pas été retenus pour le dégazage car il n'existe pas de VTP pour l'inhalation.

Le choix des concentrations prises en compte pour les coupes de HCT a été effectuée en tenant compte de la répartition des coupes obtenues par analyses entre (C10 et C40) et du pourcentage théorique entre aliphatiques et aromatiques du fuel domestique (FOD). Ces pourcentages théoriques sont :

Aliphatiques	Diesel dégradé %
C5-C6	0,1
C6-C8	0,1
C8-C10	1
C10-C12	6
C12-C16	30
C16-C21	37
C21-C35	0
Total aliphatiques	73
Aromatiques	Diesel dégradé %
<C8	0
C8-C10	0,1
C10-C12	0,6
C12-C16	3,2
C16-C21	18,8
C21-C34	3,7
Total aliphatiques	27
Total HCT	100%

Dans les analyses des piézomètres, on rencontre peu de HCT, avec des pourcentages élevés en C10-C12 et des composés légers comme les BTEX. La proportion des légers plus élevée indique une pollution majoritairement aux essences.

3.5 – Choix des valeurs toxicologiques de référence

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (**VTR**) sont des indices permettant d'établir une relation entre une exposition à une substance chimique et un effet sanitaire chez l'homme. Elles sont spécifiques d'une substance, d'une durée d'exposition et d'une voie d'exposition. On distingue :

- ◆ les **VTR** "à seuil de dose" pour les substances pour lesquelles on n'observe pas d'effet nocif en dessous d'une certaine dose administrée. Cette catégorie recouvre les substances non cancérogènes et non génotoxiques.
- ◆ les **VTR** "sans seuil de dose", pour les substances pour lesquelles il existe une probabilité, même infime, qu'une seule molécule pénétrant dans l'organisme provoque des effets néfastes pour cet organisme. Ces dernières substances sont, pour l'essentiel, des substances génotoxiques pouvant avoir des effets cancérogènes, ou dans certains cas reprotoxiques.

Le choix des **VTR** a été établi conformément à la circulaire du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires.

Les substances étudiées et les VTR sélectionnées sont mentionnées dans le tableau suivant :

Substances	VTR avec seuil (non Cancérigène)		VTR sans seuil (cancérigène)	
	Inhalation (mg/m ³)	Ingestion (mg/kg/j)	Inhalation (mg/m ³)	Ingestion (mg/kg/j)
HCT				
C5-C8	5 (TPS of AEHS (1999))	5 (TPS of AEHS (1999))	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
C9-C18	1 (TPS of AEHS 1999)	0,1 (TPS of AEHS 1999)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
C19-C36	2 (TPS of AEHS 1999)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
BTEX				
Benzène	0,03 (US EPA 2003)	4x10 ⁻³ (US EPA 2003)	de 4,5x10 ⁻³ à 1,3x10 ⁻³ (US EPA 1998)	de 1,8x10 ⁻⁴ à 6,7x10 ⁻⁴ (US EPA 2000)
Toluène	5 (US EPA 2005)	0,08 (US EPA 2005)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
Ethylbenzène	1 (US EPA 1991)	0,1 (US EPA 1987)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
Xylènes	0,1 (US EPA 2003)	0,2 (US EPA 2003)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
CAV				
Cumène	0,4 (US EPA 1997)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>

TPH of AEHS : Total Petroleum Hydrocarbon développé par l'Association for the Environmental Health of Soils

US EPA: United States Environmental Protection Agency

RIVM : Institut national de la santé publique et de l'environnement (Pays-Bas)

3.6 – Substances et concentrations retenues pour le calcul de risque

3.6.1 – Les métaux

Les métaux dans les terres (en fond et flanc de fouille) :

- ◆ sont présents à des concentrations résiduelles faibles c'est à dire de l'ordre des fonds géochimiques nationaux minimums (programme ASPITET courrier de l'environnement n°39 février 2000),
- ◆ ne sont ni volatils ni solubles,
- ◆ non accessibles aux futurs usagers car recouverts de remblai sain.

Ces métaux ne sont donc pas inhérents à l'activité sur le site. Ils ne sont donc pas (ou excessivement peu) mobilisables par les voies de transfert citées précédemment. Ainsi dans le cas présent, ils sont considérés comme non générateurs de risques sanitaires et ne sont pas sujets aux calculs.

3.6.2 – Les HCT, BTEX et HAP

Les substances prises en compte dans les calculs sont celles dont la concentration est :

- supérieures à la sensibilité de l'analyse du laboratoire. Les substances dont les concentrations appartiennent à ce critère sont présentées ci-dessous:

EAUX en µg/l	Substances et concentrations présentes dans les eaux retenues pour le calcul de risque
HCT totaux	757
HCT C10-C16	743
HCT C16-C22	<8
HCT C22-C30	<8
HCT C30-C40	<8
BTEX	
Benzène	7,69
Toluène	<1
Ethylbenzène	234
Xylènes	90,7
HAP	
Somme des HAP	0,08<x<0,23

Par principe de précaution, nous avons retenu les concentrations maximales en septembre 2013. Pour rappel, les concentrations globales les plus élevées ont été rencontrées sur le piézomètre aval PZ3.

Dans les sols, les valeurs sont les suivantes :

Sols en mg/kg	Substances et concentrations présentes dans les sols retenues pour le calcul de risque
HCT totaux (B41 11/2012)	3 555
HCTC16-C21	63
HCT C21-C35	32
BTEX (B3.2 Novembre 2012)	
Benzène	4,6
Toluène	110
Ethylbenzène	80
Xylènes	334
HAP (B3.2 Novembre 2012)	
Somme des HAP	19

Par principe de précaution, les calculs de risque ont été effectués pour les BTEX et HAP à une concentration similaire au seuil de détection (0,1 µg/kg).

Les concentrations de gaz maximales mesurées sur les sondages sont de : 44 172 µg/m³ pour les sondages 2 à 6.

3.7 – Paramètres de calcul

Les paramètres utilisés dans les calculs ont été choisis conformément aux recommandations de l'Inéris ou à défaut de l'US EPA et sont rassemblés dans les tableaux ci-après.

Ces paramètres sont cohérents avec un usage de bureau/atelier/surface commerciale du site.

3.7.1 – Paramètres physico-chimiques des substances retenues

Substances	Coefficient de partage du carbone organique Koc (cm ³ /g)	Diffusivité dans l'air D _{air} (cm ² /s)	Diffusivité dans l'eau D _{eau} (cm ² /s)	Constante d'Henry H (Pa.m ³ /mol)
Indice Hydrocarbures HCT				
C5-C8 aliphatique	2300	1 x 10 ⁻¹	1 x 10 ⁻⁵	50
C9-C18 aliphatique	5,5 x 10 ⁷	1 x 10 ⁻¹	1 x 10 ⁻⁵	120
C19-C36 aliphatique	8,32 x 10 ¹⁰	1 x 10 ⁻¹	1 x 10 ⁻⁵	4900
BTEX				
Benzène	60	8,8 x 10 ⁻²	9,6 x 10 ⁻⁶	558
Toluène	100	8,7 x 10 ⁻²	8,6 x 10 ⁻⁶	673
Ethylbenzène	241,9	7,5 x 10 ⁻²	7,8 x 10 ⁻⁶	820
Xylènes	236	7,5 x 10 ⁻²	8,7 x 10 ⁻⁶	680

Ces valeurs proviennent des fiches éditées par l'Inéris pour chacune de ces substances. En présence de plusieurs valeurs pour un même paramètre, il a été retenu les valeurs de la banque de données US EPA puis sur les valeurs la plus récente utilisée.

3.7.2 – Propriété des sols

Propriété du sol								
Type de sol	Paramètre de Van Genuchten			Diamètre moyen des grains D cm	Teneur en eau résiduelle θ_r	Porosité totale effective, n	Densité apparente ρ_a (g/cm ³)	Teneur en eau de la couche du sol $\theta_{w,sol}$
	lié à la hauteur de la frange capillaire du sol α 1 (cm ⁻¹)	lié à la distribution granulométrique du sol N	Constante M					
Limon, sable	0,00425	3,177	0,6852	0,044	0,053	0,376	1,66	0,054

3.7.3 – Paramètres généraux

Les paramètres généraux communs à chacun des scénarios étudiés sont répertoriés ici (source Inéris) :

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur
Durée d'exposition	DE adulte	an	24
	DE enfant	an	6
Fréquence d'exposition annuelle	FE adulte	jour	240
	FE enfant	jour	20
Durée d'une vie	Tm	am	70
Poids corporel	P adulte	Kg	70
	P enfant	Kg	15

3.7.4 – Modèle inhalation à l'intérieur d'un bâtiment

Le tableau suivant regroupe les paramètres à prendre en compte pour le calcul des scénarios d'inhalation de vapeur à l'intérieur d'un bâtiment.

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur	Source
Distance entre le haut de la source de pollution et le bas de la dalle	Lt nappe	m	3,4 m	Propre au site
	LT sol flanc de fouille	m	2	
	LT sol fond de fouille	m	3,5 m	
Taux de renouvellement de l'air	ER	S ⁻¹	6,94 x 10 ⁻⁵	Johnson et Ettliger
Hauteur des locaux	Hb	m	2,44	
Gradient de pression entre la surface du sol et le bâtiment	ΔP	g/cm.s ²		
Surface occupée par les fissures dans le dallage	□	-/-	0,01	ASTM ⁶
Viscosité de l'air	μ	g/cm.s ²	1,75 x 10 ⁻⁴	Johnson et Ettliger
Teneur en air des fissures	□a,f	-/-	0,26	ASTM
Teneur en eau des fissures	□w,f	-/-	0,12	
Profondeur des fissures	Lf	m	0,15	
Perméabilité du sol au flux de vapeur	Kv	cm ²	1 x 10 ⁻⁸	Johnson et Ettliger
Fraction de carbone organique du sol	foc	-/-	0,002	
Longueur d'une pièce	Lb	m	4	Plus petite pièce
Largueur d'une pièce	lb	m	3	

⁶ American Society for Testing Materials

3.7.5 – Modèle ingestion de fruits et légumes

Les deux tableaux suivants répertorient les paramètres de calcul propres au scénario d'ingestion de fruits et légumes (Inéris) :

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur
Rendement de production	Yv	Kg/m ²	0,28
Période de croissance	te	j	180
Fraction interceptée par les cultures	fin	-/-	0,4
Vitesse de déposition de particules	Dro	M/j	864
Effet "weathering" (lessivage)	Fei	j ⁻¹	0,033
Fraction de sol dans les particules extérieures	frse	-/-	0,5
Concentration de particule en suspension dans l'air extérieur	TSPe	Kg/m ³	7 x 10 ⁻⁸

Dans la littérature (INERIS, ORNL, US EPA), on peut définir les quantités de fruits et légumes, autoproduits consommés, ainsi que les teneurs en matières sèches.

		Fruits et légumes autoproduits											
		Fruits	Pommes de terre	Carottes	Poireaux	Navets	Radis	Salades	Tomates	Haricots verts	Choux	Courgettes	Petits pois
Quantité Consommées autoproduits Q (kg/j)	Adulte	0,015	0,044	0,012	0,01	0,001	0,002	0,019	0,011	0,011	0,006	0,003	0,001
	Enfant	0,008	0,029	0,006	0,004	0,00006	0,001	0,008	0,004	0,004	0,003	0,001	0,0007
Teneur en matière sèche TMS		0,178	0,222	0,118	0,117	0,202	0,202	0,052	0,059	0,111	0,076	0,073	0,257

3.7.6 – Modèle ingestion de sol ou de poussière de sol

Les valeurs sont issues de l'Inéris :

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur
Quantité ingéré de sol et de poussière de sol	Qs adulte	Kg/j	5 x 10 ⁻⁵
	Qs enfant	Kg/j	1,5 x 10 ⁻⁴

3.8 – Résultats des calculs des risques sanitaires

Les paramètres énoncés ont été utilisés afin d'évaluer les risques encourus pour les scénarios étudiés en application des modèles de Johnson et Ettlinger pour les inhalations et du modèle HECP 2.1 pour l'ingestion de végétaux et de poussières.

Les résultats pour les molécules sont inférieurs aux seuils de détections acceptables, ils ne sont pas détaillés.

3.8.1 – Scénarios inhalation

3.8.1.1 – Scénario : inhalation de vapeurs provenant du dégazage de la nappe vers l'intérieur des locaux

Substances	IR	ERI
Indice Hydrocarbures HCT		
C5-C8 aliphatique	0,0	Non applicable ⁷
C9-C18 aliphatique	0,0	Non applicable
C19-C36 aliphatique	0,032	Non applicable
Substances aromatiques		
Benzène	0,2	$7,5 \times 10^{-7}$
Toluène	$1,39 \times 10^{-5}$	Non applicable
Ethylbenzène	$9,641 \times 10^{-5}$	Non applicable
Xylènes	4×10^{-5}	Non applicable

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à 1 pour les IR et inférieur à 1×10^{-5} .

Les calculs montrent que les risques sont acceptables pour ce scénario sur l'ensemble du site.

Aucun risque provenant du dégazage des substances identifiées dans la nappe pour les employés et clients du site, à l'intérieur des locaux n'est mis en évidence.

3.8.1.2 – Scénario : inhalation de vapeurs provenant du dégazage des terres résiduelles vers l'intérieur des locaux

Substances	IR	ERI
Indice Hydrocarbures HCT		
C5-C8 aliphatique	0,0	Non applicable
C9-C18 aliphatique	0,0	Non applicable
C19-C36 aliphatique	0,87	Non applicable
Substances aromatiques		
Benzène	0,0	$3,4 \times 10^{-6}$
Toluène	0,2	Non applicable
Ethylbenzène	0,4	$5,7 \times 10^{-6}$
Xylènes	0,4	Non applicable

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à 1 pour les IR et inférieur à 1×10^{-5} .

Les calculs montrent que les risques sont acceptables pour ce scénario sur l'ensemble du site.

Aucun risque provenant du dégazage des substances identifiées dans les sols résiduels pour les employés et clients du site, à l'intérieur des locaux n'est mis en évidence.

⁷ Non calculable par absence de VTR

3.8.1.3 – Conclusion des scénarios inhalation vers les locaux

Le dégazage des terres contaminées existe mais reste inférieur à l'IR.

Des analyses de gaz ont été effectuées dans les locaux et confirment la modélisation :

	Terr04	Terr05	Terr07	Terr08	Terr09	Terr10	Terr11	Terr12	Terr13	Terr14	Terr15	Terr16	Terr17
Date	30-sept-13								01-oct-13				
Début	8h53	9h55	10h55	12h53	14h13	15h21	16h45	18h23	20h45	6h20	10h10	11h40	14h10
Fin	9h53	10h55	12h50	14h10	15h20	16h40	18h20	20h42	6h20	10h09	11h25	14h10	15h10
Localisation	Regard pluvial	Regard caisse	Galerie profonde ss dalle (pneumatique)	Regard pluvial	Chambre froide	Couloir	Regard pluvial	Regard pluvial	WC local personnel	Galerie sous dalle	Chambre froide	Magasin Biosmose	Regard pluvial (-1 m)
Moyenne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Il n'y a donc aucun risque de dégazage dans les locaux pour les substances étudiées.

3.8.2 – Scénarios ingestion

3.8.2.1 – Scénarios ingestion de végétaux autoproduits et arrosés avec les eaux de la nappe

Bien que la probabilité de production de légume in-situ soit faible, l'utilisation des eaux de la nappe reste possible.

Substances	IR	ERI
Indice Hydrocarbures HCT		
C5-C8 aliphatique	0,0	Non applicable
C9-C18 aliphatique	0,0	Non applicable
C19-C36 aliphatique	0,0	Non applicable
Benzène		
Benzène	2	$1,2 \times 10^{-7}$
Toluène	0,1	Non applicable
Ethylbenzène	0,0	Non applicable
Xylènes	0,3	Non applicable

Ces calculs montrent que l'indice de risque (IR) du Benzène est supérieur à 2. Les autres substances présentent des IR et ERI inférieures aux limites.

Malgré le traitement de la nappe, au vue des résultats médiocre (Benzène), nous préconisons de ne pas arroser les fruits et les légumes avec les eaux de nappe.

Selon le principe de précaution, nous préconisons de ne pas utiliser les eaux de la nappe pour arroser les espaces verts, ce qui mettrait en contact les usagers avec une eau contenant encore des substances indésirables.

3.8.2.2 – Scénarios ingestion de végétaux autoproduits ayant poussés sur la zone dépolluée

Les calculs se basent sur les concentrations résiduelles des terres en fond et flanc de fouilles rencontrées lors de l'excavation de la zone dépolluée. Les résultats sont les suivants.

Substances	IR	ERI
Indice Hydrocarbures HCT		
C5-C8 aliphatique	0,0	Non applicable
C9-C18 aliphatique	0,0	Non applicable
C19-C36 aliphatique	0,0	Non applicable
Indice Hydrocarbures HCT		
Benzène	0,0	0,0
Toluène	0,0	Non applicable
Ethylbenzène	0,0	Non applicable
Xylènes	0,0	Non applicable

Les faibles concentrations des terres résiduaires expliquent ces bons résultats.

Cependant, bien que, selon les calculs, les risques soient acceptables, par application du principe de précaution, nous préconisons de ne pas cultiver de potager dans cette zone.

3.8.2.3 – Scénarios : ingestion de terres ou de poussières de sol

Ici également, ce sont les concentrations résiduelles des terres en fond et flanc de fouilles qui sont employés.

Les résultats sont les suivants :

Substances	IR	ERI
Indice Hydrocarbures HCT		
C5-C8 aliphatique	0,0	Non applicable
C9-C18 aliphatique	0,0	Non applicable
C19-C36 aliphatique	0,0	Non applicable
Indice Hydrocarbures HCT		
Benzène	0,0	0,0
Toluène	0,0	Non applicable
Ethylbenzène	0,0	Non applicable
Xylènes	0,0	Non applicable

Les faibles concentrations des terres résiduaires expliquent ces bons résultats.

Les risques en cas d'ingestion de terres, fort peu probable pour une entreprise, sont acceptables.

3.8.3 – Bilan sur les scénarios ingestion

Pour les usagers du site, adultes et enfants, les risques sont acceptables en cas d'ingestion de poussière de sols. Par contre les risques d'ingestion de végétaux arrosés avec les eaux de la nappe ne sont pas acceptables. De plus, il semble peu adapté d'utiliser la nappe pour l'irrigation des espaces verts, provoquant des dégazages, directement au contact des usagers du site.

Pour la culture de légumes sur les sols, bien que les résultats soient bons, il semble opportun de recommander :

- ◆ de ne pas irriguer de denrées consommables avec l'eau de la nappe,
- ◆ de ne pas boire l'eau de la nappe,
- ◆ de ne pas cultiver de potager sur l'ensemble du site,
- ◆ de ne pas consommer de végétaux ayant poussés au droit de la zone décontaminée.

4 – Synthèse et recommandations

La SCI Brachet a confié à AGE Environnement, la réalisation d'une EQRS sur le site de l'ancienne service Simply Market à Terrasson-Lavilledieu.

La présente étude a permis de dresser un état des lieux de la qualité environnementale du site suite aux travaux de dépollution réalisés par la société GRS Valtech.

Le site est destiné à un usage de locaux commerciaux. Il ne sera pas reconverti en logement.

Le calcul de risques sanitaires par voie d'EQRS a montré des risques acceptables concernant :

- ◆ L'inhalation de substances provenant du dégazage de la nappe vers l'intérieur des locaux pour les adultes et les enfants (accompagnant les clients ou les employés),
- ◆ L'inhalation de substances provenant du dégazage des sols des parois et du fond de fouille de la zone décontaminée vers l'intérieur des locaux pour les adultes et les enfants (accompagnant les clients ou les employés),
- ◆ L'ingestion de poussières de sol ou l'ingestion directe de terres dans le cas des nourrissons, sur la zone dépolluée et plus largement sur l'ensemble du site. Ce critère est à relativiser du fait du revêtement étanche du sol des locaux et du parking.

Les calculs de risques modélisés montrent l'absence de risque sanitaire lié au dégazage des sols ou de la nappe. Les mesures réalisées dans l'air du bâtiment confirment ces calculs (concentrations en COV non détectables).

La dalle béton de la nouvelle construction sera similaire en qualité à l'actuelle, sans autres spécificités techniques.

Le calcul des risques sanitaires a permis d'établir la présence de risques qui bien que faible concernent :

- ◆ La consommation des végétaux ayant été arrosé par l'eau de la nappe, malgré le traitement.

En fonction de ces résultats et par application du principe de précaution, nous préconisons de ne pas utiliser la nappe sur le site :

- ◆ ne pas consommer d'eau de nappe,
- ◆ ne pas utiliser l'eau de nappe pour l'irrigation ou la préparation des produits alimentaires,
- ◆ ne pas consommer de végétaux ayant poussés au droit du site,
- ◆ ne pas utiliser la nappe pour arroser les espaces verts, ce qui mettrait en contact les hydrocarbures résiduels de la nappe avec l'extérieur, voire avec les usagers du site.

Des servitudes pourraient inscrire cette interdiction d'usage.

4.1 – Les servitudes : restrictions d'usage conventionnelles instituées entre les deux parties

La mise en œuvre d'une servitude applicable au site doit être définie pour :

- ◆ Prévenir une exposition dangereuse des personnes,
- ◆ Pérenniser la maintenance ou la surveillance du site,
- ◆ Prévoir des précautions pour la réalisation d'interventions ou d'aménagements,
- ◆ Informer des contraintes liées au site et pérenniser cette information.

Il paraît uniquement nécessaire de mettre en place des restrictions d'usage conventionnelles instituées entre deux parties (le propriétaire et la SCI Brachet).

4.1.1 - Nature

Les restrictions d'usage conventionnelles sont des conventions conclues entre deux parties dont l'une est nécessairement le propriétaire du terrain qui consent, par un contrat, à limiter l'usage du terrain lui appartenant ou à se soumettre à des obligations de surveillance ou encore d'entretien d'ouvrages.

Les restrictions d'usage conventionnelles sont conclues entre deux personnes.

Les restrictions conventionnelles pourront alors être conclues :

- ◆ entre propriétaires successifs d'un terrain, la restriction étant alors souvent partie intégrante de l'acte de cession,
- ◆ entre l'exploitant (locataire) et le propriétaire du terrain, en particulier lorsque l'exploitant cesse son activité.

4.1.2 - Portée

La restriction d'usage peut être positive, négative ou les deux à la fois. Elle pourra contenir des obligations de faire et/ou de ne pas faire, perpétuelles ou limitées dans le temps.

Cette convention devra prévoir les précautions à prendre pour la réalisation d'interventions ou d'aménagements.

Aussi, elle obligera le futur propriétaire ou gestionnaire à fournir des consignes aux locataires.

Concrètement, elle pourra prendre la forme :

- ◆ d'une obligation de ne pas utiliser la nappe et de réaliser de forages,
- ◆ de recommandations ou d'actions pérennisant la surveillance du site (maintien de piézomètres visant à surveiller l'évolution de la qualité des eaux souterraines). L'obligation d'installer ou de laisser du matériel de contrôle et de surveillance de la pollution pour garantir la sécurité et prévenir une exposition dangereuse des personnes lors d'interventions ou d'aménagement.

Enfin, cette convention pérennisera l'information car la connaissance des risques résiduels sera conservé dans les documents administratifs (publication à la conservation des hypothèques).

4.1.3- Procédure

La convention instituant une restriction d'usage doit être formalisée dans un acte authentique, c'est-à-dire conclue devant un notaire.

Son opposabilité aux tiers est liée à sa publication à la conservation des hypothèques (décret 5-22 du 4 janvier 1955, art. 28). Si le contrat a été passé en la forme authentique, cette publication est obligatoire.

En cas de cession du terrain grevé par la restriction d'usage, le cédant doit informer l'acquéreur de l'existence de cette restriction d'usage, surtout si elle n'est pas apparente. Pour assurer la pérennité de la restriction d'usage, l'acte instituant la restriction d'usage doit prévoir l'obligation, pour les acquéreurs successifs de faire figurer dans les actes de cession du terrain la restriction d'usage et de s'y soumettre.

Aucun texte ne fait mention d'une quelconque obligation de notification ou d'annexion de ce type de restrictions d'usage dans un document d'urbanisme. II apparaît toutefois prudent de les communiquer au maire de la commune intéressée et de l'inviter à en tenir compte dans les projets d'aménagement de la commune. La même information peut être adressée aux services de l'État chargés de l'urbanisme (DDE).

En cas de violation de ses obligations conventionnelles par l'assujetti, le bénéficiaire peut exiger la démolition des constructions irrégulièrement érigées ou la cessation des activités incompatibles avec la destination du terrain lesquelles peuvent, le cas échéant, être ordonnées par le juge.

Merci de votre attention,
A Montauban, le jeudi 24 octobre 2013
Henri CAPORALI, Hydrogéologue

Annexe 1 : Modèle de Johnson et Ettinger

1 - Concentration de la phase vapeur du polluant à la source de contaminée

La concentration de la phase vapeur du polluant à la source contaminée (C_{source}) est estimée à partir de la concentration de polluant C_w dans la nappe et de la constante d'Henry, H :

$$C_{\text{source}} = H * C_w$$

2 - Diffusion à travers la zone capillaire

Directement au-dessus de la surface libre d'une nappe phréatique, se situe une zone capillaire saturée, où la pression de l'eau est inférieure à la pression atmosphérique. La teneur en eau dans les matériaux partiellement saturés se déduit de la pression de gaz et de la saturation par l'intermédiaire du modèle de Van Genuchten associées à chaque matériau.

L'eau contenue dans les pores du sol de la zone capillaire est calculée à la pression d'entrée d'air c'est à dire en haut de la frange capillaire. Le modèle de *Van Genuchten* est retenu pour exprimer la pression capillaire en fonction de la teneur en eau du milieu. Il caractérise le comportement hydrique d'un sol.

$$\theta_{w,cz} = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha_1 * h)^N)^M}$$

La teneur en air du sol dans la zone capillaire ($\theta_{a,cz}$) correspond à la porosité totale effective (n) moins la teneur en eau du sol dans la zone capillaire :

$$\theta_{a,cz} = n - \theta_{w,cz}$$

Le coefficient de diffusion effective à travers la frange capillaire est calculé à partir du modèle de Millington et Quirk (1961) :

$$D_{cz}^{eff} = D_a * \frac{\theta_{a,cz}^{3.33}}{n^2} + \frac{D_w}{H} * \frac{\theta_{w,cz}^{3.33}}{n^2}$$

Fetter (1994) a estimé l'épaisseur de la zone capillaire au dessus de la nappe en utilisant le phénomène de capillarité. Les molécules d'eau sont sujettes à une force d'attraction due à la tension de surface à l'interface eauair et à l'attraction moléculaire des phases solides et liquides :

$$L_{cz} = \frac{2 * \alpha_2 * \cos \lambda}{\rho_w * g * r}$$

Soit :

$$L_{cz} = 0.15 / r \text{ et } r = 0.2 * D$$

3 - Diffusion totale

Les coefficients de diffusion effective à travers la zone vadose et les fissures des dalles bétons sont calculés de la même façon que dans le rapport.

Dans le cas d'une couche de sol, l'équation de diffusion effective totale est :

$$D_T^{\text{eff}} = \frac{L_T}{\frac{L_{cz}}{D_{cz}^{\text{eff}}} + \frac{L_{\text{sol}}}{D_{\text{sol}}^{\text{eff}}} + \frac{L_f}{D_f^{\text{eff}}}}$$

4 – Solution de transport par convection et diffusion

Sous l'hypothèse que le transport de masse est permanent, Johnson et Ettinger (1991) donnent la formule suivante pour le coefficient d'atténuation (α) :

$$\alpha = \frac{\frac{D_T^{\text{eff}} * A_b}{Q_b * L_T} * \exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} * L_f}{D_f^{\text{eff}} * A_f}\right)}{\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} * L_f}{D_f^{\text{eff}} * A_f}\right) + \frac{D_T^{\text{eff}} * A_b}{Q_b * L_T} + \frac{D_T^{\text{eff}} * A_b}{Q_{\text{sol}} * L_T} * \left(\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} * L_f}{D_f^{\text{eff}} * A_f}\right) - 1\right)}$$

Le taux de ventilation du bâtiment peut-être calculé de la façon suivante :

$$Q_b = L_b * l_b * H_b * ER$$

Le flux de gaz du sol pénétrant dans le bâtiment est calculé par la solution analytique de *Nazaroff*(1988) :

$$Q_{\text{sol}} = \frac{2 * \pi * \Delta P * k_v * X_f}{\mu * \ln(2 * Z_f / r_f)}$$

Le rayon des fissures est donné par *Johnson et Ettinger* (1991) :

$$r_f = A_f / X_f \quad \text{et} \quad A_f = \eta * A_b$$

Avec la valeur du coefficient d'atténuation, la concentration de la phase vapeur du polluant dans le bâtiment est calculée de la façon suivante :

$$C_{\text{air confiné}} = \alpha * C_{\text{source}}$$

5 - Calcul de la concentration en polluant inhalée

5.1. Scénario sensible

- Substance avec effets à seuils :

$$D_{\text{avec seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * T_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * T_{\text{adulte}}) * C_{\text{air confiné}} * FE}{(DE_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}}) * 365}$$

- Substance avec effets sans seuils :

$$D_{\text{sans seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * T_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * T_{\text{adulte}}) * C_{\text{air confiné}} * FE}{T_m * 365}$$

5.2 Scénario non sensible

- Substance avec effets à seuils :

$$D_{\text{avec seuils}} = \frac{C_{\text{air confiné}} * T_j * FE}{365}$$

- Substance avec effets sans seuils :

$$D_{\text{sans seuils}} = \frac{C_{\text{air confiné}} * T_j * FE * DE}{T_m * 365}$$

Annexe 2 : Modèle HESP 2.1

HESP 2.1 est spécifique à l'évaluation de l'exposition des individus due aux sols pollués.

Il repose à la fois sur des principes physico-chimiques et des modèles empiriques basés sur des études de recherche de type laboratoire.

Le modèle HESP 2.1 est utilisé en particulier lors de la prise en compte de la voie d'ingestion.

Il est nécessaire pour le calcul de la concentration de polluants dans les plantes. La concentration dans le sol de polluant est considérée comme constante au cours du temps. Il en résulte une possible surestimation de l'exposition.

Seul un scénario sensible est défini.

1 – Ingestion de fruits et de légumes pollués par le sol

1.1 – Pollution par des substances organiques

Dans ce cas, les fruits et les légumes poussent dans un sol pollué, et sont arrosés par de l'eau saine.

La zone polluée considérée à une profondeur de quelques dizaines de centimètres.

Pollution par des substances organiques

- ◆ Calcul de la fugacité de l'air :

$$Z_a = \frac{1}{R * T_s}$$

- ◆ Calcul de la fugacité de l'eau :

$$Z_w = 1 / H_s \quad \text{et} \quad \ln H_s = \ln H(T) + 0,024 * (T_s - T)$$

- ◆ Calcul de la fugacité du sol :

$$Z_s = \frac{K_d * p_a * Z_w}{\theta_s}$$

Et

$$K_d = K_{oc} * f_{oc} \quad \text{et} \quad K_{oc} = 0,411 * K_{ow}$$

- ◆ fraction massique de polluant dans l'eau du sol :

$$P_w = \frac{Z_w * \theta_{w,sol}}{Z_a * \theta_{a,sol} + Z_w * \theta_{w,sol} + Z_s * \theta_s}$$

Et

$$\theta_{a,sol} = 1 - \theta_s - \theta_{w,sol}$$

- ◆ Calcul de la concentration dans l'eau du sol :

$$C_{pw} = \frac{C_s * \rho_a * P_w}{\theta_{w,sol}}$$

1.2 - Pollution par les métaux

$$C_{pw} = \frac{C_s * \rho_a}{K_d * \rho_a + \theta_{w,sol}}$$

2 – Concentration de polluant dans les plantes

Les végétaux vont être contaminés par un phénomène de déposition sur les plantes. Le vent peut entraîner la suspension des particules polluées dans l'air extérieur qui vont ensuite se déposer sur les cultures et les contaminer :

$$C_{dp} = TSP_e * DR_o * frs_e * C_s * (f_{in} / (Y_v * f_{Ei})) * (1 - (1 - \exp(-f_{Ei} * t_e)) / (f_{Ei} * t_e))$$

Les plantes prélèvent la pollution à partir de l'eau du sol. Le sol étant contaminé, il va polluer l'eau présente dans ses pores.

2.1 - Pollution par des substances organiques

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est aérienne :

$$BCFs = [10^{(0.95 * \log Kow - 2.05)} + 0.82] * [0.784 * 10^{(-0.434 * (\log Kow - 1.78)^2 / 2.44)}]$$

$$C_{ps} = BCFs * C_{pw} + C_{dp} * tms_i$$

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est racinaire :

$$BCFr = 10^{(0.77 * \log Kow - 1.52)} + 0.82$$

$$C_{pr} = BCFr * C_{pw}$$

2.2 - Pollution par des métaux

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est aérienne :

$$C_{ps\ i} = C_{pw} * (1 - tms\ i) + C_{dp} * tms\ i$$

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est racinaire :

$$C_{pr\ i} = C_{pw} * (1 - tms\ i)$$

3 – Injection de fruits et de légumes pollués par de l'eau d'irrigation de la nappe

Dans ce cas, les fruits et les légumes consommés sont pollués par l'eau d'irrigation.

L'arrosage se fait à la base des légumes, au goutte à goutte, il n'y a donc pas d'absorption d'eau contaminée par les parties aériennes des végétaux.

Le sol où poussent les légumes n'est pas pollué.

Les végétaux prélèvent les polluants à partir de l'eau de la nappe qui s'est infiltrée dans le sol.

La concentration de polluant dans l'eau du sol est égale à la concentration de polluant dans la nappe.

3.1 – Concentration de polluant dans les plantes

3.1.1 Pollution par des substances organiques

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est aérienne :

$$BCFs = [10^{(0.95 * \log Kow - 2.05)} + 0.82] * [0.784 * 10^{(-0.434 * (\log Kow - 1.78)^2 / 2.44)}]$$

$$C_{ps} = C_w * BCFs$$

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est racinaire :

$$BCFr = 10^{(0.77 * \log Kow - 1.52)} + 0.82$$

$$C_{pr} = C_w * BCFr$$

3.1.2 Pollution par des métaux

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est aérienne :

$$C_{ps\ i} = C_w * (1 - tms\ i)$$

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est racinaire :

$$C_{pr\ i} = C_w * (1 - tms\ i)$$

3.2 – Calcul des doses d'exposition

La dose d'exposition par ingestion de fruits et de légumes contaminés est calculée de la façon suivante :

$$VI = \sum_i \frac{Qr_i * Cp_i}{P}$$

- ◆ Substance avec effets de seuils :

$$D_{\text{avec seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * VI_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * VI_{\text{adulte}}) * FE}{(DE_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}}) * 365}$$

- ◆ Substance avec effets sans seuils :

$$D_{\text{sans seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * VI_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * VI_{\text{adulte}}) * FE}{T_m * 365}$$

Nota : pour une fréquentation plus occasionnelle, le nombre de jours d'exposition sera diminué :

- ◆ 221 jours ouvrables par années pour un employé,
- ◆ 40 jours par an pour un client assidu, moins pour un client occasionnel.

4 – Injection de poussière de sol

Comme pour le modèle d'ingestion de fruits et de légumes pollués, le modèle HESP 2.1 a été choisi comme base de travail.

4.1 – Calcul des doses d'exposition

Calcul de la dose d'exposition par ingestion de sol ou de poussières provenant du sol :

$$DI = \frac{Q_s * C_s}{P}$$

4.1.1 – Scénario sensible

- Substance à effets de seuils :

$$D_{\text{avec seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * DI_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * DI_{\text{adulte}}) * FE}{(DE_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}}) * 365}$$

- Substance avec effets sans seuils :

$$D_{\text{sans seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * DI_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * DI_{\text{adulte}}) * FE}{T_m * 365}$$

4.1.2 – Scénario non sensible

- Substance à effets de seuils :

$$D_{\text{avec seuils}} = \frac{DI_{\text{adulte}} * FE}{365}$$

- Substance avec effets sans seuils :

$$D_{\text{sans seuils}} = \frac{DE_{\text{adulte}} * DI_{\text{adulte}} * FE}{T_m * 365}$$

5 – Calcul du risque

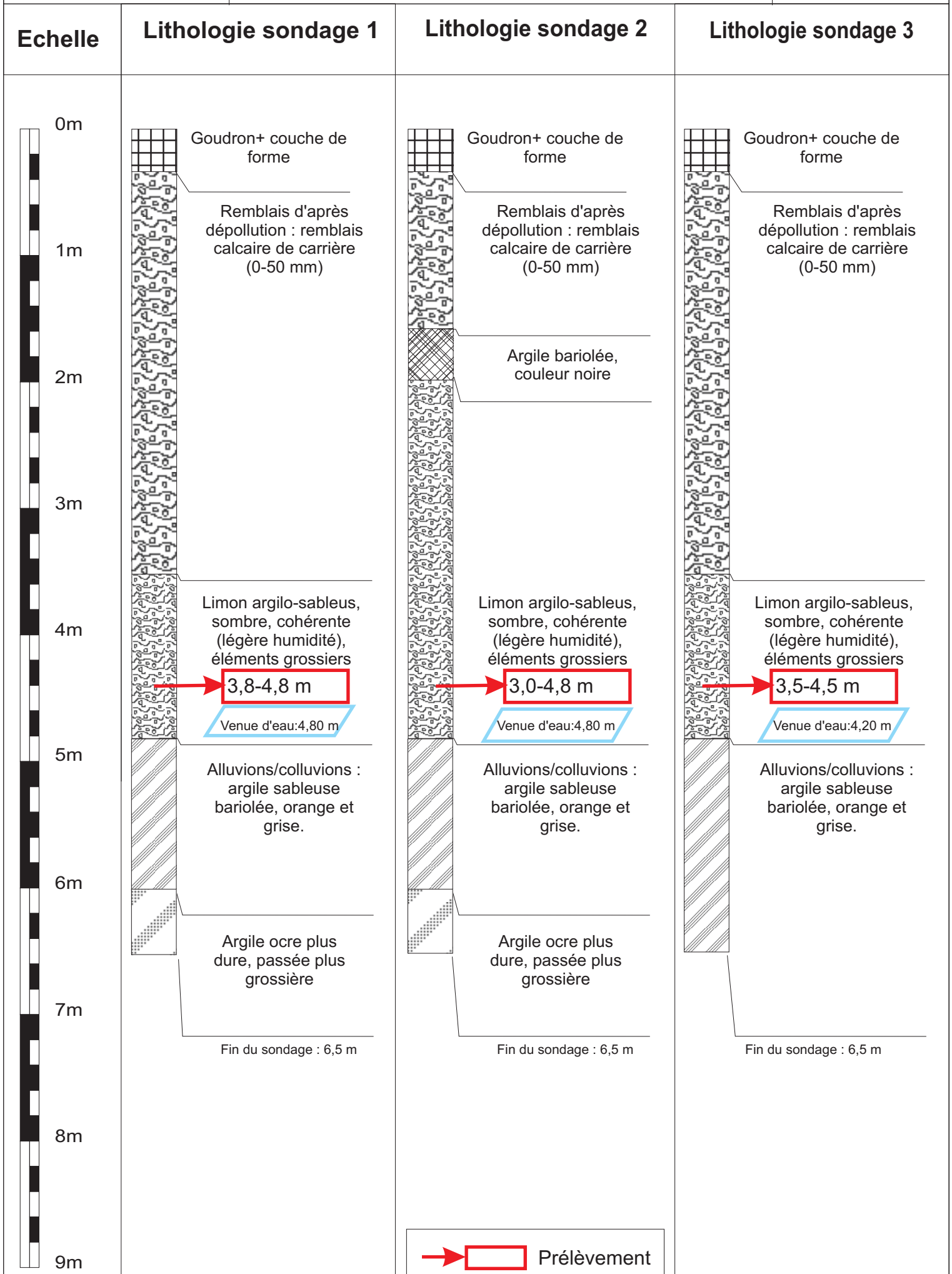
- ◆ Substance à effets de seuils :

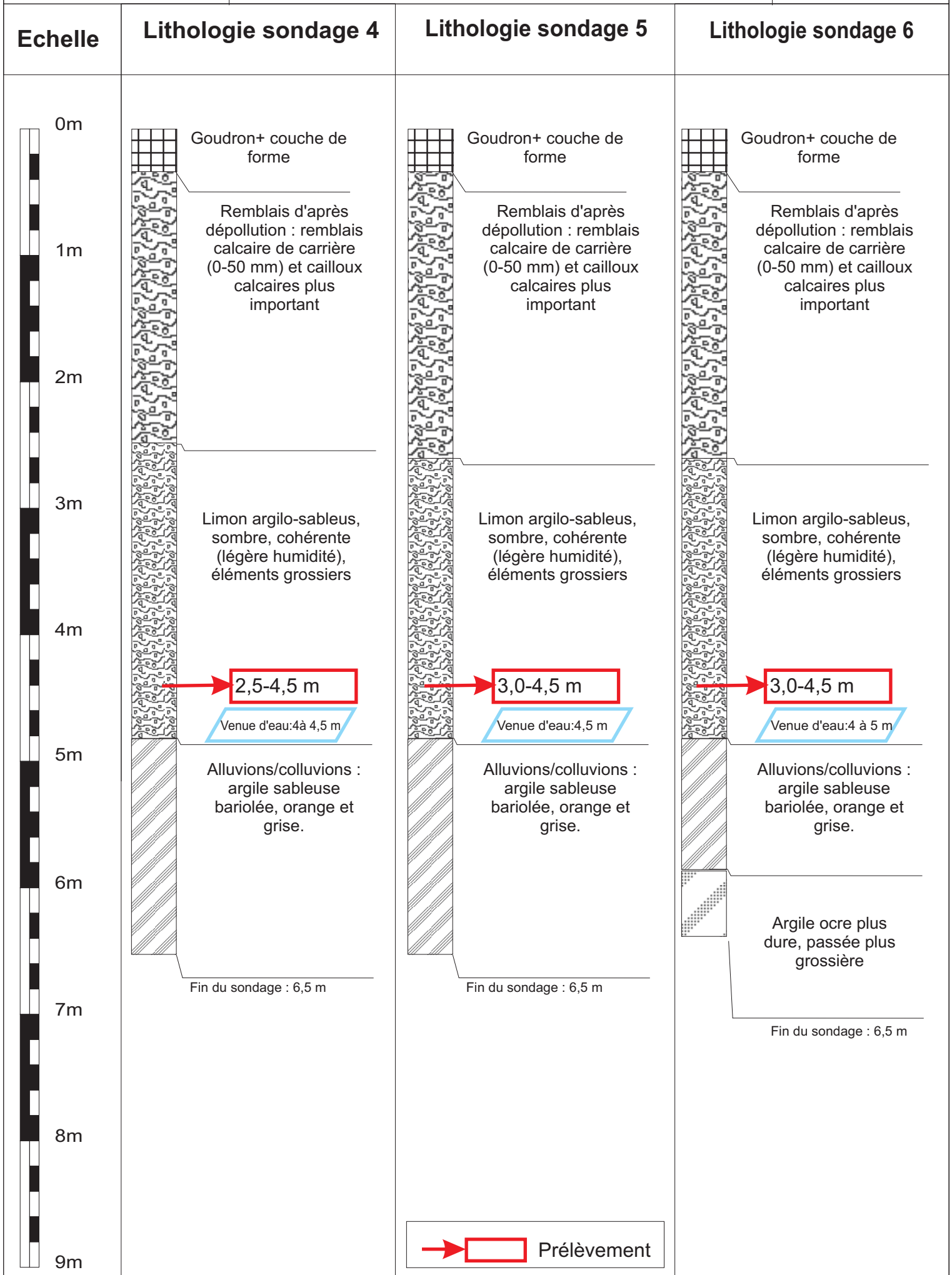
$$IR = D_{\text{avec seuils}} / VTR_{\text{avec seuils}}$$

- ◆ Substance avec effets sans seuils :

$$ERI = D_{\text{sans seuils}} * VTR_{\text{sans seuils}}$$

Annexe 3 : Coupes des sondages d'AGE Environnement







Annexe 4

EXTRAIT TAUW

Tableau 1 - Résultats analytiques des échantillons de fond et de bords de fouille

	Unité	LQ	Bords de fouille										Fonds de fouille					
			B1	B2.1	B2.2	B3.1	B3.2	B4.1	B4.2	B5	B6	B7.1	B7.2	B6.1	composite de F1 et F2	F3	F4	F5
			(0,5-3,6 m)	(0,5-2,0 m)	(2,0-3,0 m)	(0,5-2,0 m)	(2,2-3,0 m)	(0,5-2,0 m)	(2,0-3,0 m)	(0,5-3,0 m)	(0,5-3,0 m)	(0,5-2,0 m)	(2,0-3,0 m)	(0,05-3,3 m)		F1 (3,8 m) et F2 (3,6 m)	(3,6 m)	(3,3 m)
Matière sèche	%	76,3	87,3	72,2	72,1	76,3	68,7	69,8	92,9	90,4	74,9	73,8	83,4	70,9	89,8	72,8	73,5	
BTEX																		
Benzène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	4,6	-	-	-	-	2,8	1,4	-	-	-	-	-	
Toluène	mg/kg MS	0,05	-	-	11	110	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	
Ethylbenzène	mg/kg MS	0,05	-	10	13	80	-	-	-	-	41	30	-	-	-	-	-	
m-, p-Xylène	mg/kg MS	0,05	-	48	50	250	-	-	-	-	160	98	-	-	-	-	-	
o-Xylène	mg/kg MS	0,1	-	7,5	21	84	-	-	-	-	48	2	-	-	-	-	-	
Somme des BTEX	mg/kg MS	67,81	-	65,5	95	528,6	-	-	-	-	267,8	131,4	-	-	-	-	-	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)																		
Naphthalène	mg/kg MS	0,05	13	-	9,3	18	-	-	-	-	12	3,9	-	-	-	-	-	
Acénaphthylène	mg/kg MS	0,05	0,29	-	0,17	0,33	-	-	-	-	0,25	0,1	-	-	-	-	-	
Acénaphthène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fluorène	mg/kg MS	0,05	0,46	-	0,35	0,34	-	0,42	-	-	0,23	0,26	-	-	-	-	-	
Phénanthrène	mg/kg MS	0,05	1,3	-	0,71	0,58	-	1,4	-	-	0,59	0,77	-	-	-	-	-	
Anthracène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fluoranthène	mg/kg MS	0,05	0,12	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,087	-	-	-	-	-	
Pyrène	mg/kg MS	0,05	0,14	-	-	-	-	0,087	-	-	-	0,079	-	-	-	-	-	
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0,05	0,12	-	-	-	-	0,14	-	-	-	0,085	-	-	-	-	-	
Chrysène	mg/kg MS	0,05	0,098	-	-	-	-	0,14	-	-	0,093	-	-	-	-	-	-	
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(e)pyrène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(g,h,i)perénylène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Indéno(1,2,3-c)pyrène	mg/kg MS	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Somme des 16 HAP	mg/kg MS	16	-	11	4,7	19	2,9	2,3	-	-	13	5,3	-	-	-	-	-	
Hydrocarbures Totaux (HCT)																		
HCT C6-C8	mg/kg MS	1	87	-	120	370	5,5	9,2	-	-	96	160	-	-	-	-	-	
HCT C8-C10	mg/kg MS	1	250	-	220	760	180	54	-	-	480	380	-	-	-	-	1,5	
HCT C10-C12	mg/kg MS	4	330	-	350	670	610	280	-	-	510	390	-	-	-	-	-	
HCT C12-C16	mg/kg MS	4	300	-	260	200	1300	670	-	-	320	450	-	-	-	-	-	
HCT C16-C20	mg/kg MS	2	220	-	190	85	990	560	-	-	3	250	-	-	-	-	-	
HCT C20-C24	mg/kg MS	2	120	-	110	47	550	330	-	-	6	190	-	-	-	-	-	
HCT C24-C28	mg/kg MS	2	20	-	19	12	90	60	-	-	8	35	-	-	-	-	-	
HCT C28-C32	mg/kg MS	2	3,7	-	7,4	3	16,4	5,7	-	-	7,2	7,7	-	-	-	-	-	
HCT C32-C36	mg/kg MS	2	-	-	4	3	4	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	
HCT C36-C40	mg/kg MS	2	-	-	3	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	
HCT C10-C40 (somme)	mg/kg MS	20	1010	-	946	1020	184	1910	-	-	33	1410	-	-	-	-	-	
HCT C6-C40 (somme)	mg/kg MS	22	1347	-	1286	2150	405	1973,2	-	-	33	1846	-	-	-	-	-	

Concentration < Limite de quantification du laboratoire (LQ)

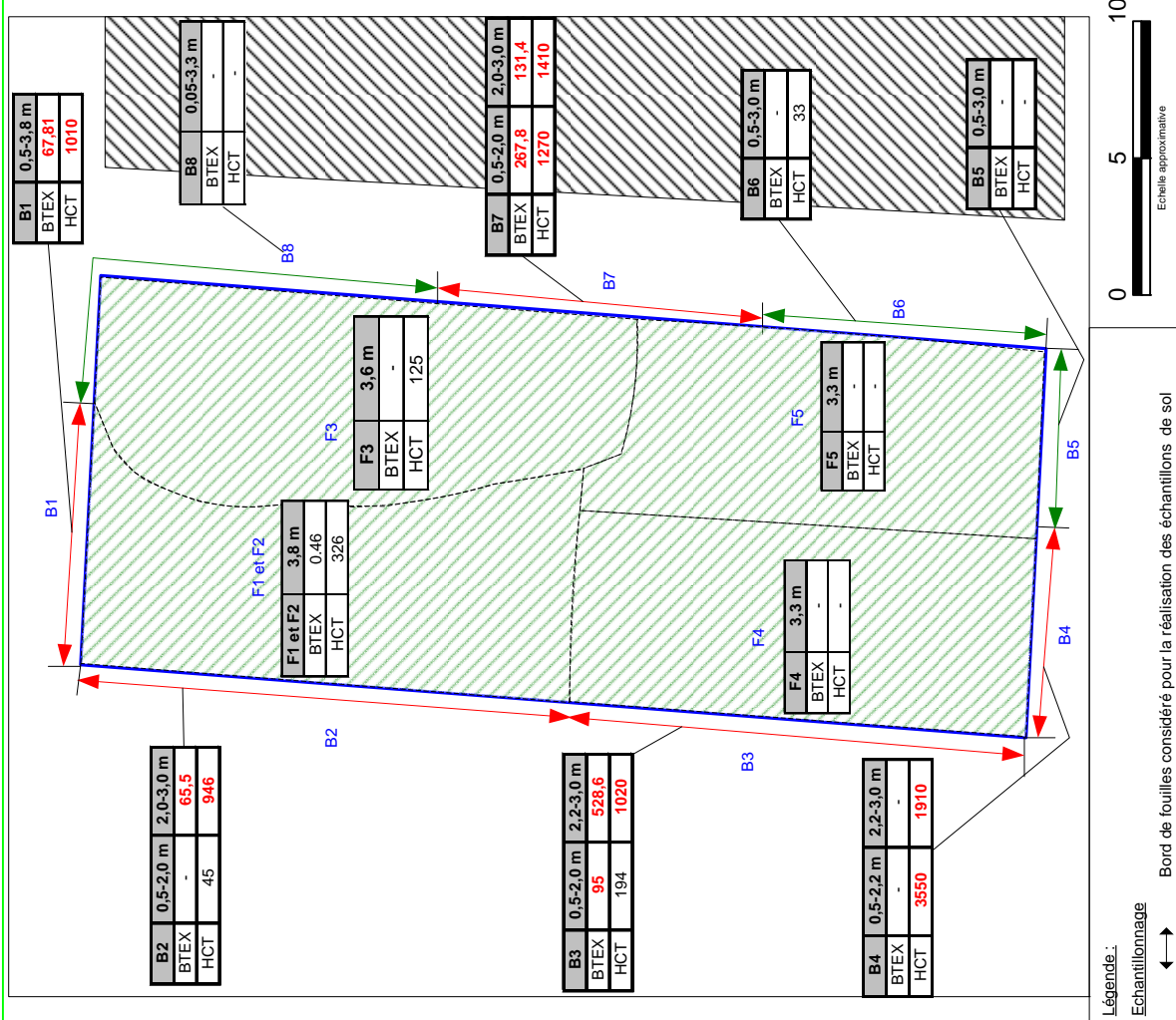
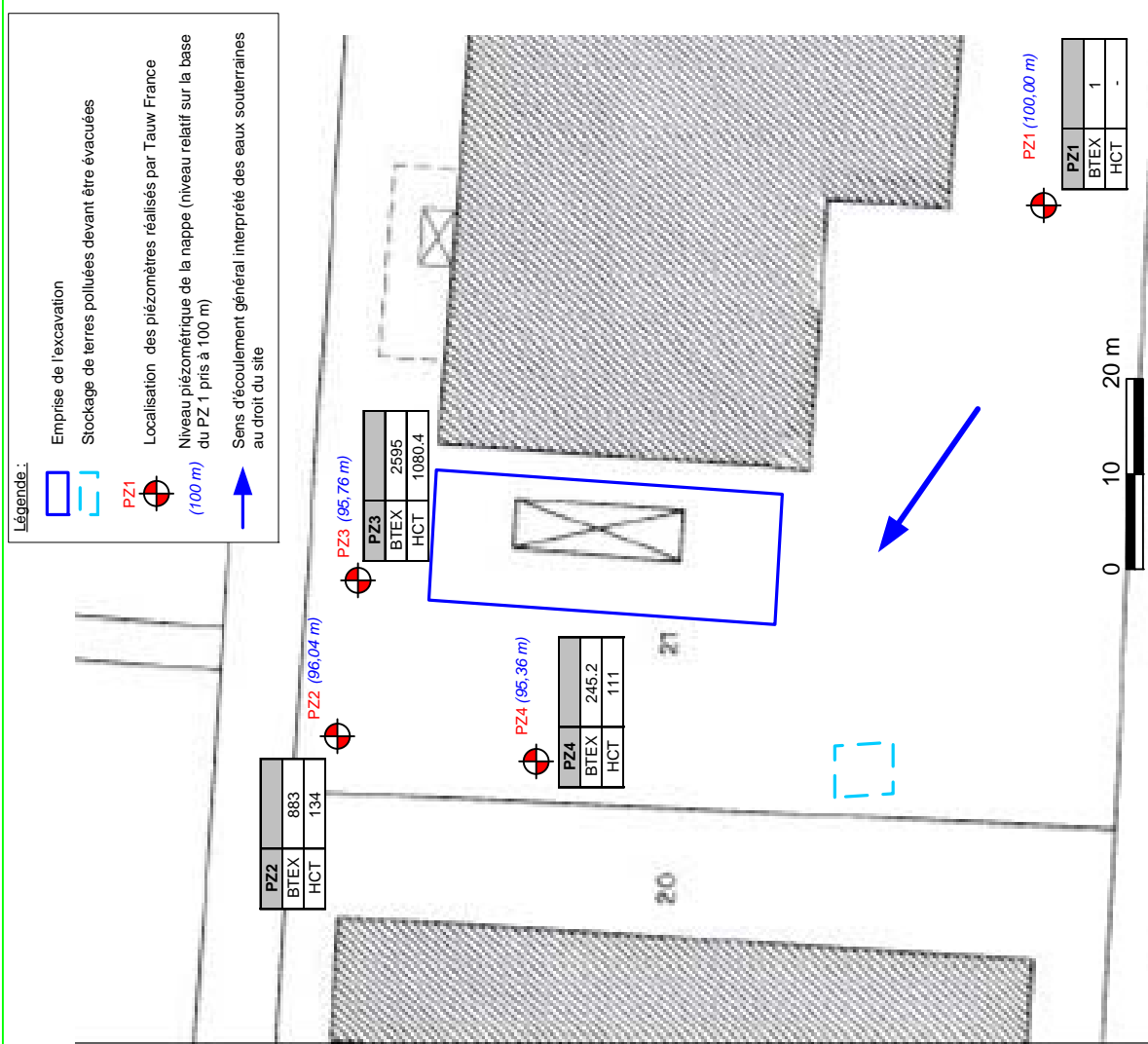
Tableau 4 - Résultats analytiques des échantillons d'eau souterraine							
	Unité	LQ	P1	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4
			Fond de l'excavation	Amont	Aval	Aval	Aval
BTEX							
Benzène	µg/L	0,2	12	-	42	370	100
Toluène	µg/L	0,5	10	-	16	33	5,3
Ethylbenzène	µg/L	0,5	340	-	190	650	26
o-xylène	µg/L	0,2	680	0,5	280	760	52
m,p-xylène	µg/L	0,5	53	-	35	12	4,9
Xylènes (somme)	µg/L	0,2	730	0,5	320	770	57
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)							
Naphtalène	µg/L	0,05	0,3	0,1	22	70	3,1
Acénaphthylène	µg/L	0,05	-	-	-	-	-
Acénaphthène	µg/L	0,01	0,28	-	-	-	-
Fluorène	µg/L	0,01	0,26	-	-	-	-
Phénanthrène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-
Anthracène	µg/L	0,05	-	-	-	-	-
Fluoranthène	µg/L	0,01	0,071	-	-	-	-
Pyrène	µg/L	0,01	0,13	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-
Chrysène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-
HAP (somme 4)	µg/L	0,005	-	-	-	-	-
HAP (somme 6)	µg/L	0,005	0,071	-	-	-	-
Hydrocarbures Totaux (HCT)							
HCT C6-C8	µg/L	10	230	-	160	1400	190
HCT C8-C10	µg/L	10	1900	-	690	2100	150
HCT C10-C12	µg/L	10	396	-	117	833	100
HCT C12-C16	µg/L	10	1190	-	17	179	11
HCT C16-C20	µg/L	5	832	-	-	19	-
HCT C20-C24	µg/L	5	660	-	-	13	-
HCT C24-C28	µg/L	5	150	-	-	10	-
HCT C28-C32	µg/L	5	20	-	-	10	-
HCT C32-C36	µg/L	5	-	-	-	9,1	-
HCT C36-C40	µg/L	5	-	-	-	7,3	-
HCT C6-C40 (somme)	µg/L	50	5378	-	984	4580,4	451

- Concentration < Limite de quantification du laboratoire (LQ)

Figures

Figure 1 **Carte de synthèse des travaux de dépollution**

Figure 2 **Schéma conceptuel du site**



Client	ATAC	Echelle	Voir barres d'échelle	Nombre de figure	01
Projet - Localisation	AMO Travaux de dépollution - Ancienne station service Simply Market - Terrasson Lavilledieu	Format	A4	Date	11/2012
Objet	Carte de synthèse des travaux de dépollution	Auteur:	G.LAROCHE	Nombre de projet	6079954
Source	-	Accord:	A.NARROS		



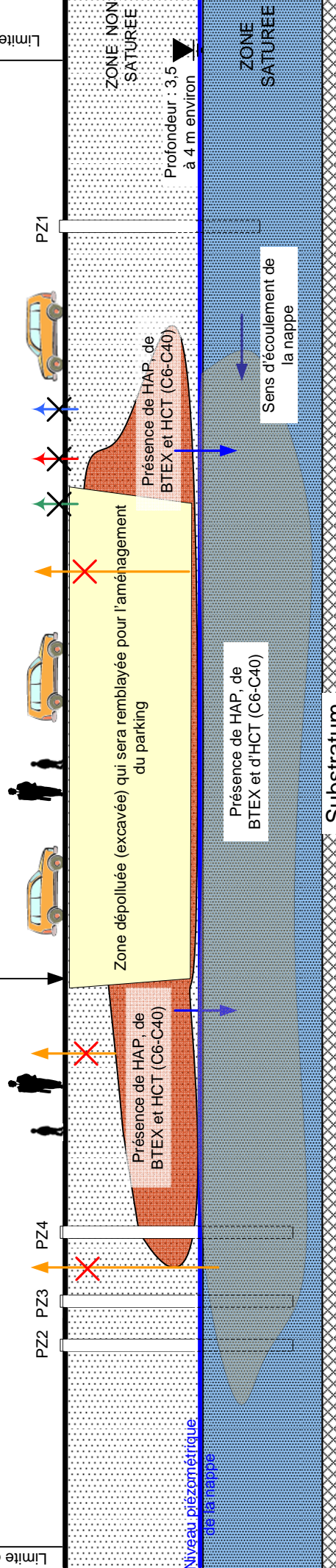
Nord-ouest

Sud-est

Parkings avec couverture de surface

Limite du secteur d'étude

Air extérieur



A) Milieux impactés

Milieux impactés

Sol
Eaux souterraines

Polluants

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
Hydrocarbures totaux (C6-C40)
BTEX

B) Voies de transfert et voies d'administration

Transfert vers un autre milieu

- Volatilisation / diffusion / inhalation
- Envol / inhalation de poussières
- Percolation / lixiviation
- Ingestion accidentelle de sol
- Contact cutané

C) Cibles identifiées

- Usagers du futur parking



Adulte

Enfant

Cliant

ATAC

Projet - Localisation

AMO Travaux de dépollution - Ancienne station service Simply Market - Terrasson Lavilledieu

Objet

Schéma conceptuel du site

Source

Numéro de figure

02

Date

11/2012

Numéro de projet

6079954

Echelle

Sans objet

Format

A4

Auteur: B. GIBROL

Accord: A.NARROS



Tauw