

**Ancienne décharge du Letten à
HAGENTHAL-LE-BAS (68) – Evaluation
détaillée de risques pour la santé humaine
et la ressource en eau**

Volet 2 : Etat des connaissances

GIORB
Groupement d'Intérêts
pour la sécurité des Décharges
de la Région Bâloise

Mai 2008 – A47000/A

GIDRB

**Postfach
CH-4002 BÂLE (SUISSE)**

AGENCE NORD EST

15, rue du Tanin – B.P. 312 - LINGOLSHEIM
67834 TANNERIES CEDEX
Tél. : 03.88.78.90.60 – Fax : 03.88.76.16.55



*Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
Volet 2 : Etat des connaissances*

A 47000/A

Sommaire

	Page
1. Contexte et objectifs	3
2. Description du site	5
2.1. Localisation et maîtrise foncière	5
2.2. Contexte environnemental, usages et fréquentation	5
2.3. Contexte climatique	7
2.4. Description de la décharge	11
2.5. Autres sources potentielles de pollution du secteur	12
3. Etat des connaissances hydrologiques, géologiques et hydrogéologiques	15
3.1. Contexte hydrologique	15
3.2. Contexte géologique	15
3.2.1. Sources d'information	15
3.2.2. Géologie du secteur	16
3.3. Le système hydrogéologique du site du Letten	17
3.3.1. La formation aquifère de la Molasse alsacienne	17
3.3.2. La formation aquifère des Alluvions anciennes des plateaux	28
3.3.3. Relations hydrauliques entre les aquifères de la Molasse alsacienne, des Alluvions anciennes et le corps de la décharge	37
3.3.4. Bilan hydrique au sein de la nappe des Alluvions anciennes	37
4. Etat des connaissances sur la décharge du Letten (caractérisation du terme source)	47
4.1. Historique de la décharge du Letten	47
4.1.1. Informations exploitées	47
4.1.2. Interprétation	48
4.2. Volumes et tonnages estimés	55
4.3. Reconnaissance du corps de la décharge	57
4.3.1. Rappel des investigations effectuées	57
4.3.2. Localisation des déchets recueillis	57
4.3.3. Résultats obtenus	61
4.4. Caractérisation physico chimique des déchets et des sols sous-jacents	68
4.4.1. Substances susceptibles d'être rencontrées dans le corps des déchets	68
4.4.2. Résultats des analyses sur les déchets	69
4.4.3. Analyses des sols sous les déchets	83

4.4.4.	Synthèse des concentrations observées sur les déchets et les sols sous-jacents – mise en évidence de l'atténuation	84
4.5.	Degré de contamination des sols de surface.....	89
4.5.1.	Diagnostic des sols de surface.....	89
4.5.2.	Résultats obtenus.....	90
5.	Qualité des eaux souterraines et constat d'impact	91
5.1.	Eaux souterraines des alluvions anciennes au droit et à l'aval de la décharge.....	91
5.1.1.	Paramètres généraux et composés inorganiques	92
5.1.2.	Composés organiques.....	94
5.1.3.	Recherche du Surfynol 104	102
5.1.4.	Cas des dioxines	102
5.1.5.	Synthèse sur les eaux des alluvions en aval de la décharge	103
5.2.	Les eaux des Alluvions anciennes en amont et sur les cotés de la décharge.....	108
5.2.1.	Points surveillés	108
5.2.2.	Paramètres généraux et composés inorganiques	108
5.2.3.	Composés organiques.....	109
5.2.4.	Recherche du Surfynol 104.....	114
5.2.5.	Cas des dioxines	114
5.2.6.	Conclusions	115
5.3.	Les eaux de la Molasse alsacienne	115
5.3.1.	Qualité des eaux de la Molasse alsacienne superficielle.....	115
5.3.2.	Qualité des eaux de la Molasse profonde AEP.....	125
5.3.3.	Conclusions	128
6.	Qualité des eaux superficielles et constat d'impact	129
6.1.1.	Qualité des eaux du Lertzbach	129
6.1.2.	Système de drains du Letten	132
6.1.3.	Autres eaux superficielles	140
7.	Mécanismes de transfert des substances contenues dans les déchets	142
7.1.	Mise en évidence de transferts verticaux de polluants	142
7.2.	Mise en évidence de transferts latéraux de polluant.....	143
7.3.	Modèle hydrogéologique.....	143
7.4.	Discussions concernant les mécanismes de migration verticale	144
7.4.1.	Discussion relative à la présence d'une phase libre plongeante	144
7.4.2.	Transfert convectif sous forme dissoute	146
7.4.3.	Transport et flux diffusif sous forme dissoute	149
7.5.	Discussions concernant les mécanismes de migration latérale	152
7.5.1.	Migration sous forme de phase libre plongeante ou flottante	152
7.5.2.	Transfert et flux convectif sous forme dissoute	152
7.6.	Facteurs d'atténuation	155
7.6.1.	Dispersion et dilution	156

7.6.2.	Phénomène de sorption et facteur de retard	156
7.6.3.	Phénomènes de biodégradation.....	159
8.	Emissions vers l'air atmosphérique via les gaz du sol ou les eaux de surface.....	162
8.1.	Caractérisation des gaz du sol	162
8.1.1.	Dynamique des gaz du sol et des composés sous forme gazeuse	162
8.1.2.	Résultats de la reconnaissance des gaz du sol.....	164
8.2.	Modélisation des transferts par voie gazeuse	170
8.2.1.	Concept général.....	170
8.2.2.	Transfert des déchets et des gaz du sol vers l'air ambiant	171
8.2.3.	Transfert eau de surface / air ambiant	175
9.	EDR Ressources en eau.....	177
9.1.	Usages des eaux superficielles	177
9.2.	Usages des eaux souterraines	177
9.2.1.	Usages de la nappe et de puits captant la Molasse alsacienne	177
9.2.2.	Usages de la nappe des Alluvions anciennes	180
9.3.	Impact sur la ressource en eau et vulnérabilité des puits et captages actuels	182
9.3.1.	Notion de vulnérabilité.....	182
9.3.2.	Vulnérabilité du puits AEP « Kappelmatten » à SCHÖNENBUCH.....	183
9.3.3.	Vulnérabilité des sources AEP « Milchhüsli » et « Brunnenmatten » à SCHÖNENBUCH	191
9.3.4.	Vulnérabilité du puits CALONEGO	193
9.3.5.	Vulnérabilité de la Ressource en Eau.....	194
10.	Schéma conceptuel de transfert du site du Letten.....	195

Liste des tableaux

Tableau 1 : Recensement des évènements pluvieux présentant un cumul mensuel supérieur à 150 mm (1950 à 2007) (source : METEO France Station de BALE-MULHOUSE).....	9
Tableau 2 : Distances et pentes remarquables du site du Letten	11
Tableau 3 : Estimation du gradient hydraulique maximal au sein de la Molasse alsacienne profonde	23
Tableau 4 : Caractéristiques hydrodynamiques de la Molasse alsacienne	23
Tableau 5 : Vitesses d'écoulement au sein des Alluvions anciennes sensu stricto en fonction de la lithologie	39
Tableau 6 : Bilan hydrique de l'aquifère des Alluvions anciennes sensu stricto	40
Tableau 7 : Estimation du débit de nappe du compartiment bas des Alluvions anciennes.....	41
Tableau 8 : Bilan hydrique de l'aquifère du compartiment bas.....	43
Tableau 9 : Références des photographies aériennes.....	47
Tableau 10 : Reconnaissance directe dans la décharge du Letten – Synthèse.....	57
Tableau 11 : Screening CPG/MS sur les sols/déchets, synthèse	82
Tableau 12 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (métaux, cyanures, et halogènes)	85
Tableau 13 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (hydrocarbures, HAP, BTEX, phénols)	86
Tableau 14 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (amines aromatiques)	87
Tableau 15 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (CAV halogénés, nitrobenzène)	88
Tableau 16 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (barbituriques)	89
Tableau 17 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (barbituriques)	89
Tableau 18 : Récapitulatif des dates de prélèvement sur la nappe des alluvions au droit et en aval de la décharge	92
Tableau 19 : Screening Plet6bis d'avril 2006 (source : [51]), synthèse par degré de qualité d'identification des substances.....	98
Tableau 20 : Qualité des eaux souterraines dans les Alluvions anciennes au droit et à l'aval immédiat du dépôt : amines	104
Tableau 21 : Qualité des eaux souterraines dans les Alluvions anciennes au droit et à l'aval immédiat du dépôt : composés organo-halogénés volatils et chlorobenzènes.....	105
Tableau 22 : Qualité des eaux souterraines dans les Alluvions anciennes au droit et à l'aval immédiat du dépôt : barbituriques	106
Tableau 23 : Qualité des eaux souterraines dans les Alluvions anciennes au droit et à l'aval immédiat du dépôt : 4-chlorophénylméthylsulfone	106

*Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
Volet 2 : Etat des connaissances*

A 47000/A

Tableau 24 : Contamination diffuse de la Molasse alsacienne (horizons superficiel) en aval direct et latéral de la décharge (en µg/l).....	124
Tableau 25 : Résultats des screenings du drain n°2 de juin 2006 – Synthèse	137
Tableau 26 : Plages de concentrations obtenues par screening du drain n°2 de juin 2006	137
Tableau 27 : Vitesses verticales de drainance estimées.....	147
Tableau 28 : Calcul des nombres de Pecllet	150
Tableau 29 : Vitesses effectives d'écoulement au sein de la Molasse.....	153
Tableau 30 : Estimation du temps nécessaire à une particule d'eau non retardée pour effectuer un trajet horizontal de 600 mètres dans la molasse alsacienne (en années)	154
Tableau 31 : Estimation des facteurs de retard pour les composés organiques traceurs des émissions de l'ancienne décharge du Letten.....	157
Tableau 32 : Synthèse des résultats des analyses sur les gaz du sol (mars avril 2007)	166
Tableau 33 : Paramètre de transfert gaz du sol/air ambiant retenus	172
Tableau 34 : Transfert des déchets et/ou des gaz du sol vers l'air ambiant Résultats des calculs et mesures	174
Tableau 35 : Estimation de la largeur amont du front d'emprunt du puits Kappelmaten (Analyse de sensibilité)	186

Liste des figures

Figure 1 : Délimitation du secteur d'étude	2
Figure 2 : Situation cadastrale et identification des propriétaires fonciers.....	4
Figure 3 : Hauteurs moyennes annuelles des précipitations de 1950 à 2007 (station BALE-MULHOUSE - source : METEO FRANCE).....	7
Figure 4 : Hauteurs mensuelles des précipitations de 2000 à 2007 (station BALE-MULHOUSE - source : METEO FRANCE).....	9
Figure 5 : Direction et vitesse du vent mesurée entre le 28 mars et le 03 avril 2007 .10	
Figure 6 : Autres sources potentielles de pollution du secteur de HAGENTHAL-LE-BAS / SCHÖNENBUCH.....	13
Figure 7 : Cotes des crépines des ouvrages du secteur d'étude captant la Molasse alsacienne.....	18
Figure 8 : Profils géoélectriques (EDG, 2002)	21
Figure 9 : Piézométrie de la Molasse alsacienne, état mars 2007.....	25
Figure 10 : Hydrogrammes des piézomètres du site du Letten captant la Molasse alsacienne et précipitations mensuelles (source : METEO France, station BALE-MULHOUSE) (février 2001 – mars 2007).....	27
Figure 11 : Coupe hydrogéologique interprétative du site du Letten	30
Figure 12 : Carte piézométrique interprétative des Alluvions anciennes des plateaux (état mars 2007).....	34
Figure 13 : Hydrogrammes des piézomètres captant les Alluvions anciennes (février 2001-mars 2007) (source : METEO France, station BALE-MULHOUSE).....	36
Figure 14 : Reconnaissances du système de drains en aval de la décharge du Letten	42
Figure 15 : Aspect du site du Letten en 1885	48
Figure 16 : Aspect du site du Letten en 1939 (<i>extrait de la carte d'état major « Altkirch n°8 cd »</i>).....	49
Figure 17 : Tracé présumé de l'ancienne exploitation du Letten et des chemins ruraux	50
Figure 18 : Reconstitution de l'évolution présumée du site de l'ancienne décharge du Letten entre 1950 et 1957	52
Figure 19 : Reconstitution de l'évolution présumée du site de l'ancienne décharge du Letten entre 1957 et 1970	53
Figure 20 : Estimation des tonnages de déchets chimiques.....	56
Figure 21 : Coupe hydrogéologique synthétique de la décharge du Letten (avril 2007).....	62
Figure 22 : Répartition des teneurs en métaux au sein de la décharge	70
Figure 23 : Répartition des teneurs en CAV halogénés dans les déchets.....	72
Figure 24 : Signature en HAP des échantillons de la décharge du Letten.....	75
Figure 25 : Répartition des teneurs (en mg/ kg) en amines aromatiques au sein de la partie récente de la décharge.....	78

Figure 26 : Signature hydrogéochimique des eaux du piézomètre Plet6bis (max, moy, min de tous les échantillonnages de juin 2002 à mars 2007)	97
Figure 27 : Signature hydrogéochimique des eaux des piézomètres Plet7 et Plet7bis.....	100
Figure 28 : Evolution des concentrations dans la Molasse alsacienne superficielle dans le proche environnement de la décharge	125
Figure 29 : Signature hydrochimique en composés organiques du drain n°2 (analyses entre juin 2002 et mars 2007)	135
Figure 30 : Comportement d'une phase organique volatile DNAPL, schéma de principe	144
Figure 31 : Effet de mise en charge des Alluvions et de la décharge en période de pluie, hypothèse du dôme piézométrique	148
Figure 32 : Rétrodiffusion (FÖRSTNER & GRATHWOHL, 2003).....	151
Figure 33 : Estimation des facteurs de retard pour les composés organiques traceurs des émissions de l'ancienne décharge du Letten.....	158
Figure 34 : Mécanismes de biodégradation	159
Figure 35 : Les gaz du sol à l'échelle du pore	162
Figure 36 : Distribution des concentrations en méthane et CO ₂ dans les gaz du sol (mars avril 2007) – source : VILLIGER Systemtechnik AG (cf. annexe G4 volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51])	165
Figure 37 : Distribution des concentrations en chlorobenzènes et nitrobenzène dans les gaz du sol (mars avril 2007) - source : VILLIGER Systemtechnik AG (cf. annexe G4, volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51])	167
Figure 38 : Distribution des concentrations en BTEX et COHV dans les gaz du sol (mars avril 2007) - source : VILLIGER Systemtechnik AG (cf. annexe G4 volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51])	168
Figure 39 : Schéma conceptuel des transferts pour les émissions gazeuses dans l'environnement de la décharge.....	170
Figure 40 : Concentration calculée dans l'air ambiant par transfert des gaz du sol et/ou des déchets	173
Figure 41 : Calcul des concentrations dans l'air ambiant par transfert depuis l'eau du drain n°2.....	175
Figure 42 : Calcul des concentrations dans l'air ambiant par transfert depuis l'eau de la source ES3.....	176
Figure 43 : Position de la décharge du Letten, du captage AEP « Kappelmatten » et du périmètre de protection associé.....	178
Figure 44 : Vulnérabilité horizontale et verticale du puits AEP de Kappelmatten...	184
Figure 46 : Estimation de la géométrie de la zone d'appel pour le puits AEP « Kappelmatten »	187
Figure 47 : Estimation « moyenne » de la géométrie de la zone d'emprunt de l'AEP « Kappelmatten » et position de la décharge du Letten.....	188
Figure 48 : Schéma conceptuel de transfert du site du Letten (coupe).....	196
Figure 49 : Schéma conceptuel de transfert du site du Letten (plan)	197

**Tous les rapports édités antérieurement constituaient des documents d'étape.
 Les volets 1 à 5 présentés ici annulent et remplacent les documents antérieurs.**

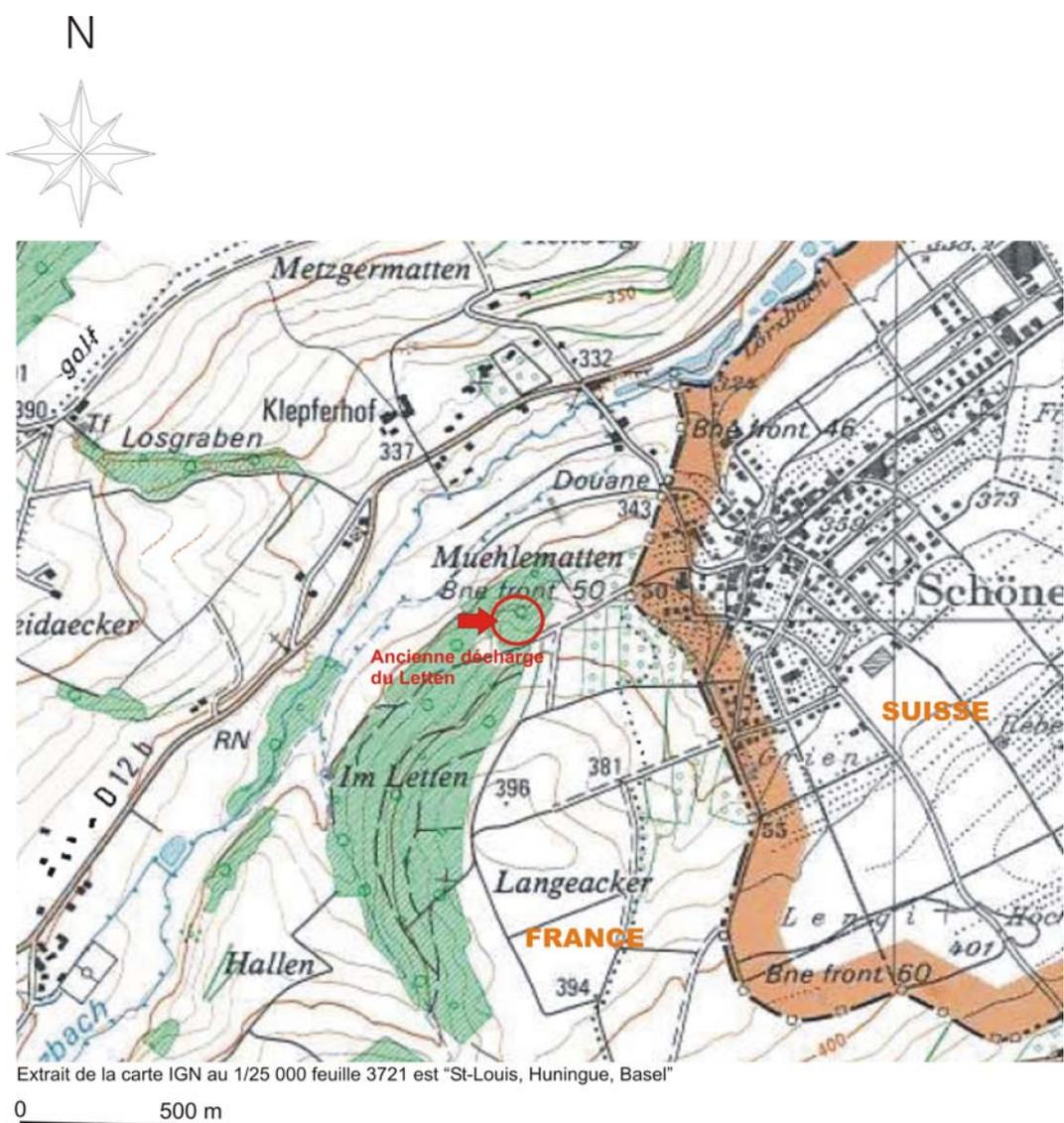


Figure 1 : Délimitation du secteur d'étude

1. Contexte et objectifs

Le présent document constitue le **second volet de l'étude relative à l'Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la ressource en eau** de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL-LE-BAS (cf. Figure 1).

Cette étude comprend les volets suivants :

- Volet 1 : Investigations réalisées,
- **Volet 2 : Etat des connaissances,**
- Volet 3 : Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé et la ressource en eau,
- Volet 4 : Résultats bruts et annexes,
- Volet 5 : Etude toxicologique.

Le contexte et les objectifs de l'étude sont rappelés dans le volet 1 (rapport ANTEA A46162/A [48]). On rappelle ici que ces cinq volets forment une unité indissociable.

Le présent rapport expose :

- l'état des connaissances du contexte géologique et hydrogéologique,
- l'état des connaissances sur la décharge (historiques et investigations),
- l'état des connaissances des impacts sur les milieux eaux souterraines, superficielles, sol et gaz du sol,
- l'interprétation de ces informations en termes de transfert (état actuel et futur).

La présente étude s'attache à apprécier quantitativement et qualitativement les impacts potentiels ou avérés, actuels et futurs, sur la Santé humaine et la Ressource en eau, des substances issues déchets de la chimie bâloise des années 50 déposés sur le site de l'ancienne décharge du Letten.

Les autres substances, éventuellement présentes dans la décharge mixte du Letten et pouvant accompagner les émissions, identifiées comme n'étant pas des traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50, sont toutefois prises en considération dans le présent document. Ils ne constituent pas un critère de prise de décision pour le devenir du site du Letten et n'engagent en rien la responsabilité du GI DRB.

Afin de faciliter la lecture et l'utilisation du présent rapport, la liste des sigles et abréviations utilisés dans le corps du texte a été placée en annexe A (volet4, rapport ANTEA A47556/A [51]). La liste des rapports relatifs au site du Letten constitue l'annexe B (volet4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

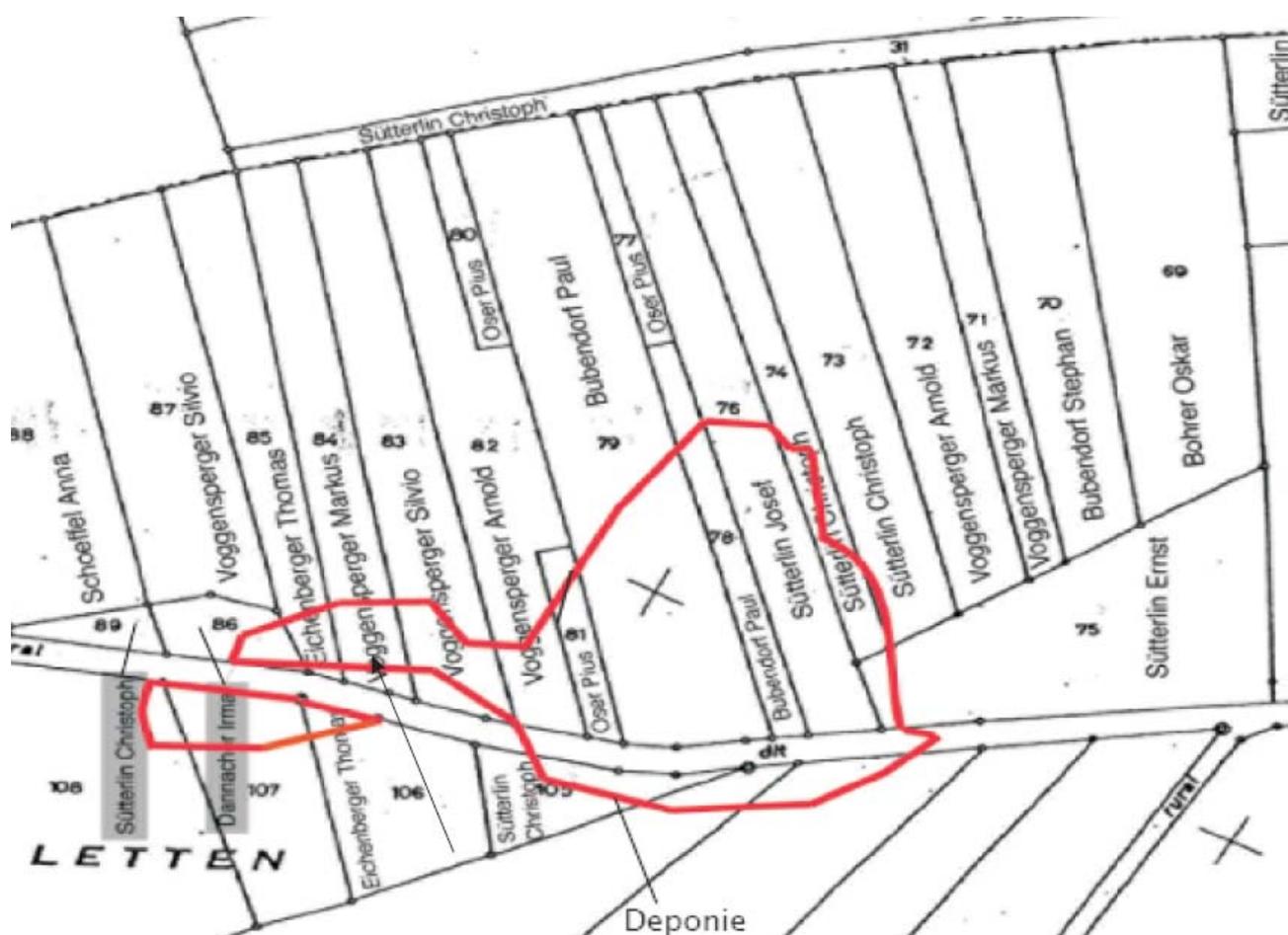


Figure 2 : Situation cadastrale et identification des propriétaires fonciers

2. Description du site

2.1. Localisation et maîtrise foncière

La décharge du Letten (numéro INSEE 68120) est située à environ 2,5 km au Nord-Est du village de HAGENTHAL-LE-BAS (cf. Figure 1), à quelque 300 m des premières habitations du village suisse de SCHÖNENBUCH (X : 988200, Y : 2294100¹, Z : + 360 m NGF).

Le site du Letten est identifié (site n°53, Alsace, Département 68) dans l'inventaire BASOL² du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD).

Les terrains sur lesquels ont été déposés les déchets appartiennent à de nombreux propriétaires et exploitants agricoles privés (cf. Figure 2). La décharge de Letten est officiellement fermée, mais y sont encore entreposés occasionnellement des déchets verts et des gravats. Un écriteau de la commune de SCHÖNENBUCH (« *Gemeinde* ») précise, au niveau de la frontière franco suisse, à l'entrée du chemin rural du « *Unterer Lettenweg* », l'interdiction de telles pratiques.

La Figure 2 présente la situation cadastrale de cette ancienne décharge du Letten et identifie les différentes parcelles et leur propriétaire.

2.2. Contexte environnemental, usages et fréquentation

L'environnement immédiat de la décharge est essentiellement forestier. Il apparaît aujourd'hui recouvert par des arbres assez jeunes et encadrés par d'autres plus anciens (le couvert d'arbres jeunes renseigne sur l'extension des terrains remaniés par l'activité humaine et /ou la mise en décharge).

Des chemins communaux carrossables, à vocation agricole, desservent la forêt du Letten qui fait occasionnellement l'objet de travaux forestiers. Ces travaux concernent en particulier les parcelles situées au Nord et au pied de la décharge.

¹ Coordonnées en projection Lambert II étendue.

² Inventaire des sites (potentiellement) pollués et appelant une action des pouvoirs publics : BASOL (<http://www.environnement.gouv.fr/basol>).

Au Sud et à l'Est de la décharge, au delà du chemin communal, les terrains sont essentiellement exploités pour l'agriculture : foin et vergers (cerisaie).

Les chemins communaux sont très fréquentés par les habitants du proche village de SCHÖNENBUCH (promenade pédestre ou équestre). Les enfants du village ont coutume de jouer dans les bois situés au Nord-Est de la décharge (à proximité de la source identifiée par ES3).

Le site est d'accès aisé et non clôturé. Le site de la décharge du Letten est donc fréquenté par :

- des enfants et des adultes dans le cadre de promenades,
- des enfants dans le cadre de jeux,
- des adultes dans le cadre de travaux forestiers.

La partie la plus ancienne de la décharge est située au droit de la parcelle n°120 exploitée en 2007 par Monsieur Bubendorf. Cette parcelle, exploitée jusqu'alors pour le foin et les arbres fruitiers, a été mise en labours en mars 2007 (plantation de soja).

A cette occasion, des déchets chimiques subaffleurant de la décharge ont été amenés à la surface du sol. Des travaux de sécurisation de cette parcelle ont été immédiatement entrepris par le GIDRB, en liaison avec la DRIRE, afin de restituer en toute sécurité l'usage agricole de cette parcelle, fin avril 2007, par remplacement des déchets par de la terre.

Le descriptif de ces travaux fait l'objet du rapport ANTEA A46059/A de juin 2007 [58]. Les connaissances acquises sur la décharge à l'occasion de cette sécurisation ont été intégrées au présent volet de l'EDR.

Des champs sont exploités pour le fourrage (foin et luzerne) et occasionnellement pour la pâture de bovins, 70 m en aval pente de la décharge et en limite Sud-Est du site.

Cette zone a fait l'objet de travaux agricoles de drainage. Un système de drains orientés selon la ligne de plus grande pente draine les champs de la lisière de la forêt du Letten au fossé / canal dans lequel les drains se déversent. La date de ces travaux agricoles n'est pas connue.

Le canal de 80 - 90 cm de profondeur a été creusé à même l'argile et comblé de graviers drainant. Ce fossé, marqué aujourd'hui par une rangée de saules, alimentait par le passé un moulin, situé 700 m plus au Nord-Est.

Plus à l'Ouest, entre le canal de drainage et le Lertzbach, le terrain faiblement penté est exploité pour la culture du maïs et du blé.

2.3. Contexte climatique

L'ancienne décharge du Letten est implantée dans un contexte présentant un climat semi continental tempéré. Les deux paramètres climatologiques d'importance majeure se résument comme suit : pluviométrie et sens, direction et vitesse (moyenne et en rafale) des vents dominants.

□ Pluviométrie

Les données pluviométriques décrites ci-dessous sont celles de la station Météo France la plus proche, à savoir celle de l'aéroport international de BALE-MULHOUSE (station n°68297001), située à 8 km au Nord Nord-Est de l'ancienne décharge du Letten.

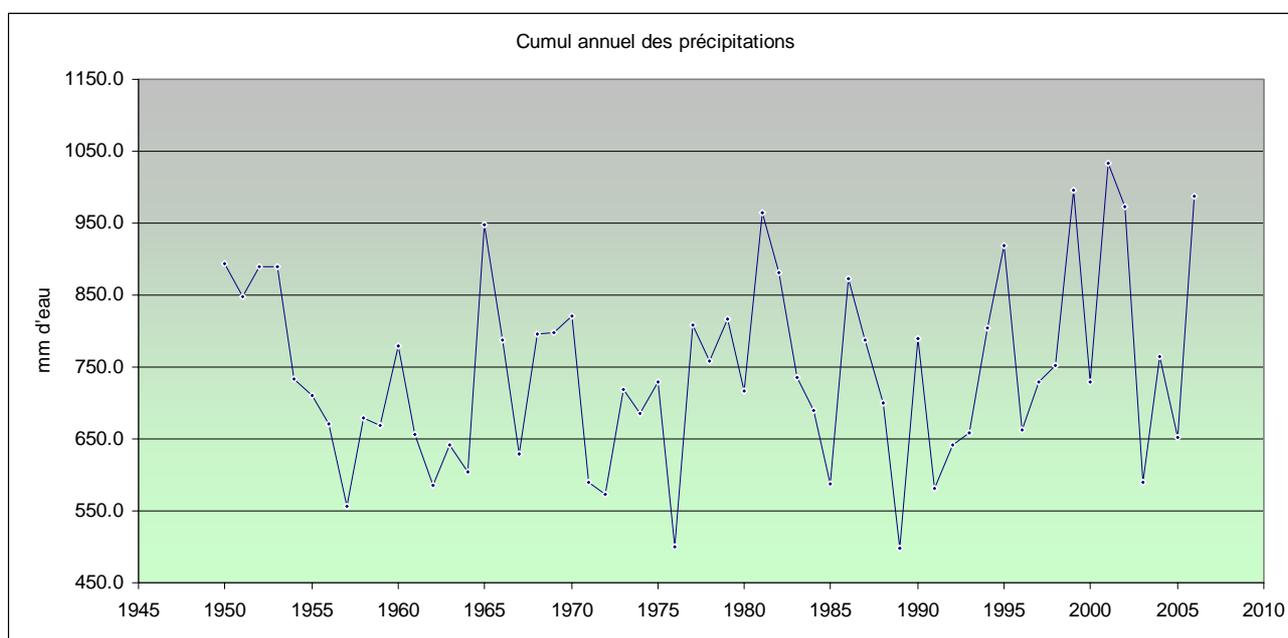


Figure 3 : Hauteurs moyennes annuelles des précipitations de 1950 à 2007 (station BALE-MULHOUSE - source : METEO FRANCE)

En ce qui concerne la pluviométrie, nous nous focaliseront sur les deux périodes suivantes :

- 1950-2007, de la mise en dépôt au Letten à aujourd'hui (cf. Figure 3),
- 2000-2007, du début des investigations au Letten à aujourd'hui (cf. Figure 4).

Le régime pluviométrique est caractérisé par une pluviométrie plus importante en été et des hauteurs de précipitations plus faibles en hiver.

Les moyennes des précipitations annuelles (cf. Figure 3) montrent, depuis 1950, une alternance d'années sèches et humides. La moyenne annuelle de ces hauteurs de précipitations sur une cinquantaine d'année est de 740 mm. D'une manière générale, on peut estimer que cette valeur, mesurée en plaine, sous estime les hauteurs des précipitations réelle dans les collines du Sundgau.

Les années 2000, 2001 et 2002 sont des années particulièrement pluvieuses : le maximum du cumul annuel de la pluviométrie sur la période de 1950 à 2007 est atteint en 2001 (avec 1 033 mm d'eau).

A l'opposé, la période s'étalant du printemps 2003 à l'hiver 2005 est marqué par un déficit pluviométrique. Un déficit pluviométrique annuel de cette intensité ne revêt toutefois aucun caractère exceptionnel sur la période d'observation (1950 à nos jours).

L'année 2006 est, quant à elle, marquée par le retour d'un important cumul pluviométrique, en particulier au printemps 2006 (pluviométrie sur les mois de mars et avril 2006 de 256 mm, associée à une fonte des neiges durant l'hiver 2005-06).

Il s'agit de la quatrième période de forte pluviométrie observée depuis mars 2001. Le cumul mensuel des précipitations observé (cf. Figure 4) à la station de l'aéroport de BALE-MULHOUSE au printemps 2006 (150 mm/mois en mars 2006) est plus faible que ceux observés en mars 2001 (pic à 185 mm/mois), en décembre 2002 (pic à 175 mm/mois) et en octobre 2004 (170 mm/mois).

Un événement pluvieux caractérisé par une pluviométrie mensuelle supérieure à 150 mm (station BALE-MULHOUSE) a été observé 14 fois sur la période de 1950 à mars 2007 dont 4 fois sur la période de 2000 à mars 2007 (cf. Tableau 1).

janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
0	1	1	0	3	1	1	4	0	1	2	0

Tableau 1 : Recensement des évènements pluvieux présentant un cumul mensuel supérieur à 150 mm (1950 à 2007) (source : METEO France Station de BALE-MULHOUSE).

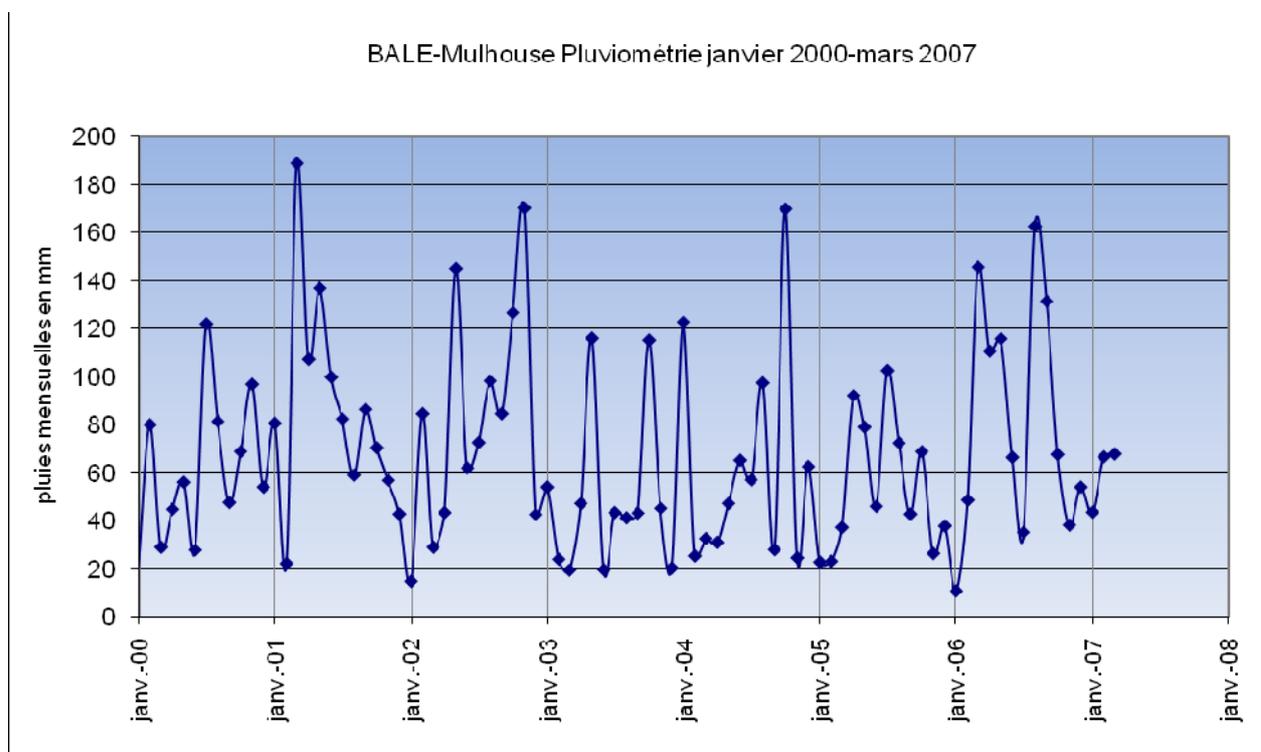


Figure 4 : Hauteurs mensuelles des précipitations de 2000 à 2007 (station BALE-MULHOUSE - source : METEO FRANCE)

□ **Direction et vitesse des vents dominants.**

La vitesse et la direction du vent, facteurs de dispersion atmosphérique des éventuelles émissions gazeuses issues du sol, ont été mesurées sur les sites du Letten et du Roemisloch du 28 mars 2007 au 03 avril 2007 dans le cadre des investigations détaillées complémentaires du printemps 2007. Les relevés du site du Roemisloch ont été effectués les 28 et 29 mars, suivis par ceux du Letten jusqu'au 3 avril. Les résultats sont homogènes pour les deux sites et présentés sur la Figure 5.

On constate d'après les mesures effectuées que le vent dominant est de secteur Sud. Les vitesses du vent mesurées sont faibles et inférieures à 3 m/s.

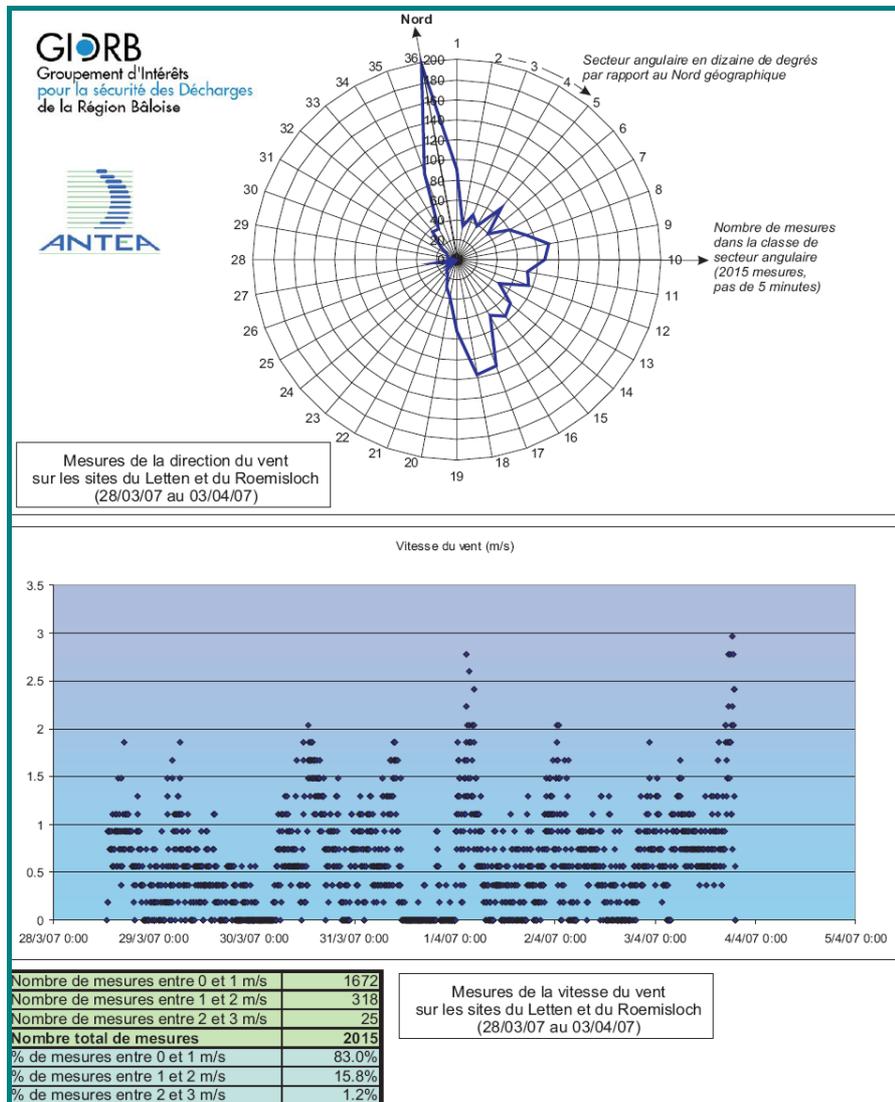


Figure 5 : Direction et vitesse du vent mesurée entre le 28 mars et le 03 avril 2007

2.4. Description de la décharge

La décharge se présente actuellement comme une plate-forme de treize mètres de hauteur, se détachant de la topographie naturelle, s'avancant vers le Nord-Ouest sur le coteau, en rive droite de la vallée de la Lertzbach. Le pied de la décharge est situé à l'altitude + 358 m NGF. La plate forme constituant l'ancienne aire de déchargement est située à l'altitude + 371 m NGF.

Il s'agit pour sa partie la plus récente d'une décharge de pente. Elle s'avance en deux lobes : un lobe principal orienté vers le Nord-Ouest et un lobe secondaire qui s'avance vers l'Ouest selon l'axe du chemin rural dit du « *Unterer Lettenweg* ».

Les dimensions de cette décharge sont les suivantes : 90 m environ selon la direction Sud-Est / Nord-Ouest et 80 m environ selon la perpendiculaire, soit une superficie au sol d'environ 5 300 m² avec une plate forme de 4 300 m² environ. La pente de la décharge représente une dénivellation de 13 m environ au front Nord-Ouest de la décharge alors que latéralement, sur les flancs Nord-Est et Sud-Ouest, ce dénivellé est de 7 m. La décharge se raccorde à la surface topographique vers le Sud-Est.

Les caractéristiques remarquables du site sont précisées dans le Tableau 2 ci-après.

Plate forme de la décharge	+ 371,00 m NGF
Pied de la décharge	+ 357,94 m NGF
Point haut du drain n°2 (pied talus)	+ 348,45 m NGF
Exutoire drain n°2	+ 339,71 m NGF
Pente moyenne plate-forme - pied du talus	15 %
Pente du drain	10 %
Pente exutoire Lertzbach	3,5 %
Distance lisière (pied du talus)-exutoire du drain	80 m
Distance exutoire du drain n°2 – Lertzbach	90 m
Distance Plate-forme - pied du talus	150 m
Distance Décharge – Lertzbach	275 m
Distance Décharge Source « <i>Milchhüsli</i> »	500 m
Distance Décharge puits du Golf	500 m
Distance Décharge – canal	175 m
Distance Décharge - AEP « <i>Kappelmatten</i> »	600 m

Tableau 2 : Distances et pentes remarquables du site du Letten

Un plan coté de l'ancienne décharge est présenté en annexe E dans le volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]). La surface de la décharge est recouverte par de jeunes arbrisseaux et une végétation éparse.

2.5. Autres sources potentielles de pollution du secteur

Les sources potentielles de pollution du secteur du Letten ont été identifiées par l'analyse des photographies aériennes et étayées par les témoignages des administrés de la commune de SCHÖNENBUCH (CH).

Les sites identifiés ont été reportés sur la Figure 6 :

- ancienne décharge du « *Galgenrain* » (site n°63 de l'inventaire BASOL³ 68), 700 m au Sud-Ouest de la décharge et ayant fait l'objet d'investigations volontaires par le GI DRB entre janvier 2000 et mai 2002 (cf. rapport ANTEA A27231/B du 23 octobre 2002, [10]). Aucun impact de la décharge, attribuable à des composés caractéristiques des déchets de la chimie bâloise, n'a été constaté sur la qualité des eaux souterraines ou superficielles.
- ancienne décharge du « *Grien* », 400 m au Sud-Est de la décharge (Sud de SCHÖNENBUCH, en territoire français). Cette décharge, établie dans une ancienne carrière a été exploitée entre 1951 et 1955. Les premiers dépôts sont visibles sur les clichés de 1955. Des matériaux fraîchement déposés sur la décharge du « *Grien* » apparaissent encore sur le cliché de 1961. La mise en dépôt a cessé avant 1964.

Le site est actuellement revégétalisé. La décharge est située à la cote + 370 m NGF dans le bassin versant de l'ancienne source AEP d'indice national suisse 25-2-A.

Un prélèvement d'eau de cette source AEP, issue des Alluvions anciennes des plateaux, et située en aval direct de la décharge du « *Grien* » a été réalisé en mai 2002 pour analyse au laboratoire. Ces analyses n'ont pas mis en évidence de composés caractéristiques des déchets de la chimie bâloise des années 50. La nature de ces dépôts reste à l'heure actuelle non encore renseignée.

- dépôt (vraisemblablement d'ordures ménagères) situé 350 m à l'Est Sud-Est de la décharge du Letten. Ces dépôts sont visibles sur les clichés de 1959. Ils seraient responsables de problèmes de tassements du sol et de stabilité des assises des habitations construites sur le site par après.
- petit atelier de métallurgie, 300 m à l'Est Nord-Est de la décharge.

³ Inventaire des sites (potentiellement) pollués et appelant une action des pouvoirs publics : BASOL (<http://www.environnement.gouv.fr/basol>).

- activité agricole dans l'environnement du Letten pouvant être à l'origine d'une contamination diffuse et chronique par des engrais (nitrates, etc.) et/ou des produits phytosanitaires (pesticides, herbicides comme par exemple l'atrazine, etc.).

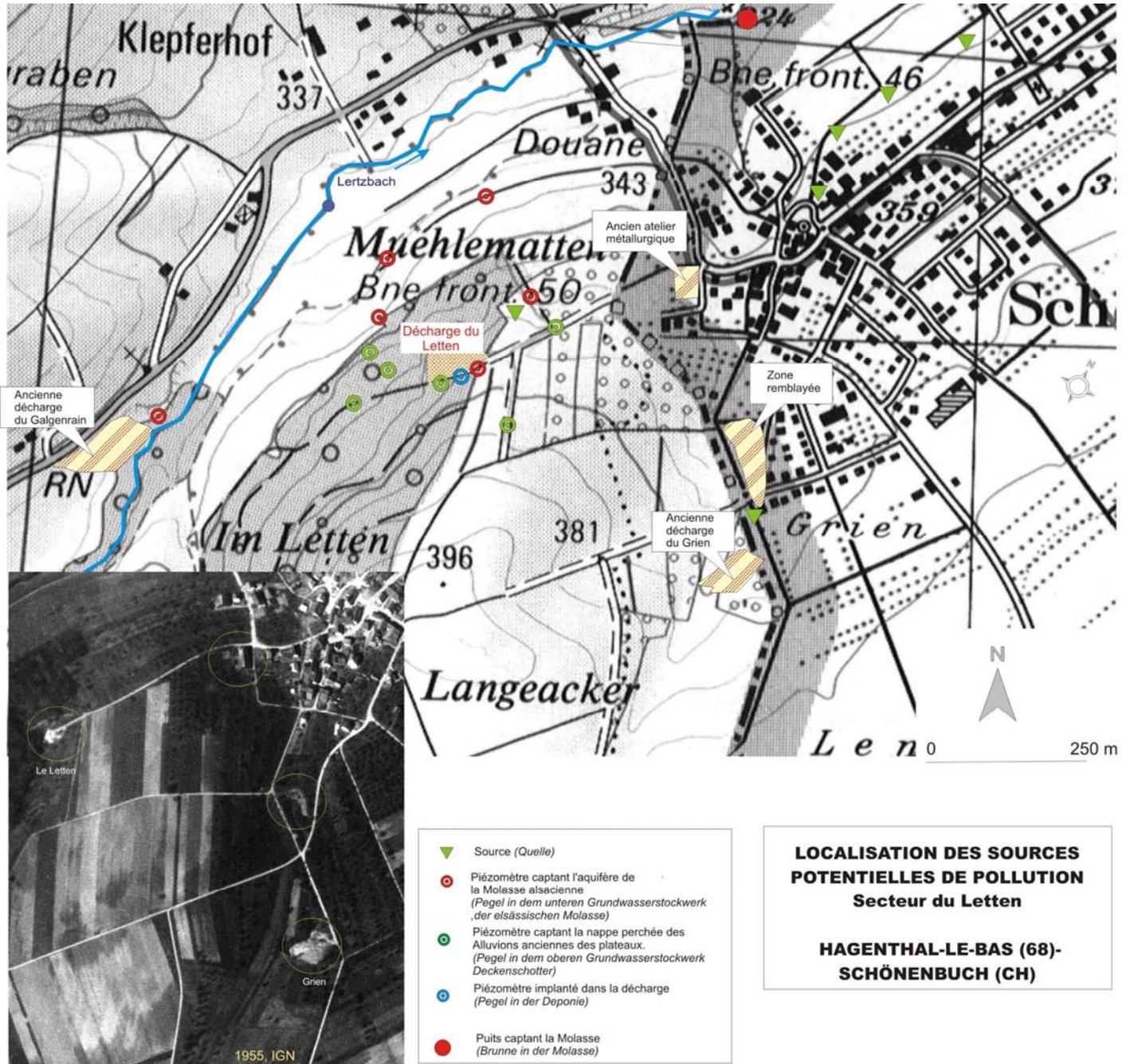


Figure 6 : Autres sources potentielles de pollution du secteur de HAGENTHAL-LE-BAS / SCHÖNENBUCH

*Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
Volet 2 : Etat des connaissances*

A 47000/A

A l'exception du site du « *Galgenrain* », il n'y a aucun site identifié dans les inventaires régionaux BASOL et BASIAS⁴ (tenus par le BRGM) sur le ban de la commune de HAGENTHAL-LE-BAS.

⁴ Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service. Inventaires historiques, qui ont vocation de reconstituer le passé industriel d'une région : BASIAS, (<http://basias.brgm.fr>).

3. Etat des connaissances hydrologiques, géologiques et hydrogéologiques

3.1. Contexte hydrologique

Le seul cours d'eau permanent identifié dans le secteur d'étude est le Lertzbach qui s'écoule depuis le Sud-Ouest vers le Nord-Est. Il s'agit d'un affluent du Rhin qui rejoint la plaine d'Alsace au niveau de HEGENHEIM.

Dans le secteur d'étude, le lit du Lertzbach est large de 2 à 3 m, et entaille les formations limoneuses et loessiques de fond de vallée, dessinant des berges relativement raides (jusqu'à 1 à 2 m d'escarpement).

La ligne d'eau s'établit aux alentours des cotes + 330 m NGF (au Sud-Est, à hauteur de l'ancienne décharge du Galgenrain) et + 320 m NGF (au Nord-Est, à hauteur du puits AEP « *Kappelmatten* »).

3.2. Contexte géologique

3.2.1. Sources d'information

La caractérisation du système hydrogéologique du Letten, c'est à dire de l'ensemble des aquifères, de leur dynamique propre et de leurs relations mutuelles, a été menée depuis janvier 2000 en croisant les informations suivantes :

- **géométrie, structure et nature des réservoirs aquifères** reconnus par quatre phases de forages et sondages successives. Les ouvrages sont décrits dans le volet 1 (rapport ANTEA A46162/A [48]) et les coupes géologiques et techniques des sondages, piézomètres et puits sont placées en annexe C dans le volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]). Elles sont essentiellement issues d'observations d'ANTEA et/ou de la BSS.

Ces reconnaissances directes ont été complétées par une reconnaissance indirecte par des techniques géoélectriques (sondages électriques, tomographie électrique / panneaux électriques).

Ces investigations géophysiques ont été effectuées par la société EDG⁵ du 27 au 29 novembre 2002 (cf. détail de ces investigations dans le Volet 1 de la présente étude).

- **transferts de pression (hydrodynamique) et transfert des masses (hydrodispersion)** au sein de ces unités aquifères et entre ces unités, étudiés en considérant les niveaux piézométriques dans les différents ouvrages implantés dans le secteur d'étude ainsi que la qualité des eaux dans ces différentes unités.

La connaissance de la géologie et de l'hydrogéologie du secteur du Letten repose sur des sondages de reconnaissance et sur le suivi de piézomètres (niveaux d'eau, qualité des eaux). Ces sondages et piézomètres ponctuels ne peuvent offrir une vision continue du milieu souterrain ; ils permettent d'avoir une vision ponctuelle de l'état du sous-sol, sans que l'on puisse exclure, entre deux sondages / ouvrages, l'existence d'une anomalie et /ou d'une structure hydrogéologique d'extension plus au moins importante. Leur implantation, leur profondeur et leur densité sont néanmoins adaptés au contexte et proportionnés aux enjeux.

3.2.2. Géologie du secteur

Le secteur de HAGENTHAL-LE-BAS / SCHÖNENBUCH s'inscrit dans l'unité géostructurale et géographique du Sundgau formée par le horst de MULHOUSE à l'Ouest et bordé à l'Est par le fossé d'ALLSCHWIL-WOLSCHWILLER. Le fossé d'ALLSCHWIL constitue une zone affaissée, dans le prolongement des structures distensives du fossé rhénan, limitée sur sa bordure Est par la dorsale de BALE.

La limite orientale du fossé d'ALLSCHWIL est marquée par la faille d'ALLSCHWIL, sensiblement Nord-Sud, qui passe par NEUWILLER. Le rejet est de 130 m environ, d'après le forage d'indice national 0476-4X-0009. Elle se décomposerait en une série de failles décalant progressivement des compartiments très étroits d'Ouest en Est du fossé à la dorsale de BALE. Elle se poursuit vers le Sud en direction de LEYMEN et viendrait se raccorder à la flexure du Jura vers BIEDERTHAL.

⁵ Européenne De Géophysique

Cette structure distensive en horsts et grabens est la conséquence de mouvements alpins. La trouée de BELFORT s'est alors ouverte en direction de la Bourgogne. Le Rhin occupait ce chenal et s'écoulait vers la Méditerranée par la vallée de la Saône. Les alluvions anciennes et les Cailloutis du Sundgau sont les témoins de cet événement. A la fin du Pliocène, le Sundgau se soulève et barre le chemin au Rhin qui doit rechercher un exutoire en direction du Nord.

Les terrains de couverture sont absents sur le versant Est de la vallée du Lertzbach, au niveau d'HAGENTHAL-LE-BAS. Les marnes et Molasses alsaciennes de l'Oligocène qui constituent l'ossature du Sundgau y affleurent.

3.3. Le système hydrogéologique du site du Letten

Les études et investigations réalisées sur le site du Letten ont permis de distinguer cinq corps aquifères en relation, formant le système hydrogéologique local et complexe du Letten :

- l'aquifère inférieur de la Molasse alsacienne, stratifié (multicouches),
- l'aquifère supérieur des Alluvions anciennes des plateaux («Deckenschotter»),
- les colluvions et matériaux apparentés du glaciaire de pente du Letten,
- les Alluvions récentes du Lertzbach,
- le corps de la décharge.

3.3.1. La formation aquifère de la Molasse alsacienne

3.3.1.1. Description générale du réservoir aquifère

Cette formation, essentiellement détritique d'âge Chattien, de plus de 100 m d'épaisseur (reconnaissance du sondage d'ALSCHWIL2), est composée d'une alternance de marnes à concrétions calcaires, de marnes sableuses gris-bleu et de sables et grès calcaires, micacées, altérés et peu consolidés. La grande hétérogénéité de cette formation (variations latérales et verticales de faciès) est le reflet de conditions de dépôts fluviaux à lacustres.

La Molasse alsacienne a été basculée vers le Nord durant la surrection Alpine et présente un pendage de quelques % en direction du Nord. Cette formation a été reconnue dans le secteur d'étude depuis l'affleurement jusqu'à une cote minimale d'environ + 260 m NGF (Plet9), au moyen des sondages ci-après : forage AEP « *Kappelmatten* » (1972), forage d'arrosage au lieu-dit « *Losgraben* » (puits du golf), doublet de piézomètres d'alerte Plet9 / Plet9bis (mars 2007) et piézomètres de reconnaissance Plet1, Plet2, Plet5, Plet6 et Plet8 (2001 à 2004).

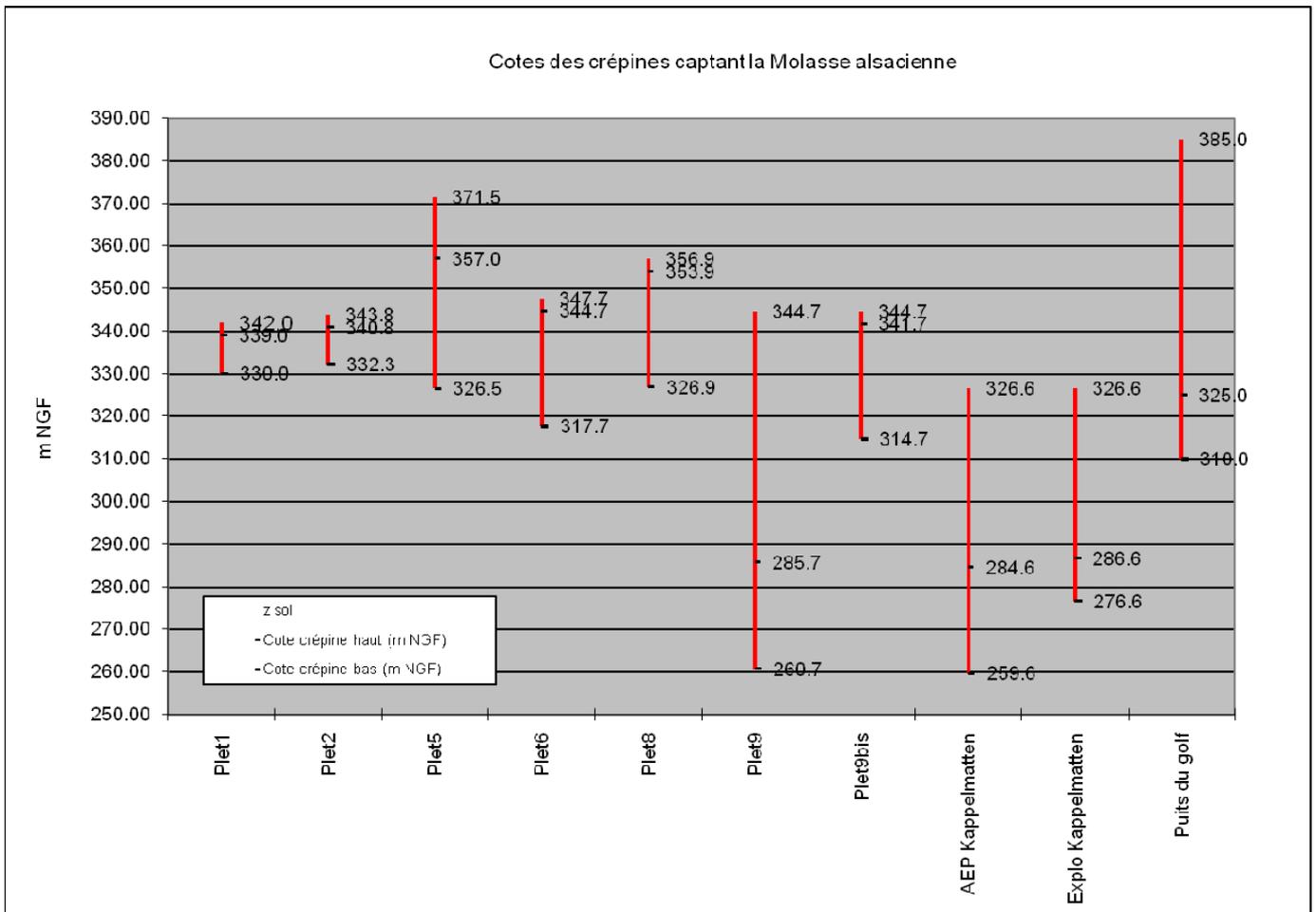


Figure 7 : Cotes des crépines des ouvrages du secteur d'étude captant la Molasse alsacienne

La Figure 7 ci contre résume de manière synthétique les profondeurs des crépines des ouvrages captant la molasse alsacienne. Les coupes hydrogéologiques synthétiques dressées par ailleurs soulignent l'agencement des différentes formations aquifères, les différents niveaux d'eau observés et la position des puits, piézomètres et parties crépinées de ces ouvrages.

3.3.1.2. Lithologie et structure de la Molasse dans le secteur du Letten

□ Horizons superficiels de la Molasse

Ces terrains ont été reconnus par les piézomètres Plet1, Plet2, Plet5, Plet6, Plet8 et Plet9bis (indice national 0445-8X-0170) entre 11 m et 50 m de profondeur.

Deux faciès principaux peuvent être distingués au sein des 50 premiers mètres au droit et dans l'environnement du site du Letten :

- le faciès dominant reconnu lors des forages entre 0 et 20,0 mètres de profondeur au niveau des sondages Plet5, Plet6 et Plet8, représenté par des argiles compactes, grossièrement litées, finement sableuses, micacées, gris beige à gris vert, renfermant des graviers disséminés anguleux émoussés. Ces argiles sont légèrement humides et peu perméables.
- le faciès plus sableux (sables fins et moyens argileux beige), plus perméable, rencontré vers le bas de la vallée, et observé sur les coupes géologiques des sondages Plet1, Plet2 (cf. volet 4, annexe C [51]).

D'une manière générale, le faciès marneux et argileux prédomine dans la partie supérieure de la Molasse alsacienne. Ces observations convergent avec les constats faits au niveau régional pour cette formation.

Ces observations sont corroborées par les résultats de la reconnaissance géoélectrique (cf. Figure 8). Il apparaît en effet, à l'affleurement ou en position subaffleurante, sous une couverture limoneuse ou colluvionnaire métrique (2,5 m au droit du sondage électrique SE1), sous la cote + 340 m NGF, des terrains de résistivité moyenne (20 à 70 Ohm.m) contrastant avec les terrains faiblement résistifs sous jacents.

Ces terrains ont été reconnus au niveau de la zone du canal du Moulin par le sondage électrique SE2 entre 2,0 et 17,0 m de profondeur, sous une couverture limono argileuse.

Le sondage électrique SE1, réalisé à proximité de Plet6, montre l'existence, sous 20 m environ d'argile, de terrains très résistifs, vraisemblablement sableux et aquifères, entre 21,5 m et 26,0 m de profondeur (soit entre les cotes +321 et +326 m NGF).

Le substratum de ces terrains résistifs présente un pendage apparent de 10 % environ en direction du Nord-Ouest, cohérent avec le pendage régional de la Molasse alsacienne. Compte tenu du pendage général de la Molasse et des cotes des niveaux aquifères au droit des différents ouvrages captant la Molasse, il est très peu vraisemblable que les niveaux aquifères captés par Plet1 et Plet2 soient les mêmes que ceux captés par Plet6.

En effet, les premières venues d'eau ont été constatées vers 15,0 m de profondeur lors du forage des ouvrages Plet5, Plet6 et Plet8, alors que lors du forage de Plet1 et Plet2, la traversée d'intercalations sableuses et silteuses s'est accompagnée de venues d'eau vers 7,00 m de profondeur (soit vers environ + 335 m NGF).

Ces observations montrent qu'un horizon sablo limoneux aquifère de la Molasse alsacienne, capté en subsurface par Plet1 et Plet2, surmonte un horizon argileux renfermant un niveau aquifère capté sous 20 m d'argile peu perméable par Plet5, Plet6, et Plet8. D'importantes pertes de boue de forage constatées vers 22,0 m et 32,0 m de profondeur lors du forage de Plet5 suggèrent d'ailleurs l'existence de niveaux productifs perméables à ces cotes.

Le niveau d'eau observé en Plet 1 et Plet 2 s'établit vers 2,00 m de profondeur, et le niveau statique s'établit vers 5,5 m de profondeur et 12,0 m dans Plet6 et Plet8 respectivement.

Les photographies jointes avec certaines coupes de l'annexe C (volet 4, [51]) donnent un aperçu des terrains formant la Molasse alsacienne.

□ **Horizons profonds de la Molasse (entre + 300 m NGF et + 258 m NGF)**

Ces terrains ont été reconnus par le doublet de puits AEP « *Kappelmatten* » d'indice national suisse 25.A.1 / 25.C.1 et par le piézomètre Plet9 (indice national 0445-8X-0169).

La Molasse alsacienne apparaît comme étant majoritairement formée par une alternance de sables fins micacés, de grès fins, de calcaires lacustres en bancs de puissance inframétrique et de marnes plus au moins sableuses.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

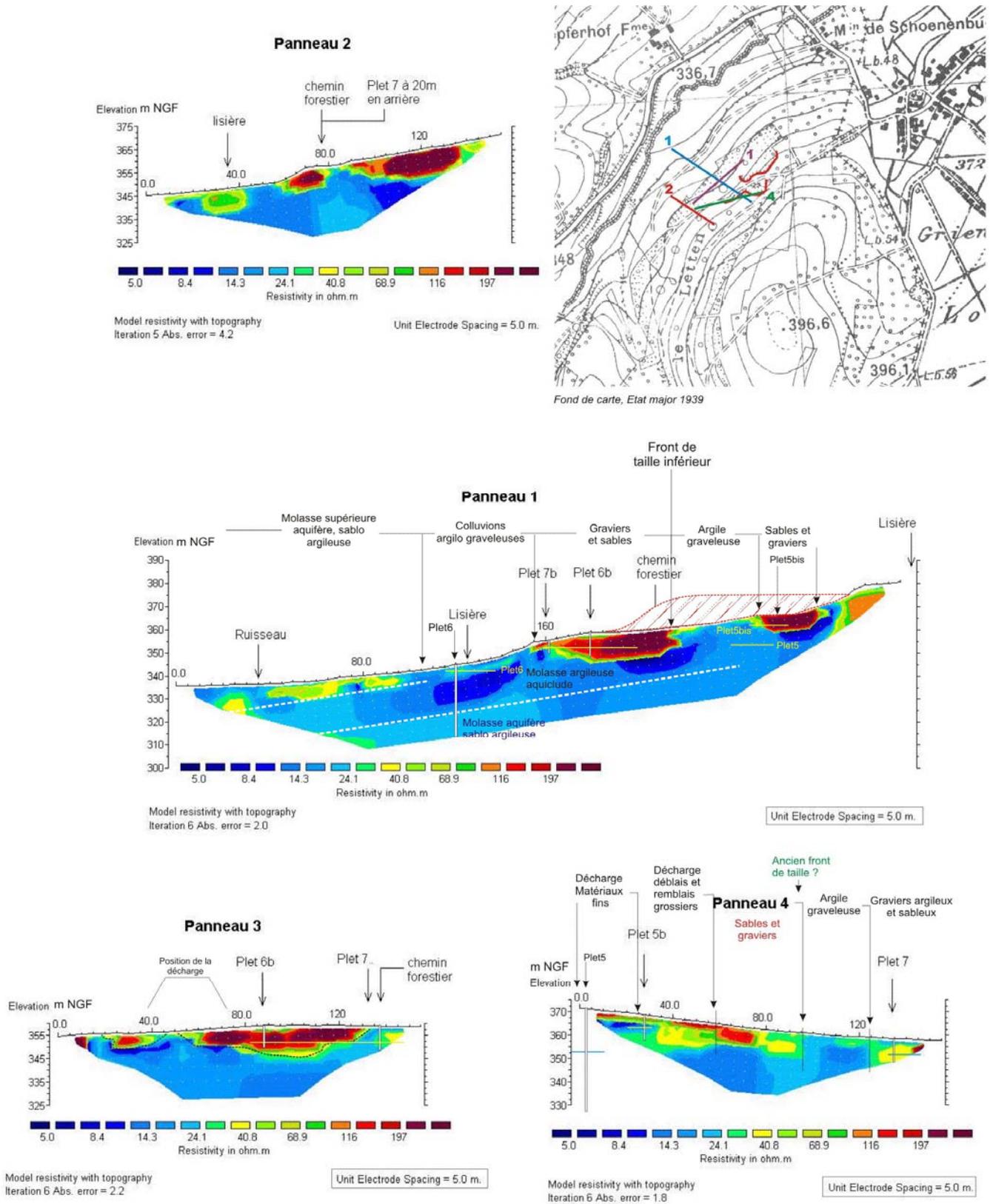


Figure 8 : Profils géoélectriques (EDG, 2002)

3.3.1.3. La nappe de la Molasse alsacienne et écoulements au sein de la Molasse

L'ensemble des données relatives à la piézométrie du secteur d'étude ainsi que les cartes piézométriques, dressées semestriellement depuis mars 2001, sont rassemblées dans les tableaux annexés dans les rapports de surveillance du GIDRB (cf. Liste des rapports en annexe B, volet 4 [51]).

□ Caractéristiques générales de la nappe

La Molasse alsacienne constitue le réservoir d'une nappe ou d'un ensemble de nappes superposées captives à semi-captives (séparées par des horizons semi perméables), contenues dans les passées de sables et de grès calcaires, micacés, peu consolidés, qui se trouvent dans les marnes.

Le forage de NEUWILLER, ainsi que les forages d'HAGENTHAL, de LEYMEN et de SCHÖNENBUCH, montrent que ces niveaux aquifères présentent une grande variation latérale de faciès et d'épaisseur, pouvant conduire à la disparition des niveaux productifs.

Les zones d'alimentation de cette nappe sont vraisemblablement les affleurements de la Molasse alsacienne sableuses situés au Sud de SCHÖNENBUCH (flancs de la vallée de LEYMEN dans le secteur de BIEL-BENKEN).

Au niveau du secteur d'étude, les niveaux piézométriques dans l'aquifère à nappe libre qui surmonte la Molasse alsacienne (Alluvions anciennes) sont supérieurs à ceux de la Molasse. L'alimentation par drainance *per descensum* n'est donc pas à exclure (la décharge du Letten se situerait dans la zone dite d'affluence de la Molasse alsacienne).

Les exutoires de la nappe sont les cours d'eau comme le Lertzbach qui s'écoule vers le Nord-Est pour la partie superficielle de la Molasse alsacienne et la nappe phréatique d'Alsace dans laquelle elle se déverse au niveau des coteaux Est du Sundgau (HESINGUE, HEGENHEIM), selon une direction d'écoulement Nord Nord-Est.

Les horizons aquifères perméables plongent avec un pendage régional vers le Nord et s'ennoient sous les marnes peu perméables à imperméables des horizons superficiels de la Molasse alsacienne.

En fond de certaines vallées, la nappe de la molasse alsacienne se trouve en position d'artésianisme. Lors de la réalisation du forage de reconnaissance 25.C.1 (à coté de l'actuel forage AEP Kappelmaten), le niveau artésien mesuré s'est établi vers + 332 m NGF, soit environ 6 m au dessus du niveau du sol. La nappe de la Molasse, sous couverture argileuse au droit de la décharge du Letten, est captive à semi-captive avec une charge ascensionnelle d'environ 5 mètres.

En absence de plus amples renseignements sur la partie profonde de la Molasse (peu piézomètres profonds et de mesures dans le secteur d'étude), on peut estimer le gradient hydraulique maximum à partir de la différence entre la cote de la zone d'alimentation présumée (molasse subaffleurante près de la crête topographique en amont de la décharge, altitude +405 mètres NGF environ), et la cote piézométrique près de l'exutoire (niveau statique au point 25.C.1, près du Lertzbach) :

Cotes repères	Cote (m NGF)	Différence de charge maximale (mètres)	Distance (km)	Gradient hydraulique maxi calculé (-)
Zone d'alimentation présumée (Crête piézométrique en amont de la décharge ⁶)	+ 405	73	1,2	6 %
Niveau statique 25.C.1 (1972)	+ 332			

Tableau 3 : Estimation du gradient hydraulique maximal au sein de la Molasse alsacienne profonde

Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère de la Molasse alsacienne sont connues grâce aux pompages d'essai réalisés sur les différents captages AEP (données disponibles dans la banque de données du sous-sol du BRGM), grâce au pompage d'essai effectué par ANTEA en août 2007 sur le piézomètre Plet9, et grâce à l'interprétation des essais et mesures effectuées par la société HOLINGER [62] sur l'AEP « *Kappelmatten* » et le puits de reconnaissance 25.C.1 situés à Schoenenbuch (cf. annexe I du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

Forage	Indice national	Transmissivité (m ² /s)	Coefficient d'emménagement
Puits AEP NEUWILLER (in BSS, BRGM)	0445-8X-079 (F)	3 à 5.10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
Plet9 (ANTEA)	0445-8X-0169 (F)	2,7 à 7,5 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
Puits AEP SCHONENBUCH (ANTEA / HOLINGER)	25.C.1 (CH)	2,5 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
Puits AEP HAGENTHAL-LE-HAUT (in BSS, BRGM)	0476-4X-034 (F)	7,5.10 ⁻⁴	8.10 ⁻⁴

Tableau 4 : Caractéristiques hydrodynamiques de la Molasse alsacienne

⁶ D'après les cartes topographiques IGN au 1/25 000 feuilles 3722 Nord « Ferrette » et 3721 Est « Huningue », et la carte géologique du BRGM au 1/50 000, feuille « Ferrette »

De la transmissivité (épaisseur x perméabilité) dépend l'aptitude de l'aquifère à transmettre un flux d'eau tandis que le coefficient d'emménagement décrit sa capacité de stockage.

La transmissivité (quelques unités $\times 10^{-4}$ m²/s) déterminée par les pompages d'essai permet d'évaluer la perméabilité horizontale moyenne des horizons captés. En supposant (sur la base de la lithologie observée) une tranche productive d'environ 25 mètres sur les 37 mètres de la partie captante de cet ouvrage, on obtient une perméabilité de 1 à 3.10^{-5} m/s.

L'aquifère de la Molasse alsacienne présente une perméabilité relativement faible (sables fins et sables argileux), ce qui suggère de faibles vitesses d'écoulement de la nappe et un comportement peu capacitif et peu transmissif.

La faiblesse du coefficient d'emménagement laisse supposer que la nappe est captive. Cette propriété hydrogéologique est confirmée par le relevé des niveaux statiques des points d'observation de la nappe et leur comparaison avec les cotes du toit de l'aquifère (présence d'une hauteur ascensionnelle).

□ **Caractérisation des écoulements locaux de la Molasse alsacienne dans le proche environnement de la décharge**

La Figure 9 présente la carte piézométrique de l'horizon le plus superficiel de la Molasse alsacienne établie sur la base des mesures de mars 2007. Les cartes piézométriques antérieures à mars 2007 sont placées dans les rapports de surveillance semestrielle (cf. liste des rapports en annexe B du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

Dans le secteur, les écoulements au sein de la Molasse alsacienne superficielle s'effectuent en direction du Nord-Ouest.

Les gradients hydrauliques observés entre juin 2002 (date de mise en place du réseau renforcé dans la Molasse alsacienne) et mars 2007 sur le réseau piézométrique en place, captant la partie superficielle de la Molasse alsacienne, sont cohérents avec l'estimation donnée plus haut estimation et compris entre 5 et 10 %. Ce gradient est relativement élevé. Les gradients observés depuis 2002 (date de mise en place des piézomètres complémentaires dans la Molasse alsacienne) varient très peu.

Les gradients élevés observés sont induits par les piézomètres Plet8 et Plet5 captant, à partir de 15,0 m de profondeur, vraisemblablement plusieurs horizons aquifères : le niveau piézométrique observé est un niveau piézométrique moyen (nappe captive à semi-captive) auquel contribuent majoritairement les potentiels les plus élevés au sein de l'aquifère multicouche capté.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

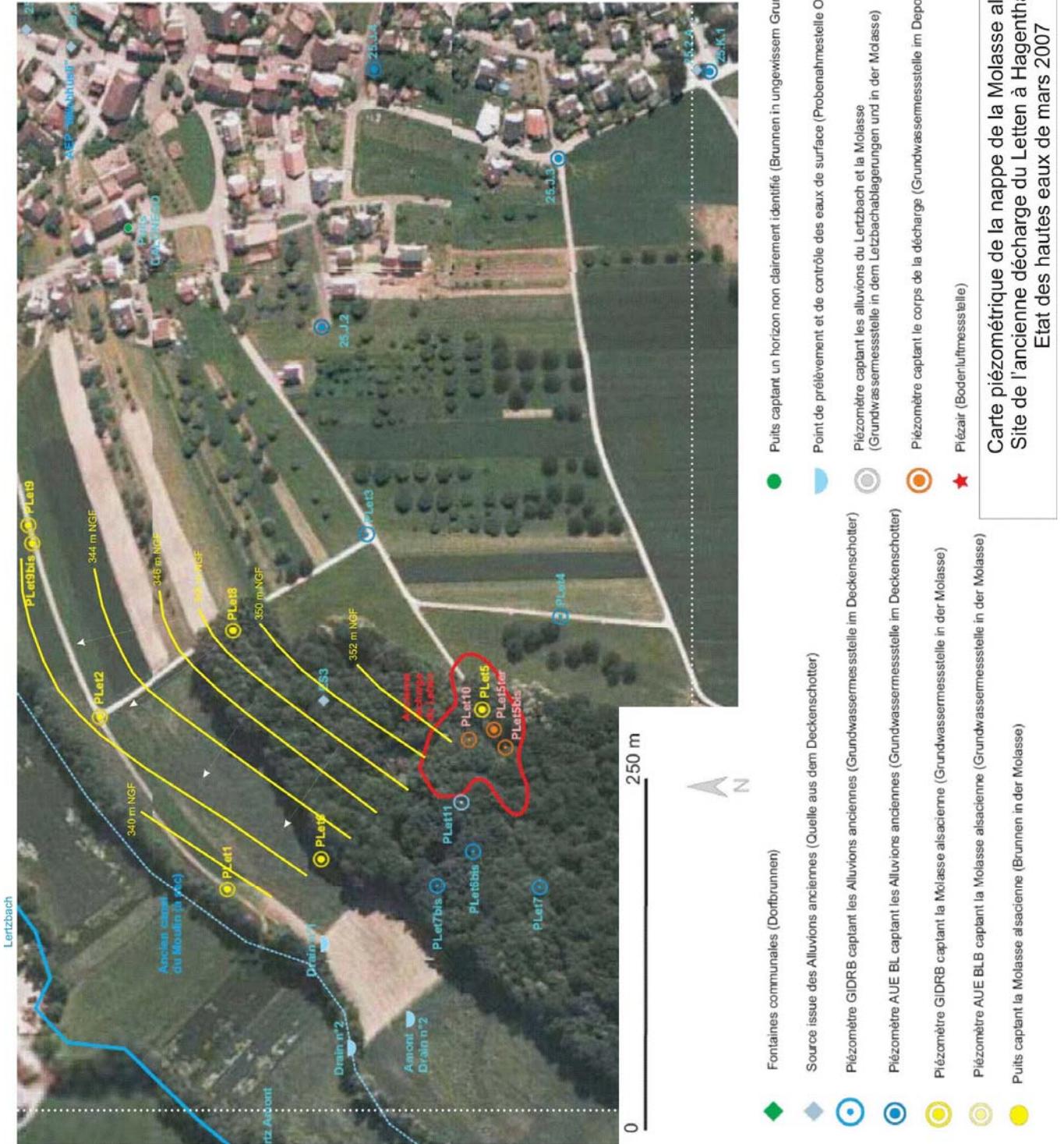


Figure 9 : Piézométrie de la Molasse alsacienne, état mars 2007

Des différences probables de pression au sein de la Molasse génèrent vraisemblablement des relations de drainance *per ascensum* et/ou *per descensum* entre les différents compartiments de l'aquifère. L'équipement des ouvrages du réseau en place ne permet pas à l'heure actuelle de différencier les différents niveaux pressiométriques au sein de l'aquifère multicouche de la Molasse.

La nappe la plus superficielle de la Molasse alsacienne est drainée en direction du Nord-Est par le Lertzbach.

En effet, le niveau statique de la nappe au niveau de l'ouvrage Pgalg situé à 300 m à l'Ouest de la décharge, à 10 m à l'Ouest du cours du Lertzbach, est à la cote + 335,70 m (le 14 mai 2002), soit légèrement supérieur à la ligne d'eau du Lertzbach au moment de l'observation. Le drainage par le Lertzbach est cohérent avec les niveaux observés dans les piézomètres Plet1, Plet2, Plet6 et Plet8.

□ **Variations saisonnières du niveau piézométrique et des écoulements (2001-2007)**

L'évolution des niveaux d'eau sur la période d'observation de mars 2001 à mars 2007 (cf. Figure 10) se résume comme suit :

- la période mars 2001 à fin 2002 est marquée par une situation générale de hautes à très hautes eaux. Le retour aux basses eaux s'est effectué progressivement en 2003, une situation de basses eaux qui perdure jusqu'à mi 2005, date à laquelle on assiste à la remontée progressive des niveaux d'eau.
- la forte pluviométrie des mois de mars 2001, novembre 2002 et de mars /avril 2006 se traduit par une remontée générale du niveau piézométrique, de faible amplitude au sein de la Molasse alsacienne comparativement à celles observées sur la même période au sein des Alluvions anciennes des plateaux.
- d'une manière générale, on assiste à une lente et régulière remontée des niveaux piézométriques au sein de la Molasse alsacienne depuis la situation des basses eaux observée depuis début 2004. Ce constat vaut en particulier pour les ouvrages captant la partie la plus superficielle de la Molasse. L'ouvrage Plet8 se caractérise quant à lui par des niveaux piézométriques restant parmi les plus bas observés pour cet ouvrage sur la période d'observation juillet 2002 – mars 2007. Le comportement singulier de ce piézomètre reste pour l'heure inexpliqué.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

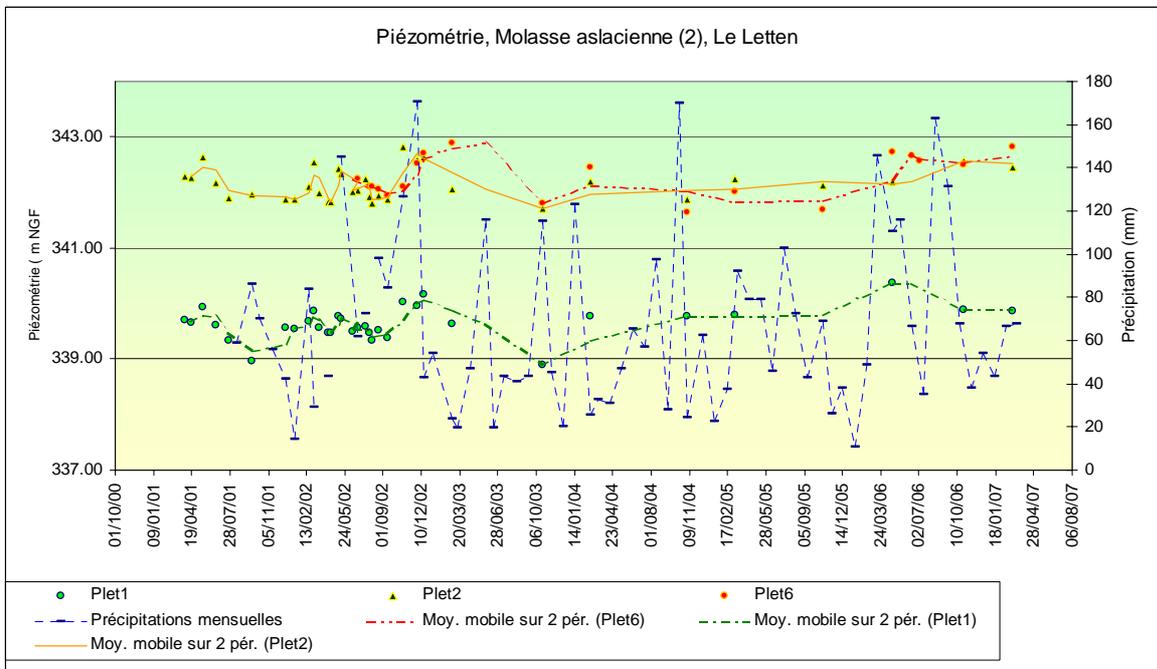
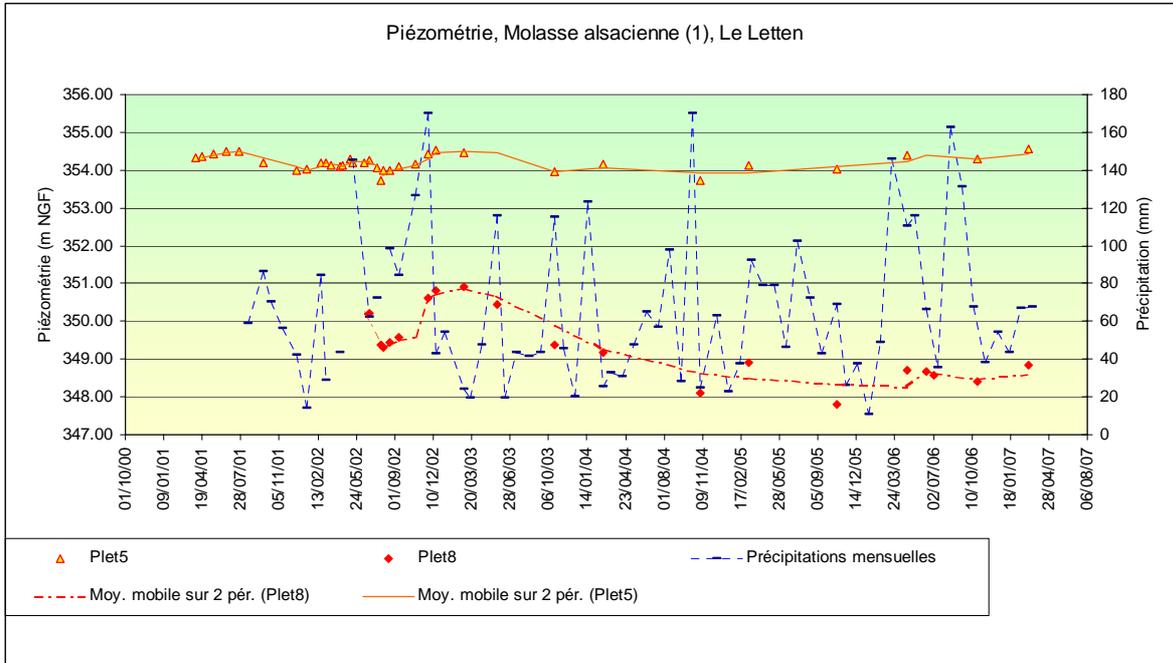


Figure 10 : Hydrogrammes des piézomètres du site du Letten captant la Molasse alsacienne et précipitations mensuelles (source : METEO France, station BALE-MULHOUSE) (février 2001 – mars 2007)

- il est à noter que les niveaux piézométriques mesurés dans les ouvrages captant la Molasse alsacienne sont des niveaux piézométriques moyens compte tenu du caractère multicouche de cet aquifère et du caractère non sélectif de la colonne captante.
- les écoulements au sein de l'horizon le plus superficiel de la Molasse alsacienne sont observés semestriellement depuis février 2002. Les sens et directions d'écoulement n'ont quasiment pas variés sur cette période d'observation.

3.3.2. *La formation aquifère des Alluvions anciennes des plateaux*

3.3.2.1. *Description du réservoir aquifère*

Il s'agit de dépôts détritiques d'origine jurassienne et alpine, déposées par le Rhin sur une largeur de 1,5 à 3,0 km, et sur une épaisseur de 8,0 à 10,0 m, constituées de galets, de graviers et de sables en état d'altération avancée. Les limons et argiles ayant progressivement et localement envahi par infiltration la porosité primaire de ces dépôts fluviatiles, à faciès déjà très changeant, la distribution de la perméabilité au sein de cette formation est fortement hétérogène. Cette nappe de cailloutis s'abaisse vers le Nord avec une pente de 8 ‰.

Comme toute formation alluviale fluviatile, les Alluvions anciennes présentent des hétérogénéités de structures et de lithologie liées aux dynamiques des dépôts : chenaux graveleux, bras morts argileux, zones d'inondation limono sableuses, etc.

A ces hétérogénéités primaires se surimposent des hétérogénéités secondaires attribuées à l'altération des éléments détritiques des alluvions et la l'envahissement des alluvions par les limons et lœss de couverture. Ces hétérogénéités sont mal connues pour les Alluvions anciennes des plateaux.

Le contact avec les marnes de la Molasse alsacienne est souligné par une ligne de sources dont les principales ont été captées pour l'alimentation en eau potable de nombreux villages comme HAGENTHAL-LE-BAS et NEUWILLER. Ces différentes nappes peuvent être en communication entre elles par l'intermédiaire du manteau du lœss.

Dans la zone de HAGENTHAL-LE-BAS et NEUWILLER, les Alluvions anciennes des plateaux, à l'Est de la vallée du Lertzbach et du Neuwillerbach, sont le siège d'une nappe perchée. Les analyses régulières effectuées sur les sources de NEUWILLER, émergeant des alluvions anciennes des plateaux, montrent que l'eau est moyennement minéralisée, dure (35 °F), de type bicarbonaté calcique.

L'eau des alluvions anciennes ne contient aucun élément majeur indésirable en quantité supérieure aux normes de potabilité. Par contre, la qualité bactériologique est, dans le cas particulier de ces sources, très mauvaise.

3.3.2.2. Reconnaissance hydrogéologique et structurale du réservoir des Alluvions anciennes du site du Letten

□ Reconnaissances directes par forages

Les Alluvions anciennes des plateaux apparaissent, suite aux forages et sondages réalisés, comme une formation hétérogène présentant trois termes (cf. coupe hydrogéologique de la Figure 21) :

1. **sables graveleux plus au moins argileux supérieurs**, formant le compartiment supérieur des Alluvions anciennes. Les piézomètres Plet3 et Plet4 sont implantés dans ce terme. Son épaisseur serait d'environ 10 mètres sous une couverture argilo limoneuse (couverture argileuse et loessique des plateaux). Ce terme est aquifère avec une hauteur mouillée maximale observée de l'ordre de 7 m (Plet4),
2. **argiles compactes** beige panachée gris clair à gris bleu, homogènes désignée par « *Argiles du Letten* » dans la présente étude. Les sources ES3 et Letten Sud sourdent du contact entre ces argiles et les sables graveleux du compartiment supérieur. Ces argiles se marquent dans le paysage par le glacis de la pente du Letten. Ces argiles ont été reconnues par les sondages MSG1, Plet10, MSG3, Plet11 et Le5. L'épaisseur observée est de 1,1 m à 2,2 m.
3. **graviers sableux des alluvions du compartiment inférieur** allant, des sables grossiers à moyens graveleux aux galets et blocs à matrice sablo graveleuse. Cet horizon est capté par les piézomètres Plet6bis, Plet7, Plet7bis et Plet11. Le sondage Plet7 présente un faciès graveleux nettement plus argileux que les autres piézomètres cités ci avant. Ce terme constitue un aquifère avec une hauteur mouillée maximale observée de l'ordre de 10 m (Plet6bis). La perméabilité estimée est de l'ordre de 10^{-2} m/s à 10^{-3} m/s avec une porosité cinématique de 10 à 15 %.

La formation superficielle de couverture des Alluvions anciennes au niveau du plateau au Sud de la décharge est représentée par des limons lœssiques beige à brun légèrement graveleux de puissance plurimétrique. La formation pédologique superficielle est constituée par un sol brun limono graveleux forestier d'épaisseur de l'ordre de 1,0 à 2,0 mètres au niveau de Plet6bis.

Le substratum est constitué par les marnes et argiles sableuses peu perméables de la Molasse alsacienne supérieure.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

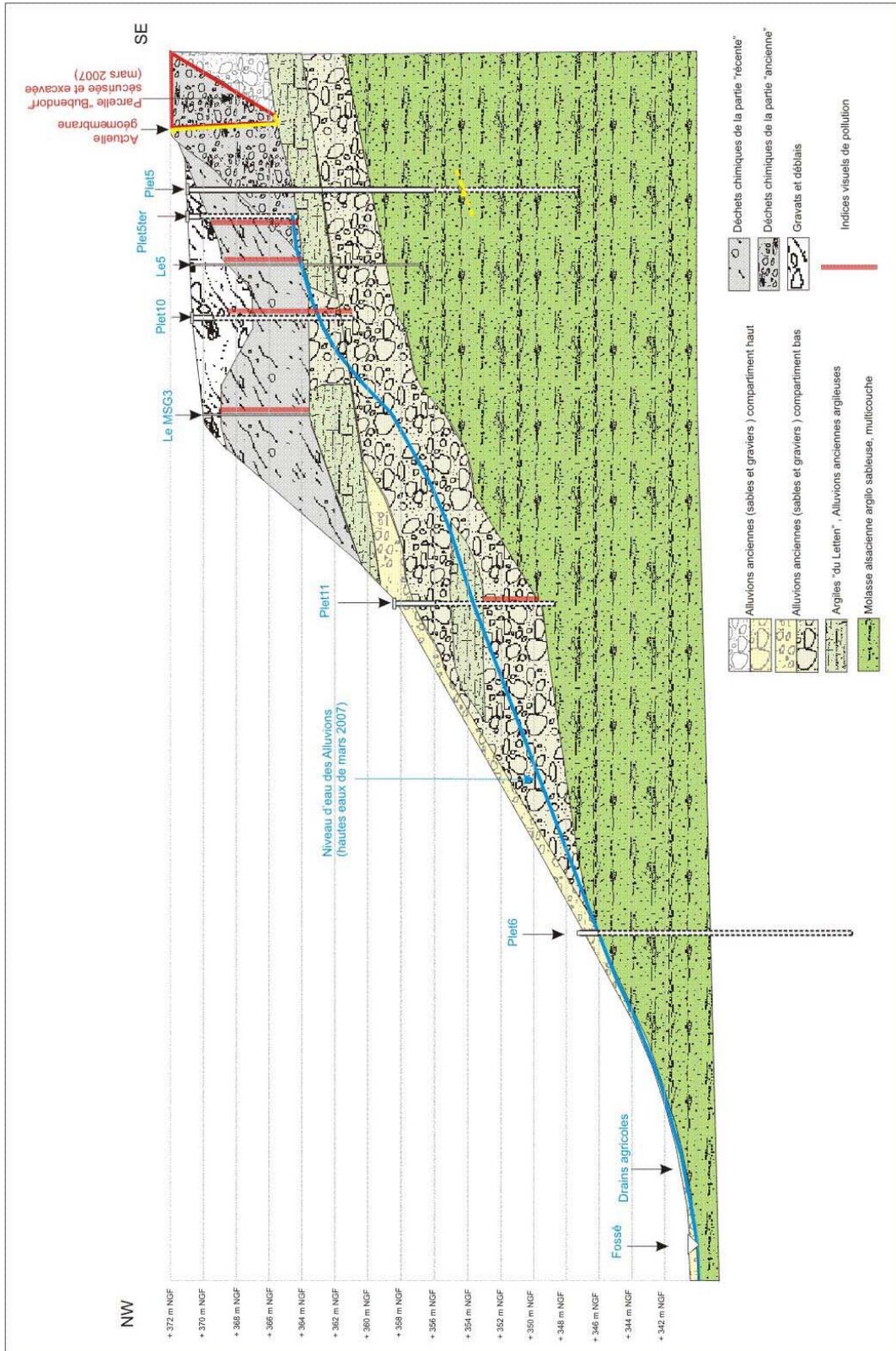


Figure 11 : Coupe hydrogéologique interprétative du site du Letten

□ **Reconnaitances indirectes géoélectriques**

La géométrie de la partie basse du corps des Alluvions anciennes des plateaux a été reconnue par la campagne géoélectrique (panneaux électriques ou tomographie électrique, associés à trois sondages électriques) réalisée par EDG du 26 au 29 novembre 2002. Les techniques et dispositifs mis en œuvre sont précisés dans le volet 4 de la présente étude, les implantations de ces investigations étant détaillées dans le volet 1 de la présente étude (rapport ANTEA A46162/A).

Les résultats des panneaux électriques sont restitués sous forme de coupes sur la Figure 8, l'interprétation des sondages électriques étant présentés dans l'annexe D du volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]).

D'une manière générale, ces sondages mettent en évidence des terrains à dominante argileuse et argilo sableuse.

□ **Interprétation : structure et géométrie des Alluvions anciennes**

La géométrie complexe du corps aquifère des Alluvions anciennes a pu être appréciée en croisant les informations de forages et sondages avec celles amenées par les panneaux électriques de 2002. Le réservoir des Alluvions anciennes apparaît cloisonné et hétérogène au niveau du site du Letten.

Deux compartiments graveleux superposés et séparés par les argiles du Letten, peuvent alors être distingués:

Le compartiment inférieur

Le compartiment inférieur, de géométrie grossièrement plan convexe, repose (cotes du substratum + 345 m NGF à + 350 m NGF) sur la Molasse argileuse. La limite Ouest correspond au talus de la pente en lisière de forêt. Cette limite est marquée au niveau du profil par une remontée du substratum argileux par rapport au niveau moyen observé.

Les limites Nord-Est, Sud-Ouest et surtout Sud-Est sont marquées par un contraste latéral très prononcé entre les graviers résistifs et les argiles peu résistives, le long d'un contact vertical de 5,0 à 10,0 m de hauteur.

Lorsque l'on reporte en coupe (cf. Figure 11) les cotes du substratum des sondages Le5, Plet6bis, Plet7bis, Plet7 et Plet11, on constate que le toit de la Molasse est affecté par un pendage vers le Nord-Ouest de quelques degrés et qu'il existe localement une surépaisseur de graviers au centre de laquelle serait implanté Plet6bis.

Cette surépaisseur peut s'interpréter comme étant un chenal graveleux érosif sur les argiles de la Molasse. Il serait bordé latéralement par des formations alluviales plus argileuses. Cette surépaisseur expliquerait le gisement de graviers et l'ancienne exploitation de sables et gravier au Letten. Ce chenal serait orienté suivant un axe Est-Ouest, entre Plet6bis et le corps de la décharge. Ce chenal pourrait être à l'origine de la fenêtre graveleuse dans les argiles du Letten.

Les dimensions estimées de ce corps sablo graveleux sont de l'ordre de 80,0 m Sud-Ouest / Nord-Est et 65,0 m Nord-Ouest / Sud-Est représentant un volume total de 46 000 m³, un volume saturé de 23 000 m³ (sur la base des colonnes d'eau mesurées dans Plet6bis et Plet11), soit un volume d'eau d'environ 3 500 m³ (porosité totale de 15 %).

Le compartiment supérieur

Il s'agit des Alluvions anciennes des plateaux à dominante sablo graveleuse et limoneuse d'une dizaine de mètres de puissance recouverte par des limons et loess des plateaux plurimétriques.

Le sondage Plet10 montre que les argiles séparant les deux compartiments sont discontinues et présentent localement, au droit de la décharge notamment, une fenêtre graveleuse pouvant mettre en continuité physique et hydraulique, les formations aquifères des sables et graviers du compartiment haut avec celles du compartiment bas.

Ce cloisonnement peut être primaire (variation des faciès liées aux variations des conditions de dépôt des alluvions) ou secondaire à la faveur de glissement en masse d'une partie des alluvions du compartiment supérieur dans une pente (pendage Nord de la Molasse du Substratum).

Les glissements de masse, contemporains et / ou postérieur au soulèvement et basculement Nord du bâti du Sundgau, sont connus au niveau régional. Ces glissements sont réalisés à la faveur de surfaces de discontinuités (plans de glissement, plan de décrochement) susceptibles de jouer le rôle de drain vis à vis des écoulements au sein de la formation aquifère.

Ces glissements sont susceptibles d'être à l'origine de grandes variations latérales de faciès construisant un aquifère compartimenté et complexe.

La source Letten Sud (située à la cote + 357 m NGF au Sud de l'ancienne décharge du Letten), et la source ES3 (située à la cote + 356 m NGF, au Nord de l'ancienne décharge du Letten) pourraient constituer un exutoire de la nappe siégeant dans le compartiment supérieur, le contact argile du substratum / gravier étant situé topographiquement à une cote analogue.

3.3.2.3. *Caractérisation des écoulements locaux des Alluvions anciennes dans le proche environnement de la décharge*

L'ensemble des données relatives à la piézométrie du secteur d'étude, sur la période d'observation mars 2001 – mars 2007, exploitées dans le présent rapport, sont rassemblées dans les tableaux annexés.

L'image la plus complète de la piézométrie au sein des Alluvions anciennes a été obtenue en mars 2007 à la faveur de mesures de niveau d'eau dans un sondage de reconnaissance (Le5), de 2 piézomètres complémentaires (Plet10 et Plet11) et d'une tournée piézométrique effectuée en parallèle par ANTEA sur le réseau du GIDRB et de l'AUE BL (3 piézomètres de SCHÖNENBUCH).

L'ensemble des mesures piézométriques acquises depuis 2001 sont rassemblées dans les tableaux en annexe. Les cartes piézométriques, dressées semestriellement depuis mars 2001 figurent dans les rapports de surveillance du GIDRB (cf. Liste des rapports en annexe B du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

Les cartes piézométriques et les coupes hydrogéologiques amènent les commentaires suivants :

- les écoulements dans l'environnement proche de la décharge du Letten sont orientés vers le Nord-Ouest (cf. Figure 12) suivant la pente topographique, avec un gradient élevé (mars 2007),
- le vallon orienté Nord-Nord-Est/Sud-Sud-Est, au débouché duquel est implanté le village de SCHÖNENBUCH, et entaillant le massif des Alluvions anciennes perchées, constitue un axe de drainage de la nappe des Alluvions. Les sources AEP de SCHÖNENBUCH se situent en aval direct de cet axe de drainage,
- l'ancienne décharge du Letten est séparée du village de SCHÖNENBUCH et de ses sources AEP par une crête piézométrique. **La décharge du Letten et la source AEP la plus proche (« Milchhüsli ») ne sont pas situées dans le même bassin versant,**
- une partie des eaux des Alluvions anciennes des plateaux –compartiment haut – transitent en période de hautes eaux dans la partie inférieure du massif des déchets chimiques.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

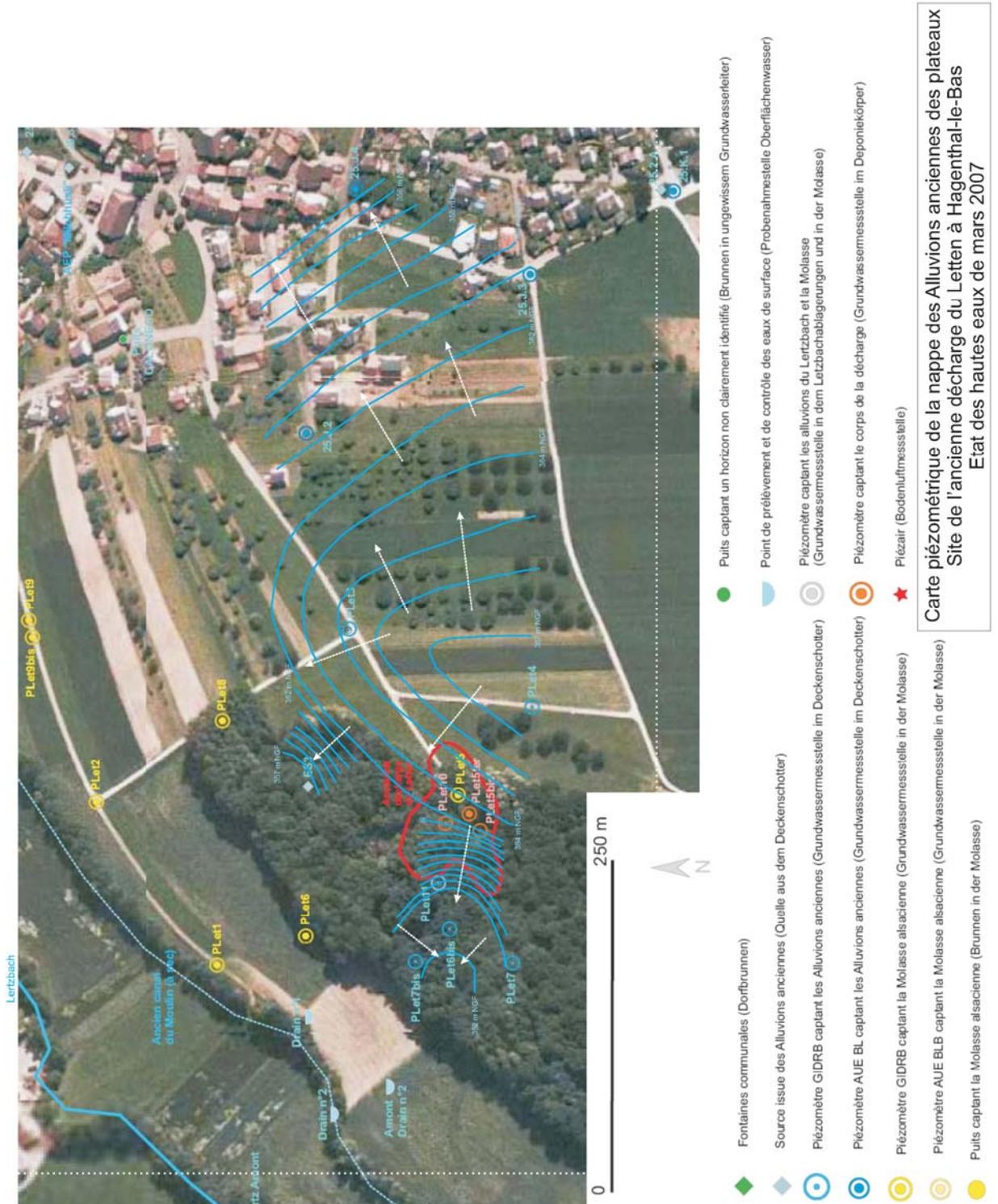


Figure 12 : Carte piézométrique interprétative des Alluvions anciennes des plateaux (état mars 2007)

En ce sens, le corps de la décharge, occupant l'ancienne gravière, prolonge artificiellement de réservoir des Alluvions, exploité pour ses graviers⁷. Ces eaux se déversent dans le réservoir du compartiment bas à la faveur de la fenêtre graveleuse dans les argiles du Letten (au niveau de Plet10).

La carte piézométrique correspondante constitue la Figure 12. Celle-ci peut être complétée par celles diffusées par le bureau d'étude HOLINGER (rapport E-1563.1000 de janvier 2006).

□ Variations saisonnières des niveaux piézométriques (2001-2007)

Les chroniques piézométriques sur les ouvrages captant les Alluvions anciennes des plateaux, compartiment bas et compartiment haut, et la Molasse alsacienne ainsi que la courbe des précipitations mensuelle (source : METEO FRANCE, station BALE-MULHOUSE) sur la période février 2001 à mars 2007 sont présentées sur la Figure 13.

Les chroniques piézométriques amènent les commentaires suivants :

- la période mars 2001 à fin 2002 est marquée par une situation générale de hautes à très hautes eaux. Le retour aux basses eaux s'est effectué progressivement sur l'année 2003, une situation de basses eaux qui perdure jusqu'à mi 2005 date à laquelle on assiste à la remontée progressive des niveaux d'eau,
- les hautes eaux du printemps 2006, surtout marquée au niveau des Alluvions anciennes, sont à attribuer à un important cumul de précipitation en mars 2006 et avril 2006 (256 mm d'eau) sur des sols saturés par la fonte d'un important couvert neigeux de l'hiver 2005-06. Bien que les niveaux d'eau aient baissé entre le printemps et l'automne 2006, la situation de hautes eaux perdure en octobre 2006. Ces hautes eaux sont entretenues par les précipitations de l'été et de l'automne 2006. Les hautes eaux perdurent au printemps 2007,
- le niveau statique dans Plet6bis (compartiment bas) est très stable, la cote du niveau d'eau est vraisemblablement réglée par la cote de débordement vers le système de drain agricole en aval pente,

⁷ Un témoignage oral auprès d'un retraité de SCHÖNENBUCH informe de la présence d'une source dans l'ancienne exploitation de gravier. Cette information conforte l'idée avancée dans le présent alinéa.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

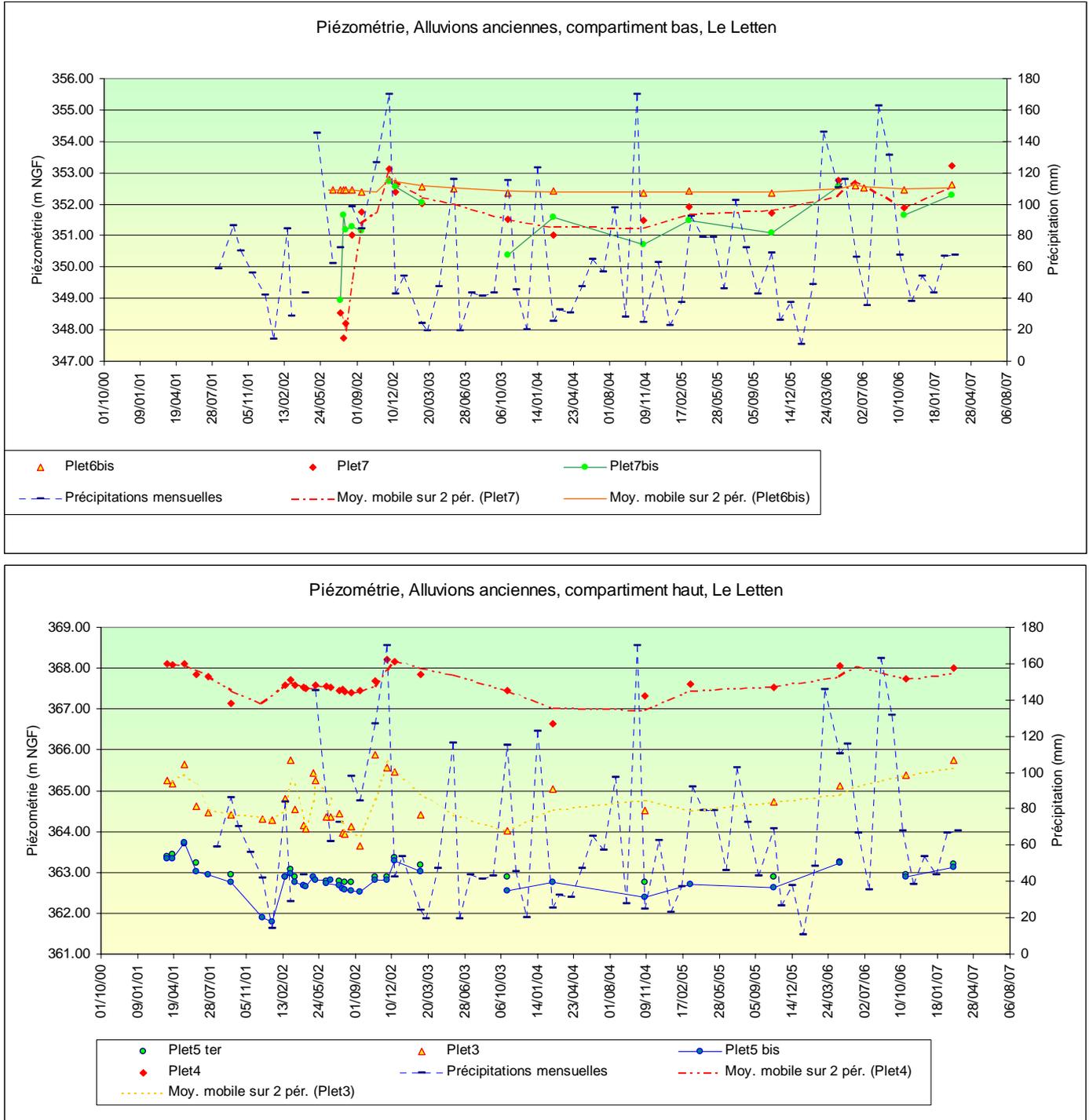


Figure 13 : Hydrogrammes des piézomètres captant les Alluvions anciennes (février 2001-mars 2007) (source : METEO France, station BALE-MULHOUSE).

- la nappe des Alluvions anciennes étant superficielle et libre, cette dernière est plus sensible à la pluviométrie que la nappe de la Molasse alsacienne,
- la forte pluviométrie des mois de mars 2001, novembre 2002 et de mars /avril 2006 se traduit par une remontée générale du niveau piézométrique, de faible amplitude au sein de la Molasse alsacienne comparativement à celles observées sur la même période au sein des Alluvions anciennes des plateaux,
- les sens, direction et gradients d'écoulement varient peu pour les Alluvions anciennes sur la période d'observation.

3.3.3. Relations hydrauliques entre les aquifères de la Molasse alsacienne, des Alluvions anciennes et le corps de la décharge

La nappe des Alluvions anciennes occupe une position perchée vis à vis de la nappe semi captive à captive de la Molasse alsacienne : le niveau piézométrique statique (niveau de pression) de la Molasse se situe entre 4,0 à 5,0 mètres sous la base du réservoir aquifère des Alluvions anciennes au droit de la décharge. La différence d'altitude entre les niveaux piézométriques des deux aquifères est de 8,0 à 9,0 mètres.

Les terrains attribués à la Molasse alsacienne et constituant le substratum des Alluvions anciennes / colluvions sont majoritairement des argiles sableuses légèrement graveleuses peu perméables. Les premiers horizons aquifères ont été reconnus vers 15,0 - 20,0 mètres de profondeur durant les travaux (Molasse alsacienne superficielle).

Les observations réalisées au niveau des ouvrages proches voisins Plet5ter (captant la décharge à la cote des Alluvions et fortement contaminé) et Plet5 (présence de composés organiques à l'état de traces) ainsi que le calcul des flux de drainance *per descensum* éventuels des Alluvions vers la Molasse montrent que les relations hydrogéochimiques entre les deux aquifères sont très limitées.

3.3.4. Bilan hydrique au sein de la nappe des Alluvions anciennes

3.3.4.1. Alluvions anciennes du plateau

L'ouvrage Plet4 est situé sur le plateau dans le secteur de recharge de l'aquifère en amont de la décharge (aire d'alimentation). Le piézomètre Plet3 ainsi que la source ES3 sont en position latérale par rapport à l'écoulement. L'ouvrage Plet5bis capte des formations apparentées aux Alluvions anciennes en bordure de la décharge.

Cette nappe perchée est peu puissante au niveau du compartiment supérieur des Alluvions anciennes (colonne d'eau de moins de 2 m au niveau de Plet4).

A l'heure actuelle, deux émergences de la nappe des Alluvions anciennes hautes ont été clairement identifiées :

- **Source ES3**, se situe à 80 m au Nord de la décharge, à la cote + 356 m NGF. Le débit observé (basses eaux, hautes eaux) est de l'ordre de 0,5 à 1,5 m³/h (15 litres / minutes). Le toit de la Molasse argilo sableuse au droit de la source est situé à une cote de + 352 m NGF environ.

Les terrains compris entre la source et le toit de la Molasse sont constitués par des limons argilo graveleux non aquifères. La source ES3 n'a fait l'objet d'aucun jaugeage pour la mesure précise du débit.

- **Source Letten Sud** correspondant à un ensemble de sources et suintements répartis sur une surface (aire d'émergence) de l'ordre de 30 x 30 m, 200 m au Sud-ouest de la décharge. Le débit observé en juillet 2002, au niveau de la rigole de collecte est de l'ordre de 5 m³/h (environ 85 litres / minutes). Cette source est située à la cote + 357 m NGF, à une altitude analogue à celle de ES3 et du corps de la décharge du Letten.

La surface de suintement de la source Sud est localisée au toit du corps des colluvions argileuses. Les eaux de la source sont collectées par une rigole creusée à même le sol et acheminées 7 à 8 mètres en contrebas vers un drain débouchant dans le fossé 100 m plus à l'Ouest. La source n'a fait l'objet d'aucun jaugeage pour la mesure précise du débit.

Le bassin versant de ces deux sources est d'extension limitée et constitué par la partie située à l'Ouest de la ligne de crête du plateau à couverture lœssique situé à l'Est de la décharge. La superficie de l'aire d'alimentation est estimée à 290 000 m².

Les conditions d'écoulement au sein de cet aquifère peuvent être appréhendées au moyen des points d'observation à savoir ES3, source Sud, Plet3, Plet4 et Plet5bis. L'estimation des vitesses de circulation de la nappe donnée dans le tableau 11 a été effectuée sur les bases suivantes :

- gradient observé entre les piézomètres Plet4 et Plet5bis (différence de charge de 4,7 m et distance entre les ouvrages de l'ordre de 100 mètres, soit un gradient d'environ 5% ;
- perméabilités estimées d'après les faciès reconnus lors du forage des piézomètres Plet3, Plet4 et Plet5bis (cf. Tableau 5) ;
- porosité cinématique supposée de 15 %.

Lithologie	Graviers	Sables graveleux	Sables graveleux et limoneux
Perméabilité supposée en m/s	5,0 10 ⁻⁰³	5,0 10 ⁻⁰⁴	5,0 10 ⁻⁰⁵
Porosité cinématique	15 %	15 %	15 %
Vitesse m/s	0,0016	0,0002	0,000016
Vitesse m/jour	144	14	1,4

Tableau 5 : Vitesses d'écoulement au sein des Alluvions anciennes sensu stricto en fonction de la lithologie

Compte tenu de la lithologie la plus fréquemment rencontrée, on peut estimer la vitesse moyenne de la nappe de 1 à quelques mètres par jour.

Un bilan hydrique simplifié est présenté dans le Tableau 6. Les incertitudes inhérentes à ce bilan sont les suivantes :

1. L'existence de relations de drainance avec la Molasse au niveau du bassin versant des Alluvions,
2. L'existence d'un débit de fuite vers les Alluvions du compartiment bas et infiltration de ces débits dans la Molasse en aval de la décharge,
3. Les imprécisions relatives à l'estimation des aires d'alimentation.

Ce bilan montre que les deux sources identifiées constituent les exutoires principaux de la nappe des Alluvions anciennes des plateaux. La différence des débits entre l'alimentation et les sorties est faible et de l'ordre de grandeur de l'incertitude sur l'estimation de l'aire d'alimentation (0,3 m³/h = + 5 % de l'aire d'alimentation).

Aire d'alimentation des sources ES3 et Letten Sud	150 000 m ²
Précipitations annuelles	1100 mm/an
Pluie efficace	350 mm/an
Alimentation par infiltration directe Q _{alimentation}	55 050 m ³ /an
	6,3 m ³ /h
Débit moyen ES3	1 m ³ /h
Débit moyen source Letten Sud	5 m ³ /h
Débit de fuite Q _{fuite}	6 m ³ /h
Bilan Q _{alimentation} - Q _{fuite}	+ 0,3 m ³ /h
Drainance vers la Molasse au niveau du bassin versant	? m ³ /h
Alimentation du compartiment bas	? m ³ /h

Tableau 6 : Bilan hydrique de l'aquifère des Alluvions anciennes sensu stricto

3.3.4.2. Exutoires des Alluvions anciennes- compartiment bas

La position topographiquement haute de la ligne de sources issues des Alluvions anciennes par rapport au niveau statique observé dans le compartiment bas, ainsi que le gradient hydraulique très élevé au niveau de la pente du Letten, incohérents avec les faibles débits de fuite observés, militent en faveur d'une discontinuité hydraulique entre le corps des Alluvions sensu stricto et celui du compartiment bas.

La discontinuité hydraulique peut être occasionnée par la réduction de la puissance des Alluvions au niveau de la pente du Letten et / ou, comme précisé sur les profils géoélectriques (cf. Figure 8 - panneaux 1 et 4) par la présence de faciès limoneux / argileux peu perméables.

Aucune source ou suintement permanent n'est connu au pied du corps du compartiment bas.

Une approche du débit de nappe du compartiment bas est réalisée dans le Tableau 7 ci-après sur la base des observations et mesures (géophysique) de terrain.

Des écoulements hypodermiques ont été observés au débit estimé de 2 à 3 litres/minute (soit 0,15 à 0,2 m³/h) en période de forte pluviométrie (novembre 2002), au niveau de la zone humide située 100 m à l'Ouest de la décharge (chemin rural) à l'altitude ~ + 340 m NGF. Ces eaux ont été prélevées le 26 novembre 2002 pour analyse au laboratoire (échantillon ECEPI).

Distance Plet6bis-Plet7bis	50 m
Différence de potentiel (moyenne)	0,2 m
Gradient moyen	0,004
Perméabilité moyenne	0,0001 m/s
Largeur Section d'écoulement (moyenne)	50 m
hauteur Plet6bis	8,2 m
hauteur Plet7bis	3,5 m
Section d'écoulement (moyenne)	292,5 m ²
Débit calculé	0,000117 m ³ /s
	0,4 m ³ /h

Tableau 7 : Estimation du débit de nappe du compartiment bas des Alluvions anciennes

Des observations de terrain ainsi que l'analyse des photographies aériennes prouvent l'existence d'anciens drains agricoles et fossés drainant les écoulements hypodermiques au sein des formations superficielles en aval pente des Alluvions basses.

Ces drains débouchent dans le canal dit du moulin à 100 mètres au Nord-Ouest de la décharge. Le canal de 80 à 90 cm de profondeur a été creusé à même l'argile et comblé de graviers formant un corps drainant. Deux sondages ont été réalisés à la pelle et à la tarière manuelle dans le canal au Nord et au Sud du seul exutoire de drain connu en surface (cf. Figure 14). Ces sondages montrent l'absence d'eau dans le canal. Le canal ne draine donc pas les eaux exfiltrées par les drains.

Le débit maximum à l'exutoire du seul drain visible en surface (appelé drain n°2), de 0,3 m³/h, a été observé en novembre 2002 en situation de hautes eaux et de forte pluviométrie. Le débit moyen observé est de l'ordre de 3 litres / minute (soit environ 0,18 m³/h). Le drain n°2 n'a fait l'objet d'aucun jaugeage pour la mesure précise du débit.

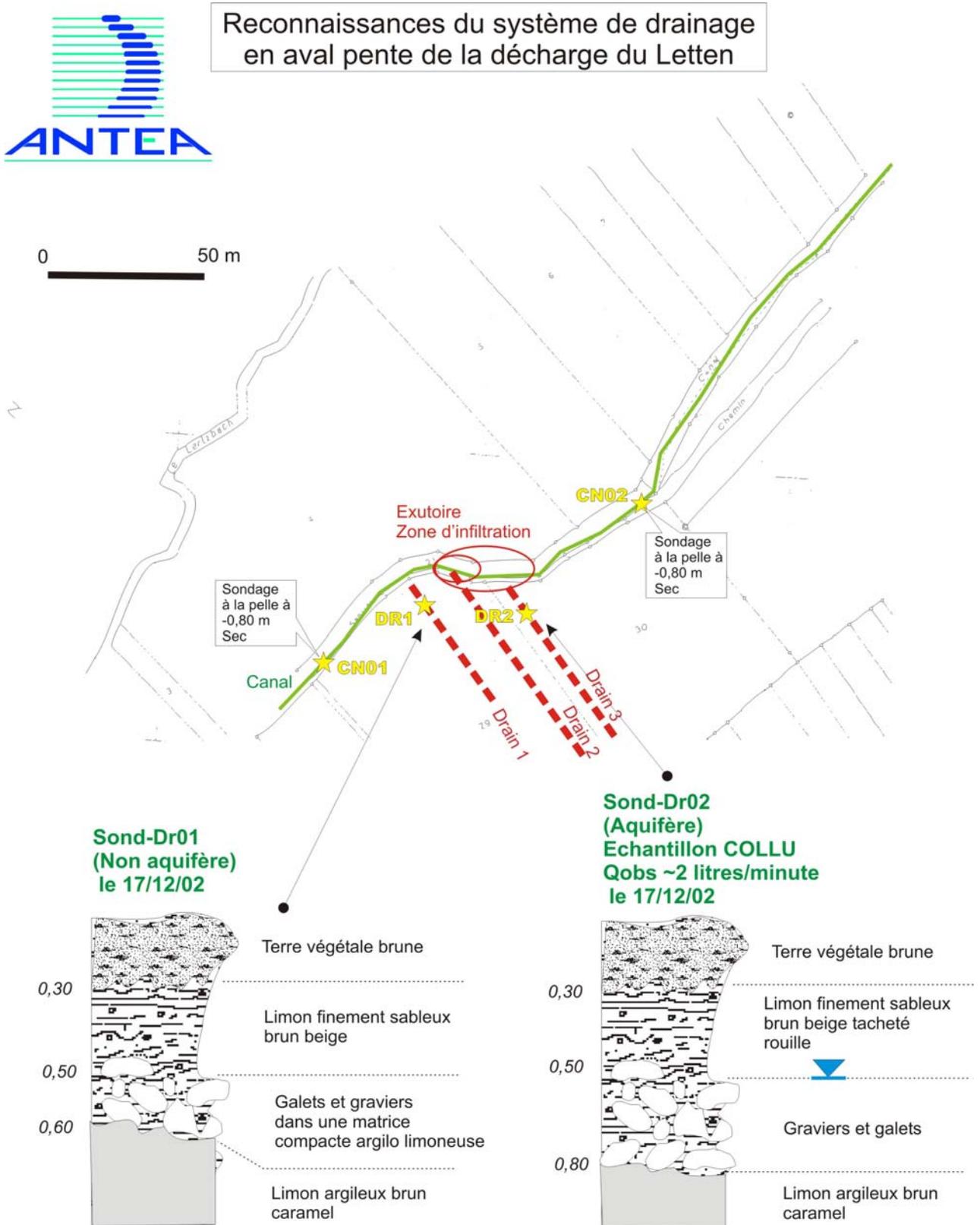


Figure 14 : Reconnaitances du système de drains en aval de la décharge du Letten

Deux sondages à la pelle ont été réalisés au droit de la position d'autres drains, 30 m au Nord et au Sud du drain possédant l'exutoire en surface (drain n°2). Les coupes sont présentées sur la Figure 14.

Les drains sont constitués par un lit de graviers et galets drainant de 20 cm d'épaisseur environ disposés sur les limons. Le drain Nord (drain n°1) est actif. Un débit apparent de 2 litres /minute environ a été observé le 17/12/02. Ces eaux ont été prélevées le 17 décembre 2002 pour analyse (échantillon COLLU). Aucun exutoire de ce drain n'est visible au niveau du canal.

Le drain Sud (drain n°3) est colmaté par des argiles au niveau du point de sondage. Les sondages ont été rebouchés après observations.

Les eaux drainées se réinfiltrent au niveau de la zone du canal, soit depuis la surface, soit depuis les drains enterrés eux-mêmes.

Ces observations permettent de dresser un bilan hydrique en première approche présenté dans le Tableau 8 ci après.

Surface d'affleurement (graviers et argiles graveleuses)	24 000 m ²
Surface d'affleurement (graviers uniquement)	15 500 m ²
Pluie efficace	350 mm/an
Alimentation par infiltration directe (graviers et argiles graveleuses)	1 m ³ /h
Alimentation par infiltration directe (graviers uniquement)	0,6 m ³ /h
Débit de fuite du drain en surface	0,2 m ³ /h
Débit de nappe du compartiment bas (gradient 0,5%)	0,4 m ³ /h
Entrées : alimentation par les Alluvions du plateau	? m ³ /an
Sorties : drains non reconnus et infiltration vers la Molasse au sein des colluvions de pente	? m ³ /an

Tableau 8 : Bilan hydrique de l'aquifère du compartiment bas

Le drain n°2 a été sectionné à mi hauteur par le labour d'un champ planté de luzerne en avril 2006. Les débris de ce drain sont encore visibles sur le cliché ci-après. Le drain n°2 a toujours été observé à sec après mai 2006.

Aucun ouvrage en aval de la zone d'infiltration et captant la Molasse ne permet à l'heure actuelle de juger de l'impact de ces infiltrations sur les eaux souterraines.



Débris du drain n°2 sectionné à mi hauteur par des labours (avril 2006)

Ce bilan démontre que la pluie efficace suffit à elle seule à entretenir le débit de nappe. Ces débits de nappe sont faibles et de l'ordre de grandeur du débit observé au niveau du système de drain (2 à 3 drains d'un débit de 0,2 m³/h suffisent à évacuer le débit de nappe).

Les inconnues de ce bilan restent :

1. l'existence d'apports par les Alluvions anciennes des plateaux via le corps de la décharge. En effet, le corps de la décharge constitue un réservoir aquifère propre, fortement hétérogène, mettant en contact les Alluvions anciennes avec le compartiment bas. Le bilan hydrique des Alluvions anciennes sensu stricto conclut à la vraisemblance de cette hypothèse.
2. la présence d'autres drains non reconnus en aval de la décharge.
3. l'existence d'infiltration vers la Molasse alsacienne via les colluvions de pente en aval de la décharge.

Les modalités des écoulements et la définition des flux sortants et entrants (relations de ce corps aquifère avec la nappe des Alluvions et la nappe de la Molasse alsacienne) ne peuvent être clairement établies à l'heure actuelle (relations hydrauliques directes à proximité de la décharge du Letten, déconnexion au niveau de la source Sud).

Il apparaît donc que les drains observés constituent les seuls exutoires de la nappe du compartiment bas des Alluvions anciennes des plateaux. L'alimentation s'effectue par infiltration efficace et le réservoir est partiellement déconnecté du compartiment haut.

Les faibles variations observées des niveaux piézométriques dans les ouvrages captant le compartiment bas des Alluvions anciennes depuis juillet 2002 ainsi que les résultats de la reconnaissance géophysique militent en faveur de cette hypothèse. Cette hypothèse impose un très faible gradient au sein du compartiment bas (et donc de faibles vitesses d'écoulement) ainsi qu'un faible débit d'alimentation depuis le compartiment haut, compatible avec les ordres de grandeur du débit déduit du bilan hydrique (cf. Tableau 6).

Compte tenu de l'ensemble des mesures et observations effectuées sur les Alluvions anciennes des plateaux aux cours des différentes phases d'investigations, une carte piézométrique interprétative, établie sur la base des mesures de novembre 2004, peut être proposée sur la Figure 12.

*Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
Volet 2 : Etat des connaissances*

A 47000/A

4. Etat des connaissances sur la décharge du Letten (caractérisation du terme source)

4.1. Historique de la décharge du Letten

4.1.1. Informations exploitées

□ Photographies aériennes

Le site de l'ancienne décharge du Letten étant implanté à proximité immédiate de la frontière franco suisse, la présente étude a bénéficiée de la présence de couvertures photographiques aériennes des services géographiques suisses et français (IGN et Armée de l'Air). Les clichés disponibles sur le secteur d'étude sont inventoriés ci-après.

BUNDESAMT FÜR LANDESTOPOGRAPHIE					
CH-3084 WABERN, Seltigenstrasse 264 (Fotothek)					
LK	213 SE SA7	213 SE SA7	213 SE SA	214 SE SA	213 SE SA
Année	1953	1953	1959	1964	1970
Fluglinie	---	---	366	3	8
Aufnahme	1854	1785	547	1776	9390
Datum	21/03/53	21/03/53	26/05/59	12/06/64	15/05/70

INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL			
Photothèque nationale – 2,4 avenue Pasteur 94165 SAINT-MANDE Cedex			
Mission	3521	3621	3721 / 1
Année	1951	1956	1969

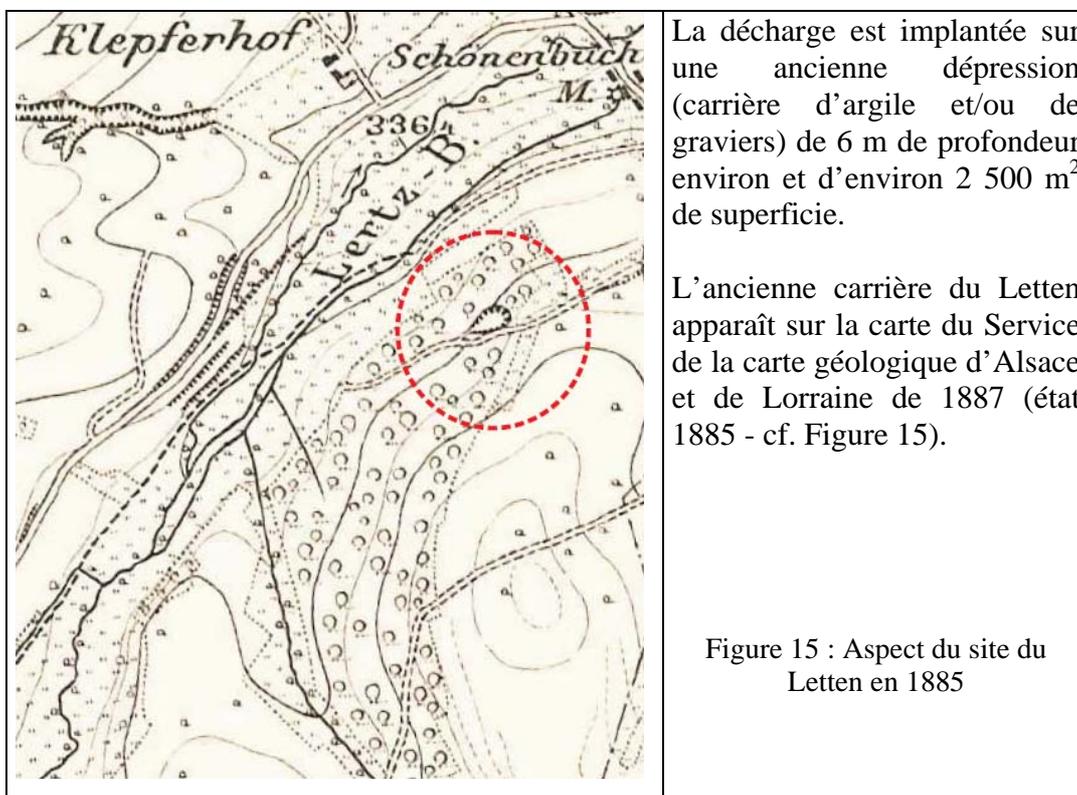
SERVICE HISTORIQUE DE L'ARMEE DE L'AIR				
Château de Vincennes, BP110 ARMEES Cedex				
Mission/cliché	1191E 146	1191E 154	2145E 76	2145E 77
Date	26/07/58	16/07/58	04/08/58	04/08/58

Tableau 9 : Références des photographies aériennes

❑ **Cartes et documents consultés**

- Rapport ANRED, BRGM Alsace R33955 ALS 4S 91 - *Etude de 30 dépôts suspects dans la région du Dreieckland. Caractérisation des sites concernés. Modalités et priorités d'intervention* - M. GEORGE, Novembre 1991,
- Etude historique interne à la chimie bâloise - *Historie der Entsorgung von Chemierückständen der ehemaligen CIBA-, GEIGY-, SANDOZ- und DURAND & HUGUENIN-Werke (BS und BL) vor 1961* - Dr. S. REMBOLD (CIBA SC) et D. AEGERTER (NOVARTIS), Avril 1999,
- Carte du Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine, 1887,
- Carte d'état major ALTKIRCH n°8 cd, 1939,
- Carte IGN au 1/25 000 feuille 3721est SAINT-LOUIS, HUNINGUE, BASEL,
- Carte géologique du BRGM au 1/50 000 feuille XXXVII-21 ALTKIRCH HUNINGUE.

4.1.2. *Interprétation*



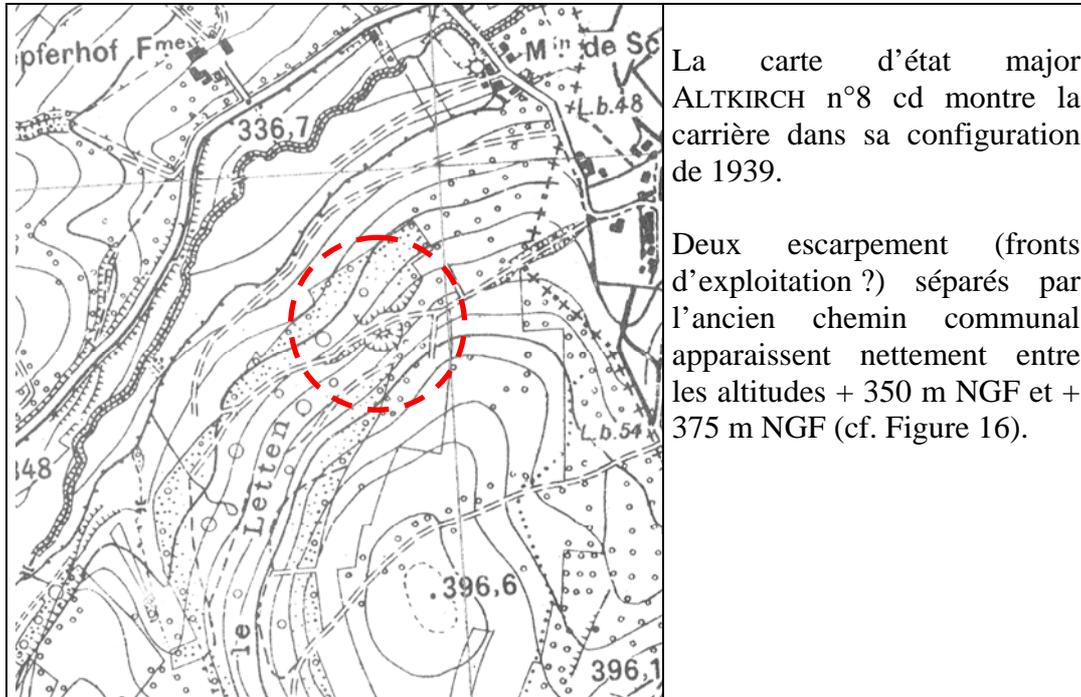


Figure 16 : Aspect du site du Letten en 1939 (extrait de la carte d'état major « Altkirch n°8 cd »)

Cet ancien chemin communal prend le relais du chemin condamné par l'avancée vers l'Est et le Sud-Est de l'exploitation. L'actuel chemin rural dit du « *Unterer Lettenweg* » suit le tracé de cet ancien chemin précédant l'exploitation de la carrière du Letten.

La Figure 17 de la page suivante est une construction basée sur la superposition des tracés des chemins ruraux, du front de taille de l'ancienne carrière du Letten, du fond cadastral et d'une photographique aérienne actuelle (source IGN). Cette Figure montre :

- l'ancien chemin rural se situant en contre bas de l'actuel chemin rural « *Unterer Lettenweg* » du Letten. Ce chemin n'est actuellement plus visible,
- l'extension de l'ancienne décharge au droit de la parcelle 120 exploitée et à ce jour sécurisée,
- l'actuel chemin rural a vraisemblablement été utilisé par des camions pour le remblaiement de l'ancienne carrière du Letten alors que l'accès à la carrière s'effectuait par l'ancien chemin en contrebas.

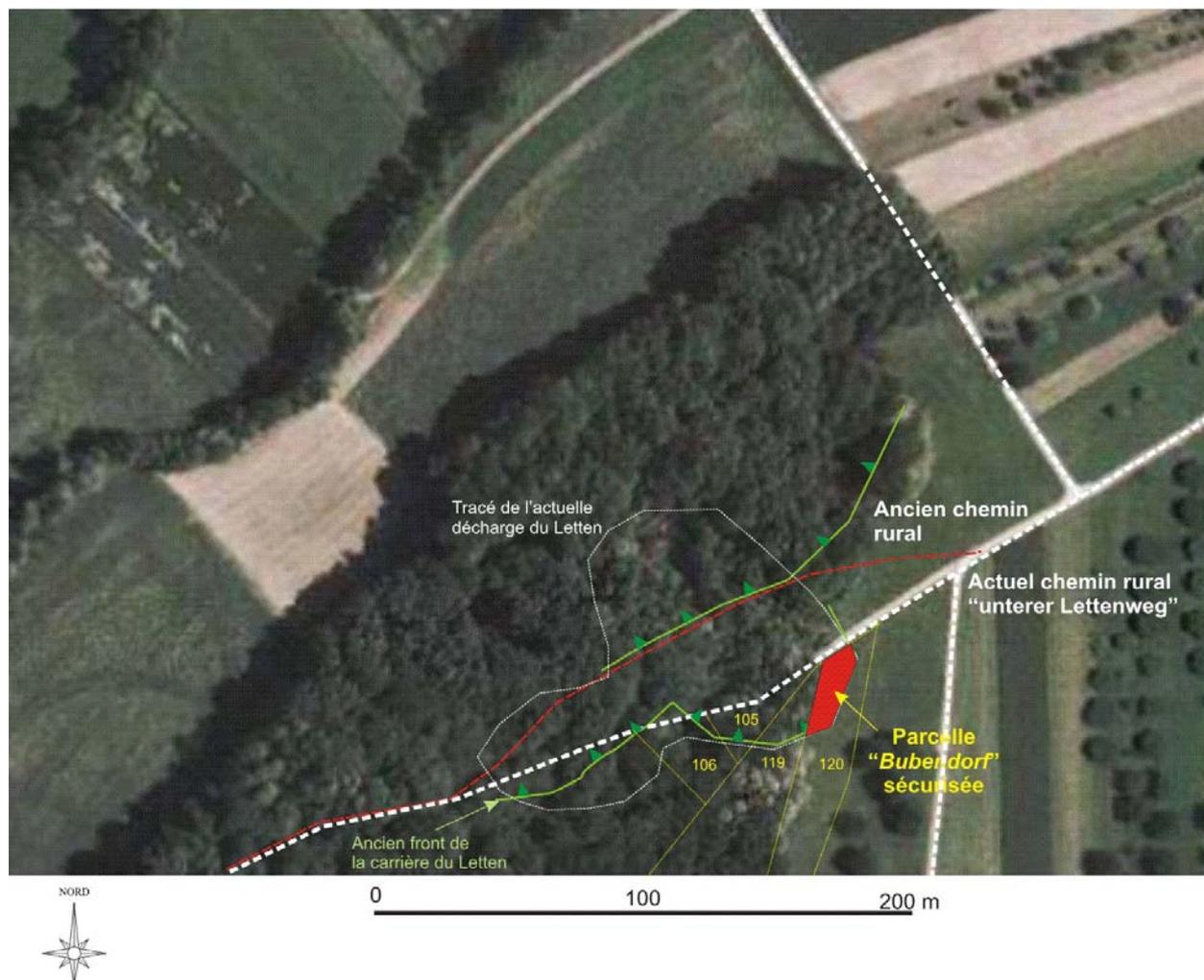


Figure 17 : Tracé présumé de l'ancienne exploitation du Letten et des chemins ruraux

L'analyse des photographies aériennes prises sur le secteur d'étude entre 1951 et 1970 apporte les informations suivantes :

- le dépôt est postérieur à 1951 et antérieur à 1958 ;
- les déchets comblent une ancienne carrière de sables et graviers, repérée sur les cartes d'Etat major de 1939. La profondeur atteinte par cette exploitation est incertaine, mais vraisemblablement proche des 6 à 7 mètres, c'est à dire proche du niveau statique de la nappe phréatique (référence Plet5ter) ;

- les déchets ont d'abord été entreposés, vers 1955, au Sud de l'actuel chemin communal, en lisière de forêt, au niveau de l'ancien front de taille supérieur (au droit de la parcelle 120 dite « *Bubendorf* »). Ces dépôts ont été reconnus par la pose d'un triplet piézométrique (Plet5) en 2001, et plus récemment en mars 2007 par la réalisation de sondages carottés (Le-MSG1 à Le-MSG4, Le5) et lors des travaux de sécurisation de la parcelle 120 (cf. rapport ANTEA A46059/A [58]). La décharge s'est ensuite avancée vers le Nord-Ouest dans la carrière, puis dans la pente ;
- un arrêt de la mise en dépôt antérieur à 1964 et une progressive revégétalisation du site.

Il ressort d'une délibération du Conseil Municipal de la commune de HAGENTHAL-LE-BAS du 25 avril 1959 que l'Entreprise de transport PFIRTER avait obtenu une autorisation orale de la Municipalité pour le dépôt de déchets chimiques sur ce site.

Une délibération du 30 mai 1959 autorise officiellement ce dépôt, après complément d'information et accord des autorités de tutelle, tout en demandant une couverture de celui-ci par des déblais de construction. Cette délibération souligne qu'il s'agit de "*déchets de vernis, couleurs, goudrons, cendres, scories, etc.*".

Par la suite, un rapport géologique sur les dépôts de déchets d'HAGENTHAL-LE-BAS a été établi le 23 mars 1960 par Monsieur Jacques LUCAS, collaborateur au Service Géologique d'Alsace et Lorraine (SGAL).

Celui-ci indique, notamment que le transporteur a déclaré, dans un courrier du 22 septembre 1959 au Sous-Préfet de MULHOUSE, la nature des déchets enfouis : "*détritus solides, en morceaux, pulvérulents, humides et goudronneux contenant des résidus de fabrication des colorants, des produits pharmaceutiques et des produits auxiliaires pour textiles*".

Les photographies aériennes de 1953 à 1970 (cf. Figure 18) montrent clairement l'évolution du site. La superficie du corps de la décharge est de 4 800 m² environ en 1959. La mise en dépôt s'effectuait depuis la plate forme supérieure de la décharge, depuis l'actuel chemin rural *Unterer Lettenweg*. Les déchets étaient déchargés et déversés sur le talus de la plate forme qui s'avancait ainsi progressivement selon la plus grande pente vers le Nord-Ouest.

Un ancien chemin d'accès, antérieur à 1959, aujourd'hui entièrement recouvert par la végétation, a été recoupé par le corps de la décharge. Aucun chemin ne donnait accès à l'extension Sud de la décharge du Letten en 1959. Cette partie de la décharge aurait donc été comblée postérieurement à 1959, tardivement dans l'historique de la décharge.

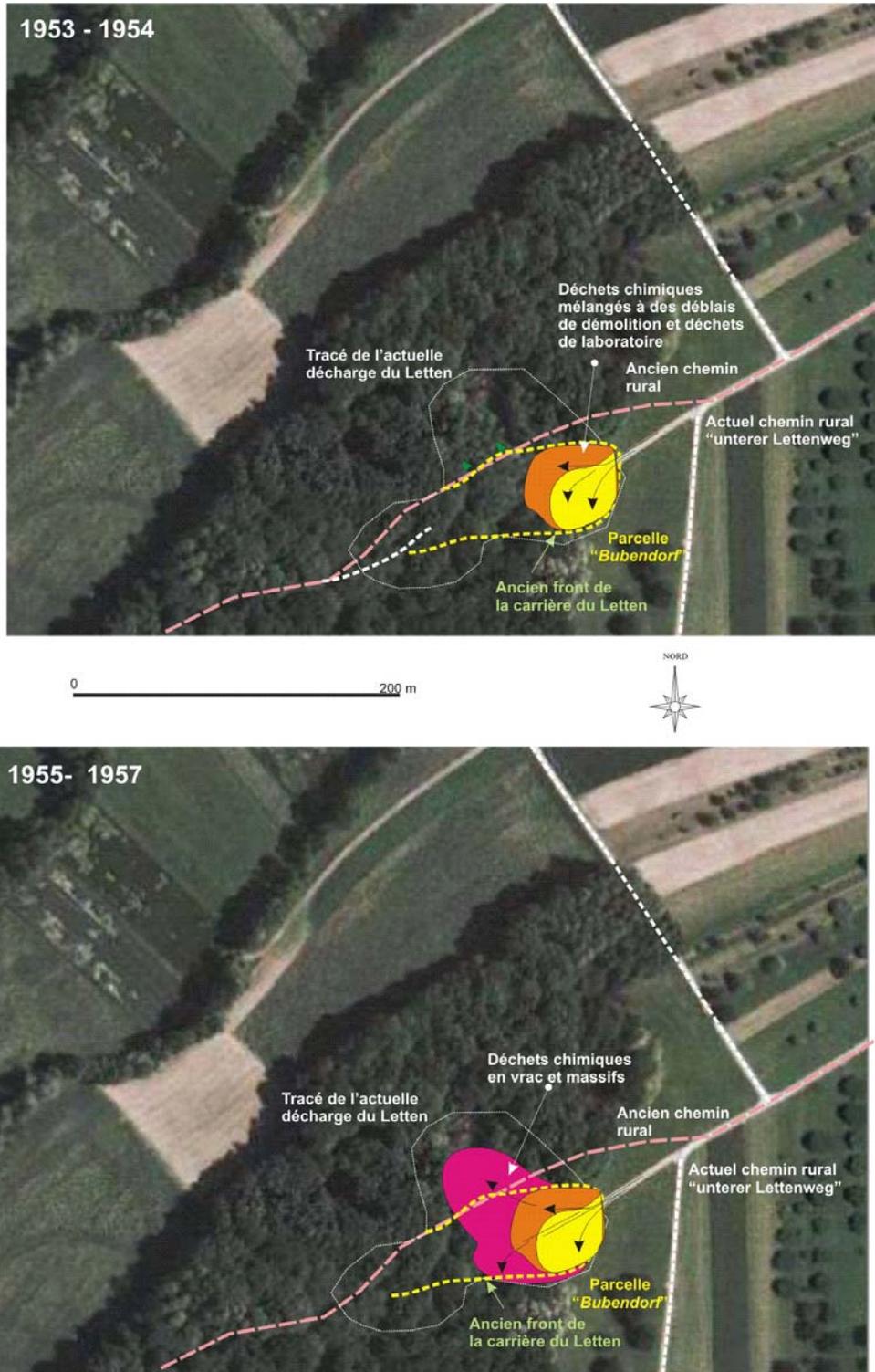


Figure 18 : Reconstitution de l'évolution présumée du site de l'ancienne décharge du Letten entre 1950 et 1957

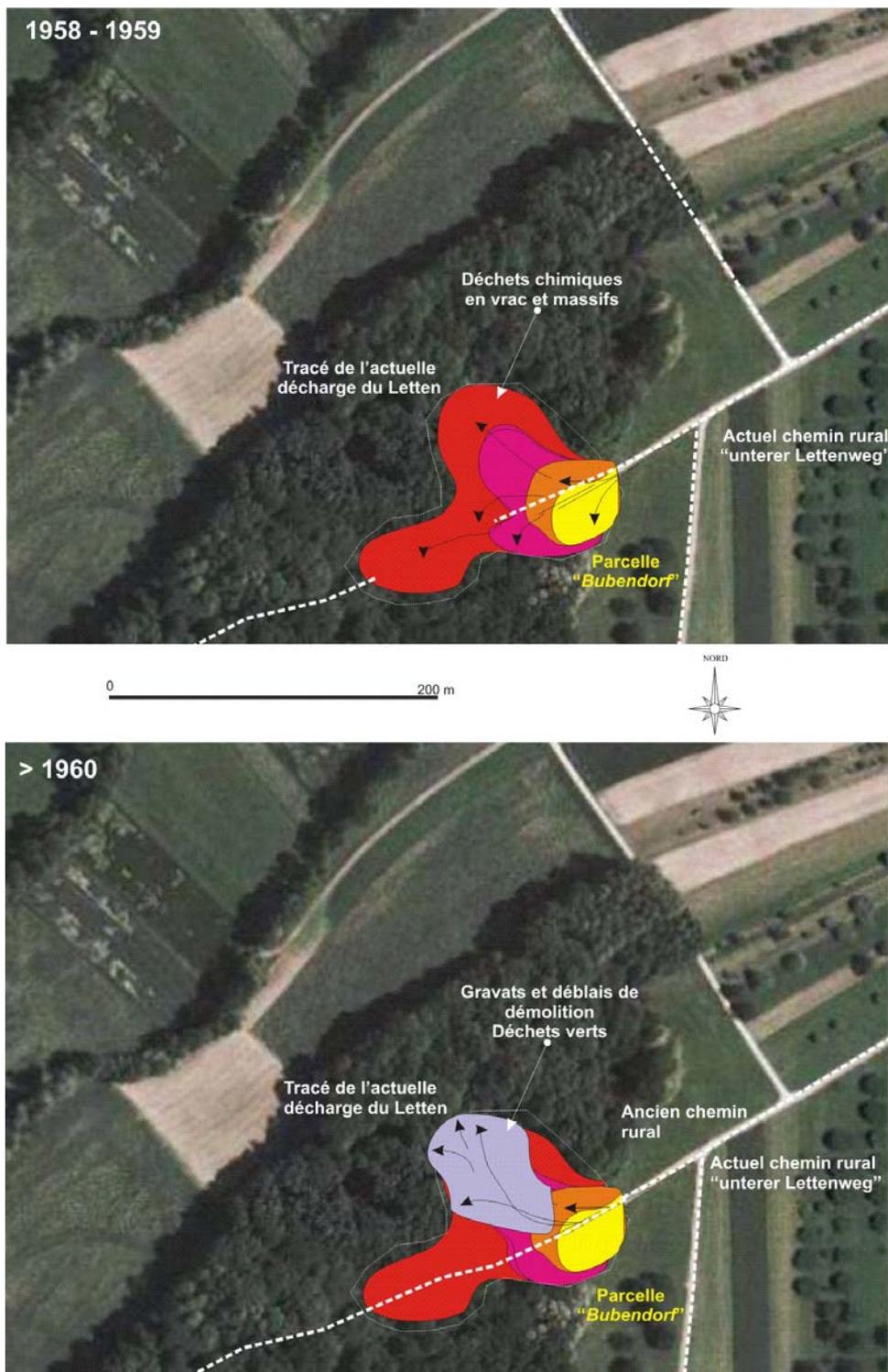


Figure 19 : Reconstitution de l'évolution présumée du site de l'ancienne décharge du Letten entre 1957 et 1970

Enfin, le déchargement des déchets a également été réalisé en moindre mesure plus au Sud-Ouest au niveau de l'actuel chemin forestier, ainsi qu'en amont pente de ce chemin à la hauteur de la plate-forme principale de la décharge.

La mise en décharge de déchets chimiques provenant des industriels bâlois semble avoir cessé sur ce site en 1961, car dès 1959, les autorités administratives ont émis des réserves sur ce stockage, ce qui a amené les industriels à rechercher des sites de stockage adaptés.

En 1966, 600 à 700 camions de déblais de démolition en provenance d'ALLSCHWIL (CH) sont déchargés sur le site par la Société TRAX AG de BALE.

La photographie aérienne prise en 1968 donne un aperçu de l'extension de la décharge (cf. rapport ANTEA A24219/B de septembre 2001). Une rampe de déchargement est encore visible sur la plate forme de la décharge.

Les informations historiques en notre possession indiquent que les déchets de la chimie correspondent vraisemblablement à des produits en vrac et en fûts, à des scories, des résidus cendreux, goudronneux de distillation issus de l'agrochimie, de l'industrie pharmaceutique et de la synthèse de colorants, vernis et peinture⁸.

Les travaux de sécurisation de la parcelle 120 ainsi que les sondages de reconnaissance dans le corps de la décharge de mars 2007 confirment ce constat (cf. rapport ANTEA A46059/A [58]).

A l'heure actuelle la décharge est toujours utilisée pour les déchets verts avec accès depuis SCHÖNENBUCH.

D'après ces différentes informations, il nous est possible de proposer un phasage du remblaiement de l'ancienne carrière du Letten, objet de la Figure 18.

⁸ SGAL, « Rapport géologique sur les dépôts de détritiques d'industrie chimique à HAGENTHAL-LE-BAS », 23 mars 1960.

4.2. Volumes et tonnages estimés

Le volume estimé de la décharge est de 30 000 m³ intégrant une masse de déchets chimiques entreposés évaluée à 3 200 tonnes d'après l'étude historique interne CIBA SC & NOVARTIS, *Historie der Entsorgung von Chemierückständen der ehemahlige CIBA-, GEIGY-, SANDOZ- und DURAND&HUGUENIN-Werke (Basel Landschaft und Basel Stadt) vor 1961*, 26 avril 1999 [60].

Les travaux de sécurisation de la parcelle 120 et les sondages de reconnaissance effectués dans la décharge du Letten en mars 2007 montrent les points suivants :

1. les déchets chimiques sont intimement liés à des gravats et autres matériaux de démolition souillés, notamment dans la partie haute et la plus ancienne de la décharge. Les travaux de sécurisation de la parcelle 120 ont amené l'excavation et la destruction par incinération (cf. rapport ANTEA A46059/A) d'environ 1 100 t de déchets et matériaux souillés, soit 600 à 700 m³.
2. les substances contenues dans les déchets ont en partie, par leur fraction mobile, pénétré et contaminé sur au moins un mètre les sols naturels à leur contact.

En conséquence sur la base des données disponibles, les tonnages de déchets et matériaux souillés dans la décharge du Letten peuvent être estimés comme étant de l'ordre de 30 000 à 40 000 t environ (cf. Figure 20).

Les principales incertitudes sur cette estimation sont les suivantes :

- ✓ extension de la décharge en particulier vers le Sud-Ouest,
- ✓ éventuelles variations des épaisseurs des déchets chimiques et d'autres matériaux souillés (gravats, déblais de démolition, etc.).

Ces incertitudes n'ont pas d'incidence sur l'évaluation détaillée des risques.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

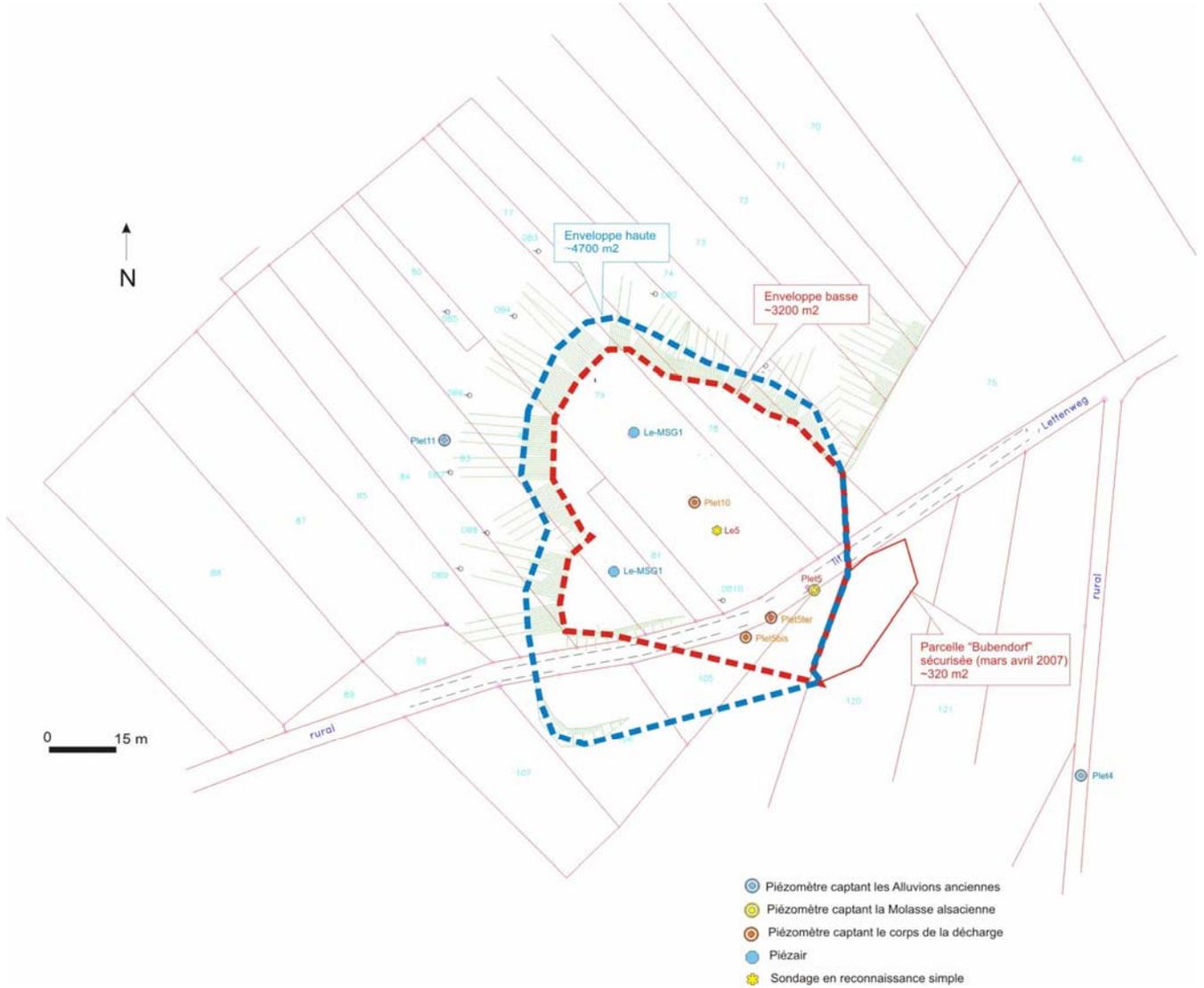


Figure 20 : Estimation des tonnages de déchets chimiques

4.3. Reconnaissance du corps de la décharge

4.3.1. Rappel des investigations effectuées

Le corps de la décharge a été reconnu par les ouvrages suivants :

- le forage destructif du triplet de piézomètres Plet5 / Plet5bis / Plet5ter réalisé en mars 2001,
- les sondages carottés Le-MSG1, Le-MSG2 (Plet10), Le-MSG3, Le-MSG4 (Plet11) et Le5 exécutés en mars 2007,
- les travaux de sécurisation et d'excavation de la parcelle n°120 dite « *Budendorf* ».

Ces travaux sont décrits dans le Volet 1 de la présente étude et dans le compte rendu fin de travaux (cf. rapport ANTEA A46162/A de juin 2007).

4.3.2. Localisation des déchets recueillis

Les résultats des sondages de reconnaissance sont synthétisés dans le Tableau 10.

Sondage	Déchets chimiques reconnus	Profondeur et cotes des déchets (m/surface) m NGF	Profondeur et cotes de la base de la décharge (m/surface) m NGF	Puissance du massif des déchets m	Profondeur et cotes du niveau d'eau en mars 2007 (m/surface) m NGF
Parcelle « <i>Bubendorf</i> »	oui	0,3 m /	6,3 m /	6,0 m	(sec)
Plet5bis	non	-	-	-	7.66 m / 363.12 m NGF
Plet5 ter	oui	3,7 m/	7,0 m /	3,3 m	
Le-MSG1	oui	3,7 m/	8,7 m /	5,0 m	(sec)
Le-MSG2 (Plet10)	oui	3,5 m /	7,4 m /	3,9 m	- 7,92 m / 363.08 m NGF
Le-MSG3	oui	1,0 m /	7,0 m /	6,0m	(sec)
Le-MSG4 (Plet11)	non	-	-	-	- 5,23 m / 353.00 m NGF
Le5	oui	3,3 m /	7,0 m /	3,7 m	<i>non mesuré</i>

Tableau 10 : Reconnaissance directe dans la décharge du Letten – Synthèse

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A



Indices de la présence de déchets chimiques en sub surface sur la décharge du Letten

Par ailleurs, des indices de présence de déchets en sub surface ont été relevés par ANTEA en mars 2007 sur la décharge (cf. planche photographique ci-contre). On peut notamment recenser :

- 1) (plate forme Ouest de la décharge), billes noires vitreuses à éclat gras dans une matrice finement sableuse ou pulvérulente noire (résidus de distillation),
- 2) (flanc Nord-Est de la décharge), scories vert malachite formées d'une matrice colorante plastique liant des éléments minéraux sablo graveleux. Ces scories sont associées à des plaquettes de médicament, des restes de contenants métalliques corrodés et à des flacons, dans une matrice limono argileuse beige,
- 3) (extrémité Ouest de la décharge), éléments graveleux noir vitreux à résineux, parfois cendreux, associés à des scories grises, remontées par les taupinières,
- 4) (pied Nord de la décharge), culot de distillation dans un reste de fût corrodé enchâssé à la verticale dans les limons du pied de la décharge. Ce culot a été évacué et éliminé selon une filière appropriée par POLLUTION SERVICE en 2005 (cf. rapport Pollution Service N 04 140 [28]),
- 5) (affleurement des déchets après labours de la parcelle « *Bubendorf* »), résidus de distillation bleuté à forte odeur chimique (nitrobenzène), associés à une matrice sablo graveleuse grise et localement teintée par un colorant rose à pourpre pulvérulent (cf. planche photographique ci-contre). Ces résidus ont été évacués et éliminés selon une filière appropriée lors des travaux d'excavation et de sécurisation de la parcelle de mars et avril 2007 (cf. rapport ANTEA A46059/A [58]),
- 6) (affleurement des déchets après le labour de la parcelle « *Bubendorf* »), flacons renfermant encore des produits chimiques (une huile ambrée et épaisse). Ces résidus ont été évacués et éliminés selon une filière appropriée lors des travaux de sécurisation précités (cf. rapport ANTEA A46059/A [58]),
- 7) (affleurement des déchets après labour de la parcelle « *Bubendorf* »), restes d'un fût corrodé renfermant une fibre blanche noyée dans une résine noire odorante. Ces résidus ont été évacués et éliminés selon une filière appropriée lors des travaux de sécurisation précités (cf. rapport ANTEA A46059/A [58]).

*Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
Volet 2 : Etat des connaissances*

A 47000/A



Position subaffleurante des déchets, parcelle 120 (mars 2007)
Aperçu photographique
(cf. rapport ANTEA A46059/A [58])

4.3.3. Résultats obtenus

4.3.3.1. Les différents faciès lithologiques et unités reconnus

Divers matériaux et faciès lithologiques ont été reconnus par les sondages exécutés dans et au pied de la décharge du Letten (cf. volet 1, rapport ANTEA A46162/A [48]) :

1. gravats et déblais de démolition associés à des graviers tout venant de carrière,
2. déchets chimiques en vrac (cf. § dédié suivant),
3. argiles compactes à nodules calcaires infracentimétriques, beige à brun orangé panaché gris à gris vert (rattachés à la formation des Alluvions anciennes des plateaux). Ce faciès sera désigné par *Letten*⁹ dans la suite de notre propos,
4. sables graveleux légèrement argileux brun caramel à beige orangé (Alluvions anciennes des plateaux),
5. graviers sablo argileux beige à brun caramel (Alluvions anciennes des plateaux),
6. argiles compactes beige panaché caramel (Molasse alsacienne).

Les photographies associées aux profils géologiques présentées dans le Volet 4 donnent un aperçu de ces formations et faciès. L'agencement de ces formations dans l'espace, leurs limites rapportées au référentiel NGF par nivellement, permettent de mieux appréhender la structure de la décharge (sur la base des investigations et travaux de sécurisation réalisés).

La coupe hydrogéologique interprétative présentée sur la Figure 21 constitue une synthèse des informations recueillies sur la décharge du Letten.

4.3.3.2. Description de la structure du corps des déchets

Les déchets chimiques de la décharge du Letten correspondent à des résidus issus de la production de la chimie des colorants synthétiques et de la pharmachimie de la chimie bâloise des années 50.

Les travaux d'excavation et de sécurisation de la parcelle « *BUBENDORF* » réalisés en mars 2007 ont permis d'appréhender à la fois la nature et la structure de la partie la plus ancienne de la décharge chimique.

⁹ Letten désigne « *argile* » dans ce secteur de langue germanique. Ces terrains argileux ont donné leur nom au lieu-dit du site.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

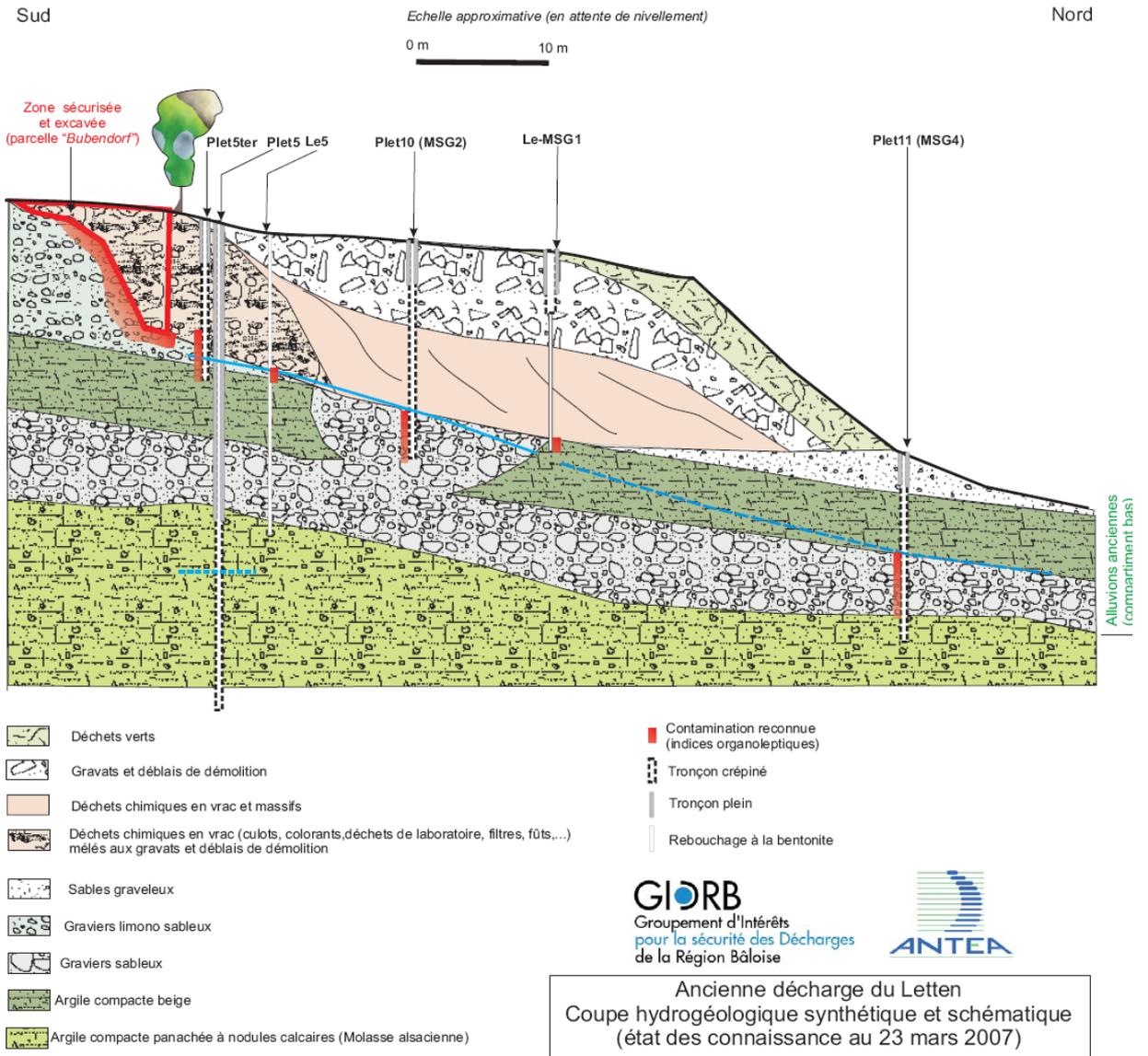


Figure 21 : Coupe hydrogéologique synthétique de la décharge du Letten (avril 2007)

Les sondages effectués dans la décharge en mars 2007 ont quant à eux permis de reconnaître le massif des déchets chimiques dans la partie la plus récente de la décharge.

Il ressort de ces observations que la partie la plus ancienne de la décharge est très hétérogène, constituée par un mélange en alternance de gravats et de déblais de démolition, de déchets chimiques en vrac (restes de filtres, culots de distillation vitreux et résineux noirs en sac plastique et plus rarement en fût aujourd'hui partiellement dissous par la corrosion, blocs et poudres colorantes, colorants d'aspects goudronneux ou imbibant de la sciure de bois, déchets de laboratoire, fioles et verrerie vide ou pleine de liquides ou de produits chimiques solides et cristallisés).

Les coupes photographiques présentées pages suivantes (cf. aperçus photographiques), effectuées les 26 et 27 mars 2007 dans la partie haute de la décharge à la faveur des travaux de sécurisation de la parcelle « *Bubendorf* » montrent le mélange des déchets chimiques avec les déblais, gravats de démolitions et graviers, en couches successives s'avancant dans l'ancienne dépression du Letten (du Sud-Est vers le Nord-Ouest) jusqu'à son comblement total (cf. rapport ANTEA A46059/A [58]). Après quoi, la décharge s'est avancée vers l'Ouest et le Nord dans la pente.

La partie récente semble plus homogène, massive, formée de résidus sablo graveleux, plus au moins goudronneux, mêlés à des gravats et à de la sciure imprégnée, à forte odeur aromatique (hydrocarbures aromatiques polycycliques). Les photographies associées aux profils géologiques des sondages donnent un aperçu de ce type de déchets (cf. annexe C du volet 4, rapport ANTEA A47557/A [51]).

4.3.3.3. *Le système géologique du Letten*

Les sondages et travaux effectués sur le site du Letten soulignent les points suivants :

- l'essentiel des déchets de la chimie bâloise des années 50 repose sur une couche d'argile compacte et sèche de 2 à 3 m de puissance environ : les argiles du *Letten*. Ces argiles forment le toit du compartiment bas des Alluvions anciennes que l'on reconnaît jusqu'à 9 m de profondeur (cote de + 361 m NGF) au droit de la décharge.

Ces sables et graviers reposent sur des argiles compactes noduleuses attribuées au terme supérieur de la formation de la Molasse alsacienne.

*Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
Volet 2 : Etat des connaissances*

A 47000/A



26/03/07, 15:30

Tranchée réalisée dans la partie haute de la décharge
Aperçu photographique

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

Détail de la paroi Nord de la fouille du chantier
 d'excavation et de sécurisation de la partie
 supérieure de l'ancienne décharge du Letten
 (27 mars 2007)

GIDRB
 Groupement d'Intérêts
 pour la sécurité des Décharges
 de la Région Bâloise



- Limite supérieure (toit) des déchets
- Bloc rose à pourpre compacte et homogène de texture crayeuse
- Remblais sablo graveleux et pigments pulvérulents conditionnés dans des sacs plastiques et dans des flacons en verre
- Culet de distillation noir vitreux à éclat résineux et gras
- Sciure de bois et morceaux de bois imprégnés
- Gravats et déblais de démolition, graviers, mêlés à des déchets de laboratoire (verrerie) et à des pigments pulvérulents conditionnés dans des sacs plastiques et dans des flacons en verre
- Gravats et déblais de démolition, graviers, mêlés à des déchets de laboratoire (verrerie) et à des pigments pulvérulents
- Argiles bleutées et contaminées (à débris ligneux et traces de racines = paléosol)
- Argiles limoneuses beige à brun orangée saines (Alluvions anciennes, compartiment bas, terme argileux)

W

E

Tranchée réalisée dans la partie haute de la décharge
 Aperçu photographique

- la continuité entre les sables et graviers du compartiment haut des Alluvions anciennes, substitués par les déchets au niveau de la décharge, après comblement de l'ancienne exploitation de graviers, et les graviers du compartiment bas des Alluvions anciennes est le fait d'une lacune (« fenêtre » au droit de Plet10) dans les argiles du *Letten* compactes (cf. Figure 21).

Les indices organoleptiques de contamination montrent clairement que les graviers en aval direct de la décharge (Plet11) sont contaminés sous 4 à 5 m de terrains argileux et sableux sains. Cette contamination témoigne d'un transfert vertical de polluant depuis les déchets sous les argiles, puis d'un transfert latéral au sein des graviers (cf. Figure 21).

- la fenêtre graveleuse au sein de ces argiles, identifiée en 2002 par sondages (secteur des piézomètres Plet6bis et Plet7 – cf. coupes en annexe C du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]) et par géophysique (panneaux électriques EDG – cf. annexe D du volet 4 [51]), correspond vraisemblablement à l'ancienne exploitation existante et/ou à un ancien chenal.

Cette « fenêtre » serait orientée vers l'Ouest et serait limitée à son mur par les argiles de la Molasse alsacienne et latéralement par les faciès argileux francs du *Letten*. Un témoignage oral recueillis durant les travaux de sécurisation de la parcelle « *Bubendorf* » auprès d'un habitant de SCHÖNENBUCH ayant connu le site avant la mise en dépôt de matériaux, rappelle l'existence d'une source au niveau du site même de cette décharge (source autre que celle dénommée ES3).

4.3.3.4. Conclusions

Les différents travaux engagés (sondages, sécurisation) et les observations effectués entre mars 2001 et avril 2007 sur le site étudié apportent les informations suivantes :

- 1) les déchets chimiques sont subaffleurants dans la partie haute et Sud de la décharge du Letten (parcelle « *Bubendorf* » aujourd'hui sécurisée, partie Nord de la parcelle n°119), sur les flancs de la décharge et dans l'extension Ouest de la décharge.

Les photographies présentées dans le cadre de ce rapport soulignent la présence de déchets à proximité immédiate de la surface (sous 20 à 30 cm de terre végétale) avant sécurisation et excavation de cette surface.

- 2) ces déchets sont recouverts par au moins 2 m de gravats, de déblais de démolition et de déchets verts au niveau de la plate forme principale et au droit du front Nord de la décharge. L'épaisseur maximale de cette couverture est de 3,5 m environ.

- 3) le massif des déchets présente une puissance comprise entre 3,0 et 6,6 m. Les déchets ont été reconnus jusqu'à près de 9 m de profondeur (Le-MSG1).
- 4) ce massif comporte une partie ancienne très hétérogène (déchets solides divers, pigments colorants, déchets de laboratoire, culots de distillation intimement liés à des déblais et gravats) dans sa partie Est (au droit de la parcelle sécurisée notamment) et une partie massive, plus homogène dans sa partie Ouest (décharge de pente).
- 5) il comble une ancienne gravière de pente, située au niveau d'une surépaisseur d'alluvions sablo-graveleuses orientée Est-Ouest et entaillant des formations alluviales à dominantes argileuses franches.
- 6) les déchets reposent sur une formation argileuse compacte discontinue, dont l'épaisseur peut atteindre 3 mètres environ, et présentant localement une « fenêtre » jouant un rôle dans la migration verticale des substances mobiles contenues dans les déchets.

Cette migration verticale de substances en phase libre¹⁰ et/ ou dissoute, a conduit à une contamination des sols et terrains du proche environnement de la décharge jusqu'à une profondeur au droit de la décharge d'au moins 10 m.

A l'opposé, la contamination des argiles par diffusion et/ou entraînement par lessivage direct depuis le corps des déchets reste d'amplitude et de portée limitée (métrique à inframétrique).

¹⁰ phase dense ancienne, éventuellement piégée actuellement sous forme résiduelle.

4.4. Caractérisation physico chimique des déchets et des sols sous-jacents

4.4.1. Substances susceptibles d'être rencontrées dans le corps des déchets

Nous renvoyons ici au § 5.1.1. du Volet 1 de la présente étude (cf. rapport A46162A), largement détaillé.

Les analyses effectuées sur les eaux dans l'environnement proche de la décharge depuis mars 2001 apportent d'autres éléments sur la nature des constituants de la décharge, notamment la présence de certains composés pharmaceutiques comme les barbituriques.

En outre, certaines substances ont présenté durant les investigations des indices organoleptiques de leur présence : nitrobenzène (seuil de perception olfactif dans l'air de 0,3 mg/m³, très odorant), HAP, xylènes.

Par ailleurs, les tests d'extraction des gaz du sol effectués dans la décharge du Letten en mars 2007 ont montré, de par les concentrations en CH₄ et en CO₂ élevés dans le corps de la décharge, que les fractions organiques le constituant étaient encore en cours de biodégradation (fermentation, respiration).

On s'est donc attaché dans la présente étude à caractériser les molécules potentiellement présentes compte tenu de la chimie des colorants, et compte tenu des autres indices (indices organoleptiques, présence dans les eaux) :

- en recherchant par analyses ciblées les principales substances susceptibles d'être présentes,
- en complétant le programme d'analyses ciblées par des screenings.

On rappelle ici que plusieurs familles d'échantillons ont été prélevées dans les déchets et sols sous-jacents :

- échantillons issus de la fouille « *Bubendorf* » :
 - 8 échantillons dans les déchets, correspondant à des déchets « anciens » ;
 - 11 échantillons de sols sous les déchets ;
- échantillons prélevés en sondage (Le MSG1 à LE MSG4) :
 - 6 échantillons correspondant à des déchets « récents »
 - 5 échantillons de sols sous les déchets. Ils permettent d'appréhender la migration des polluants

4.4.2. Résultats des analyses sur les déchets

Les résultats des analyses sont rassemblés dans les tableaux synthétiques placés en annexe G3 du volet 4 (rapport ANTEA A7556/A [51]) et sont commentés dans les paragraphes 4.4.2.1 à 4.4.2.18 ci-après.

4.4.2.1. Les métaux

On constate sur la base des analyses réalisées que les déchets de la fouille « *Bubendorf* » présentent des teneurs élevées, notamment en plomb (349 à 1520 mg/kg) et en cuivre (192 à 937 mg/kg) sur tous les échantillons, et plus localement pour l'antimoine (jusqu'à 1760 mg/kg), le chrome (jusqu'à 167 mg/kg) et le baryum (jusqu'à 1270 mg/kg). Les teneurs en mercure sont comprises entre 1,2 et 5,2 mg/kg.

Cette signature en métaux se rencontre également dans les sondages de reconnaissance recoupant la partie Nord de la décharge.

Cette partie Nord, dite « récente », se distingue toutefois de la partie « ancienne » par des teneurs ponctuellement élevées en mercure (jusqu'à 2 500 mg/kg), en cuivre (jusqu'à 32 000 mg/kg), en zinc (jusqu'à 360 000 mg/kg) et en cadmium (jusqu'à 110 mg/kg MS). On y retrouve également le plomb avec une teneur maximale mesurée de 20 000 mg/kg MS (cf. Figure 22 page suivante).

Remarque : le mercure est présent dans la partie récente de la décharge, marquée par de fortes teneurs en anthracène et naphthalène. Il est possible que le mercure ait été utilisé comme réactif pour la production de cétones (les quinones et anthraquinones) à partir d'HAP à deux et trois cycles, préliminaire à la synthèse de colorants anthraquinonique et/ou comme agent oxydant dans les réactions de couplage diazoïque.

Parmi les terres rares détectées, on note la présence de Cérium, Néodyme, Rubidium, Vanadium et Zirconium.

4.4.2.2. Les cyanures libres et cyanures totaux

Les teneurs en cyanures libres et totaux mesurées dans les échantillons issus de la fouille « *Bubendorf* » restent modérées (teneurs maximales observées de 31,2 mg/kg MS et de 25,9 mg/kg MS pour respectivement les cyanures totaux et les cyanures libres). Les cyanures libres ne représentent qu'au plus un tiers des cyanures totaux, à l'exception de l'échantillon du 26 mars 2007 (CN_{totaux} : 29,5 mg/kg MS et CN⁻ : 25,9 mg/kg MS).

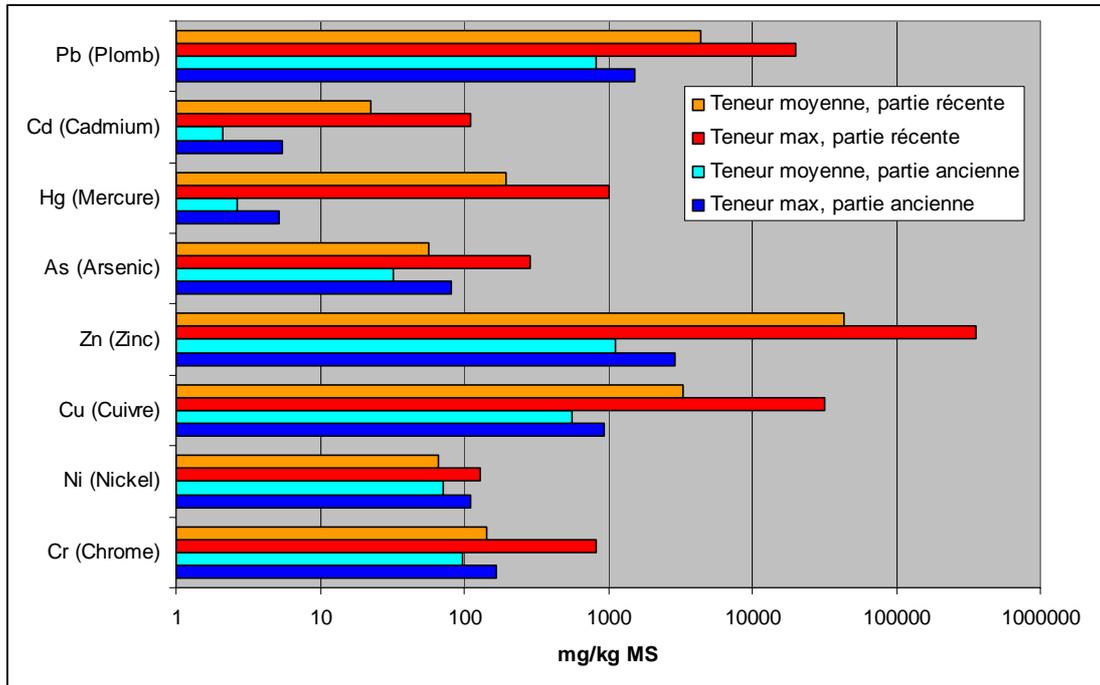


Figure 22 : Répartition des teneurs en métaux au sein de la décharge

4.4.2.3. Les halogènes

Des teneurs en chlore inférieures à 1% et en soufre atteignant 4,36 % ont été détectées, sans doute en rapport avec la présence de sels (chlorures, sulfates).

Le soufre élémentaire a par ailleurs été détecté par screening CPG/MS (WESSLING) dans les échantillons Le MSG1b et Le MSG2b, sans toutefois avoir été quantifié.

4.4.2.4. Les BTEX

On constate la présence de BTEX sur tous les prélèvements effectués dans les déchets, en concentrations très variables suivant les échantillons. De manière générale, c'est le benzène qui présente les plus fortes concentrations, mais sur certains échantillons, ce sont d'autres substances qui sont prépondérantes. Ainsi, les concentrations maximales observées atteignent :

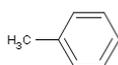
- 122 mg/kg MS pour le benzène et 18,9 mg/kg MS pour le toluène sur l'échantillon Le-MSG2b ;
- 16,7 mg/kg MS pour les m- et p-xylènes, et 5,29 mg/kg MS pour l'o-xylène sur l'échantillon Le-MSG1a.

D'autres BTEX ont été détectés en concentrations localement élevées, comme le 1,3,5-triméthylbenzène (7,23 mg/kg MS) et le 1,2,4-triméthylbenzène (13,9 mg/kg MS) sur l'échantillon Le-MSG1a.



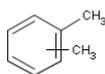
Benzène

CAS: 71-43-2



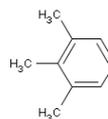
Toluène

CAS: 108-88-3



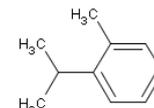
Xylène

CAS: 1330-20-7



Trimethylbenzènes

CAS: 25551-13-7



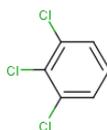
Isopropyltoluène
Cymène

CAS: 25155-15-1

4.4.2.5. Les Composés Aromatiques Volatils Halogénés (CAV)

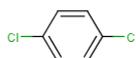
Sur la base des analyses réalisées, on constate les points suivants :

- les CAV détectés sont le chlorobenzène, les isomères du di- et du trichlorobenzène, et à un degré moindre les isomères du chlorotoluène et le bromobenzène,
- les teneurs les plus élevées ont été observées dans la partie récente de la décharge avec 1 680 mg/kg MS (Le-MSG2, total des CAV) et sont majoritairement le fait de l'occurrence des isomères du trichlorobenzène,



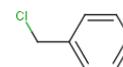
Trichlorobenzène

CAS: 12002-48-1



Para (1,4-) dichlorobenzène

CAS: 106-46-7



Chlorotoluène (Benzene,
chlorométhyl-)

CAS: 25168-05-2

Remarque : comme le nitrobenzène, les chlorobenzènes, sont des solvants organiques à haut point d'ébullition, employés dans la chimie des colorants des années 50 notamment.

La Figure 23 (page suivante) présente une synthèse de ces résultats.

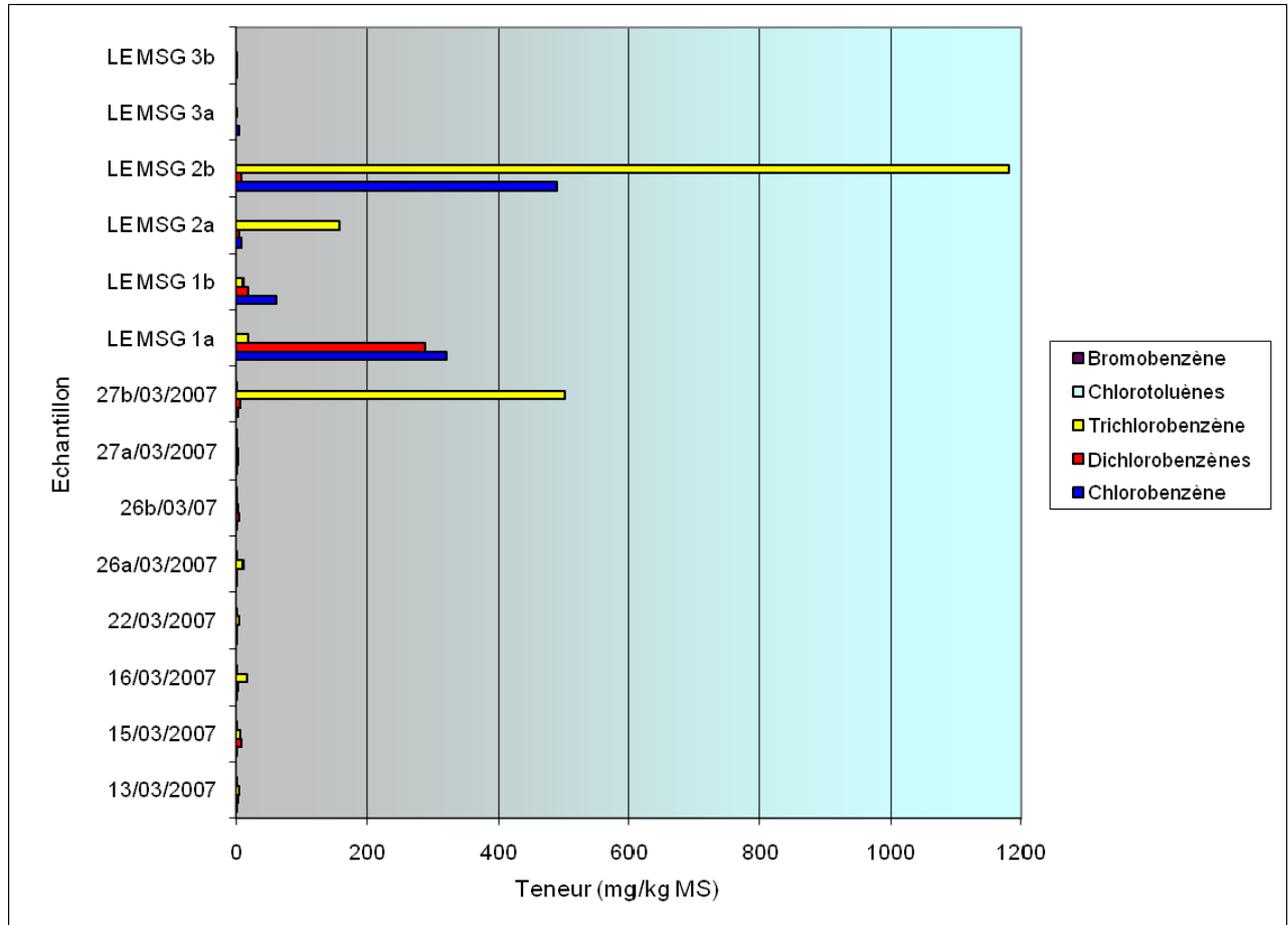


Figure 23 : Répartition des teneurs en CAV halogénés dans les déchets

D'autres composés aromatiques volatils et halogénés ont été détectés par screening CPG/MS (laboratoire WESSLING) dans trois échantillons (Le MSG1b, Le MSG2b et Le MSG3b), mais à des teneurs maximales inférieures à celles des composés recherchés par analyses ciblées :

- tetrachlorobenzène (4 mg/kg MS),
- méthylchlorobenzène (3 mg/kg MS).

Ces tentatives d'identification n'ont pas fait l'objet d'une confirmation par des analyses ciblées.

4.4.2.6. Les hétérocycles aromatiques

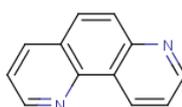
Ces composés n'ont pas été recherchés par des analyses ciblées, mais détectés par screening CPG/MS (laboratoire WESSLING) dans les trois échantillons (Le MSG1b, Le MSG2b et Le MSG3b) :

- N-hétérocycles :

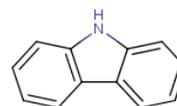
- pyridine et dérivés de la pyridine (jusqu'à 40 mg/kg MS),
- phénanthroline et ses dérivés (jusqu'à 110 mg/kg MS),
- carbazole (jusqu'à 100 mg/kg MS).



Pyridine
CAS: 110-86-1



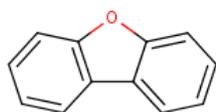
Phénanthroline
CAS: 12678-01-2



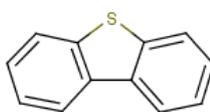
Carbazole
CAS: 86-74-8

- O-hétérocycles et S-hétérocycles :

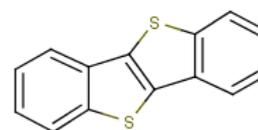
- dibenzofurane (jusqu'à 15 mg/kg MS),
- dibenzothiophène (jusqu'à 10 mg/kg MS),
- 1)Benzothiéno(3,2-b)(1)benzothiophène (jusqu'à 30 mg/kg MS).



Dibenzofurane
CAS: 132-64-9



Dibenzothiophène [USAN]
CAS: 132-65-0



1)Benzothiéno(3,2-b)(1)benzothiophène
CAS: 248-70-4

Aucune de ces tentatives d'identification n'a été confirmée par une analyse ciblée.

4.4.2.7. Les COHV (chlorométhanés, chloréthanés, chloréthènes, bromoformes et fréons)

On constate la présence de traces de COHV dans les déchets. Les substances détectées sur la plupart des échantillons à des teneurs supérieures à la LIQ appliquée par le laboratoire BACHEMA (0,005 mg/kg) sont les suivantes :

- le trichloréthylène TCE : jusqu'à 33,8 mg/kg (LeMSG 2b),
- le perchloréthylène PCE : jusqu'à 3,92 mg/kg (Le MSG 2b),
- le chloroforme : jusqu'à 0,202 mg/kg (échantillons du 26/03/07b).

A noter que le TCE et le PCE sont également détectés dans les eaux souterraines en aval hydraulique direct de la décharge (Plet6bis suivi depuis juin 2002), et dans les gaz du sol en mars 2007.



Chloroforme
CAS: 67-66-3



Trichloroéthylène [INN]
CAS: 79-01-6



Tétrachloroéthylène
CAS: 127-18-4

Par ailleurs, des traces d'autres COHV ont été détectées sur certains échantillons :

- chlorométhanés : dichlorométhane (jusqu'à 0,135 mg/kg sur Le MSG2b) et tétrachlorométhane (0,033 mg/kg sur l'échantillon du 16/03/07 de la « fouille Bubendorf »),
- chloréthènes : trans 1,2-dichloréthylène (0,016 mg/kg sur l'échantillon du 16/03/07 de la « fouille Bubendorf »), cis 1,2-dichloréthylène (jusqu'à 0,417 mg/kg sur Le MSG1a),
- chloréthanés : 1,2-dichloréthane (0,017 mg/kg sur l'échantillon du 16/03/07).

Le chlorure de vinyle n'a pas été détecté à des teneurs supérieures à la LIQ appliquée (0,005 mg/kg MS).

Remarque : l'utilisation de solvants chlorés s'est répandue dans l'industrie en Europe à la fin des années 50. Ce type de produit n'a pas été mis en œuvre à grande échelle dans les processus de fabrication de la chimie bâloise des années 50. PCE et TCE sont des dégraissants industriels très largement répandus à partir des années 60 (industrie de la métallurgie, horlogerie, traitement de surface, etc.).

4.4.2.8. Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

On constate, sur la base des échantillons prélevés et des analyses réalisées que :

- les teneurs en HAP au niveau de la fouille « *Bubendorf* », correspondant à la partie « ancienne » de la décharge, sont peu élevées et restent inférieures à 100 mg/kg MS en HAP totaux, avec une prédominance du naphthalène et des HAP à 3 cycles.
- Au niveau de la partie « récente » de la décharge, le point Le-MSG1 se distingue des autres prélèvements par des teneurs élevées en HAP. Les espèces prédominantes sont le naphthalène (jusqu'à 1 900 mg/kg MS) et l'anthracène (jusqu'à 3 100 mg/kg MS).

Ces données sont synthétisées sur la Figure 24.

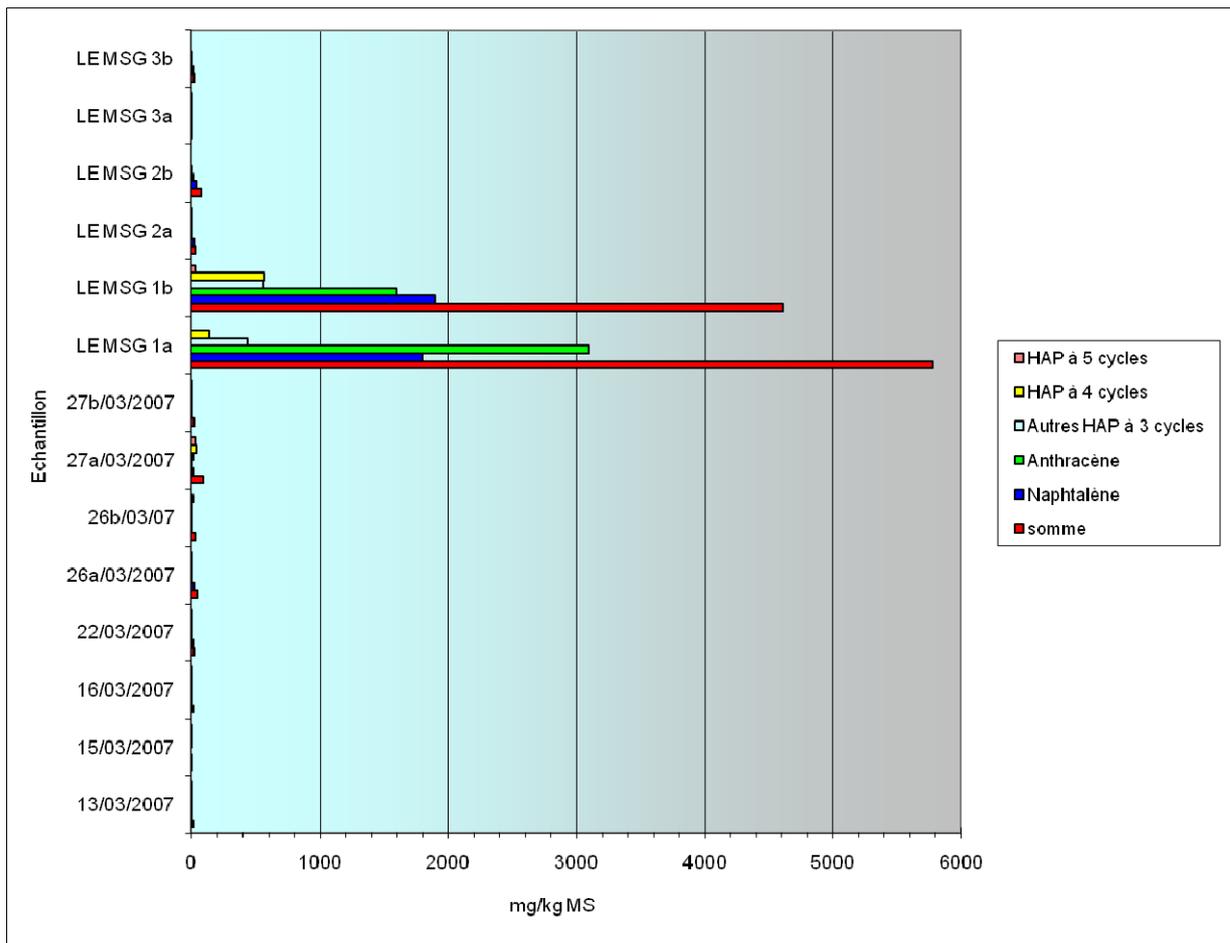
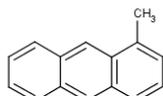


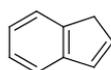
Figure 24 : Signature en HAP des échantillons de la décharge du Letten

Des traces d'autres HAP ont été détectées par screening CPG/MS (laboratoire WESSLING) dans les trois échantillons (Le MSG1b, Le MSG2b et Le MSG3b) :

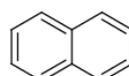
- indène (jusqu'à 10 mg/kg MS),
- méthylantracène (jusqu'à 20 mg/kg MS).



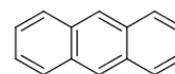
Méthylantracène
CAS: 610-48-0



Indène
CAS: 95-13-6



Naphtalène
CAS: 91-20-3



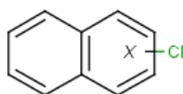
Anthracène
CAS: 120-12-7

Ces tentatives d'identification n'ont pas fait l'objet d'une confirmation par des analyses ciblées au laboratoire.

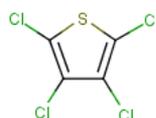
4.4.2.9. Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques ou hétérocycliques halogénés

Ces composés n'ont pas été recherchés par des analyses ciblées mais détectés par screening CPG/MS (laboratoire WESSLING) dans les trois échantillons précités (Le MSG1b, Le MSG2b et Le MSG3b) :

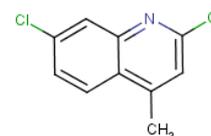
- chloronaphtalènes (jusqu'à 130 mg/kg MS),
- dichloronaphtalène (jusqu'à 10 mg/kg MS),
- tetrachlorothiophène (jusqu'à 6 mg/kg MS),
- dichlorométhylquinoline (jusqu'à 20 mg/kg MS).



Chloronaphtalène ou « Halowax Thiophène, 2,3,4,5-tétrachloro-1031 »
CAS: 25586-43-0



CAS: 6012-97-1



Quinoline, 2,7-dichloro-4-méthyl-
CAS: 59666-16-9

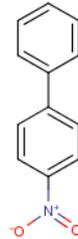
Aucune de ces tentatives d'identification n'a été confirmée par une analyse ciblée.

4.4.2.10. Les composés nitroaromatiques et nitrophénols

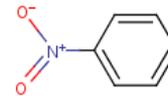
On constate sur la base des analyses effectuée que :

- parmi les composés nitroaromatiques et les nitrophénols recherchés, seul le nitrobenzène a été détecté à des teneurs supérieures aux LIQ appliquées par les laboratoires WESSLING et BACHEMA,
- le nitrobenzène a été mesuré à des teneurs comprise entre 1 mg/kg MS et 371 mg/kg MS. Il a été mis en évidence au niveau de la seule partie ancienne de la décharge (parcelle « Bubendorf » sécurisée).

Remarque : le nitrobenzène est, avec les chlorobenzènes, un solvant organique à haut point d'ébullition, employé dans la chimie des colorants des années 50.



1,1'-Biphenyl, nitro-
CAS: 28984-85-2



Nitrobenzène
CAS: 98-95-3

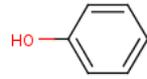
Les screening CPG/MS effectués par le laboratoire WESSLING sur les échantillons Le MSG1b, Le MSG2b et Le MSG3b de mars 2007 ont mis en évidence d'autres composés nitroaromatiques, notamment le 1,1'-biphenyl, nitro-(jusqu'à 10 mg/kg MS).

Aucune de ces tentatives d'identification n'a été confirmée par une analyse ciblée.

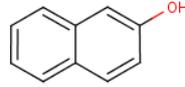
4.4.2.11. Les phénols et alkylphénols

Les échantillons issus de la partie ancienne de la décharge présentent des teneurs en phénols infimes (traces de phénols, de crésols et de dichlorophénols à des teneurs inférieures et/ou proches de 0,1 mg/kg MS).

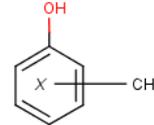
A l'opposé, dans la partie récente de la décharge, des composés phénolés ont été mis en évidence avec des teneurs localement élevées pour le phénol (jusqu'à 110 mg/kg MS) et un isomère du naphthol (jusqu'à 2 300 mg/kg MS). Les autres phénols mis en évidence sont les isomères du crésol (jusqu'à 22 mg/kg MS), le 2-phénylphénol (jusqu'à 74 mg/kg MS) et d'une manière plus anecdotique l'éthylphénol (jusqu'à 0,5 mg/kg MS), le pentachlorophénol (0,13 mg/kg MS) et le 2,4-dichlorophénol (0,08 mg/kg MS).



Phénol
 CAS: 108-95-2



Beta naphthol (2-naphthol)
 CAS: 135-19-3



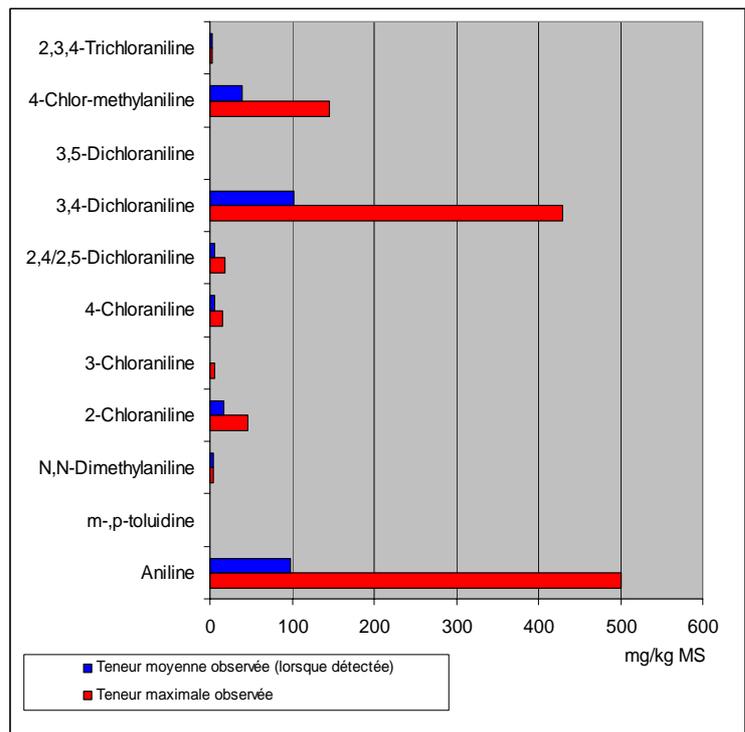
Crésol
 CAS: 1319-77-3

Les screening CPG/MS réalisés par le laboratoire WESSLING sur les échantillons précités n'ont pas mis en évidence d'autres phénols que ceux de la liste analytique ciblée.

4.4.2.12. Les amines aromatiques

La Figure 25 montre les teneurs maximales et les teneurs moyennes observées (moyenne arithmétique sur les teneurs supérieures à la LIQ), pour les amines aromatiques détectées dans la partie récente de la décharge (échantillons issus des sondages).

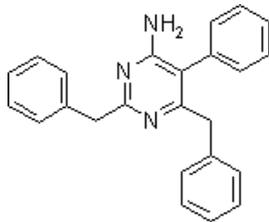
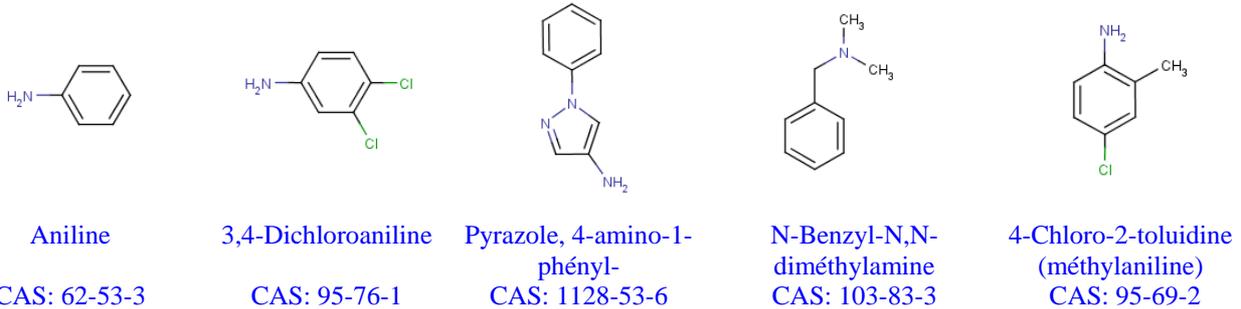
Figure 25 : Répartition des teneurs (en mg/ kg) en amines aromatiques au sein de la partie récente de la décharge



Ces analyses appellent les commentaires suivants :

- les amines aromatiques les plus représentées et aux plus fortes teneurs sont l'aniline (jusqu'à 500 mg/kg MS), la 3,4-dichloraniline (jusqu'à 430 mg/kg MS) et la 4-chlorméthylaniline (jusqu'à 145 mg/kg MS).

- tous ces composés figurent dans le programme analytique appliqué à la surveillance périodique des eaux souterraines et superficielles effectuée depuis mars 2001. Ils ont été détectés dans les eaux souterraines des Alluvions anciennes des plateaux.
- les amines aromatiques entrent dans la synthèse des colorants diazoïques notamment.



4-amino 2,6-dibenzyl-5-phényl-
pyrimidine

D'autres amines aromatiques complexes ont été détectées par screening CPG/MS (WESSLING) dans les trois échantillons (Le MSG1b, Le MSG2b et Le MSG3b) :

- pyrazole, 4-amino-1-phényl-(jusqu'à 45 mg/kg MS),
- N-benzyl-N,N-diméthylamine (jusqu'à 10 mg/kg MS),
- dibenzylamine (jusqu'à 15 mg/kg MS),
- 4-amino 2,6-dibenzyl-5-phényl-pyrimidine (jusqu'à 10 mg/kg MS)

Aucune des tentatives d'identification n'a été confirmée par une analyse ciblée.

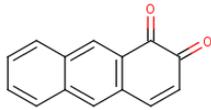
Les amines aromatiques sont essentiellement présentes dans la partie récente de la décharge, comme pour les HAP à 2 et 3 cycles. Le chimisme des déchets différencie nettement cette partie récente de la partie haute et ancienne, quasiment dépourvue de teneurs en amines et en HAP.

4.4.2.13. Les cétones

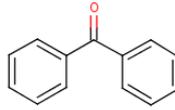
Ces composés n'ont pas été recherchés par des analyses ciblées mais détectés par screening CPG/MS (laboratoire WESSLING) dans les trois échantillons Le MSG1b, Le MSG2b et Le MSG3b. Les cétones sont à la base de toute une gamme de colorants et substances pharmaceutiques.

Ont été détectées les substances suivantes :

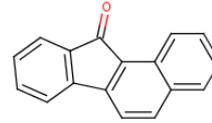
- anthracènedione (jusqu'à 10 mg/kg MS),
- benzophénone (jusqu'à 4 mg/kg MS),
- des dérivés de la benzofluorénone (jusqu'à 10 mg/kg MS).



Anthracénédione
CAS: 108121-76-2



Benzophénone
CAS: 119-61-9

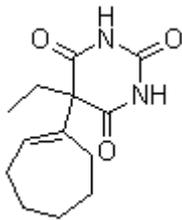


Benzofluorénone
CAS: 76723-60-9

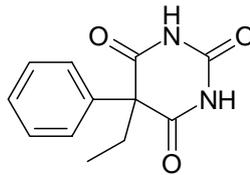
Aucune de ces tentatives d'identification n'a été confirmée par une analyse ciblée.

4.4.2.14. Les barbituriques

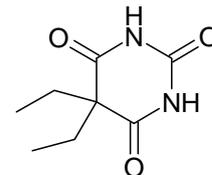
Sur les échantillons analysés, la plupart des barbituriques ne sont pas détectés (concentrations inférieures à la limite de quantification du laboratoire). La seule exception concerne l'heptabarbital qui présente des concentrations variables, allant de la limite de détection (0,010 mg/kg) à 4,865 mg/kg (échantillon Le-MSG3a) et le méphobarbital, détecté en traces sur 2 échantillons prélevés dans la fouille « Bubendorf ». Les concentrations en heptabarbital sont plus fortes dans les échantillons prélevés en sondages dans la partie récente de la décharge.



$C_{13}H_{18}N_2O_3$
Heptabarbital
CAS : 509 86-4



$C_{12}H_{12}N_2O_3$
Phénobarbital
CAS : 150-06-6



$C_8H_{12}N_2O_3$
Barbital
CAS : 57-44-3

Ces substances figurent dans le programme analytique appliqué à la surveillance périodique des eaux souterraines et superficielles effectuée depuis mars 2001 ; elles ont été détectées dans les eaux souterraines des Alluvions anciennes des plateaux.

4.4.2.15. La 4-chlorphénylméthylsulfone

Sur les échantillons analysés, les teneurs en 4-chlorphénylméthylsulfone sont comprises entre la limite de détection (0,050 mg/kg) et 8,3 mg/kg.

Cette substance figure dans le programme analytique appliqué à la surveillance périodique des eaux souterraines et superficielles effectuée depuis mars 2001 ; elle a été détectée dans les eaux souterraines des Alluvions anciennes des plateaux.

4.4.2.16. Le crotamiton

Sur les échantillons analysés, les teneurs en crotamiton sont comprises entre la limite de détection (0,050 mg/kg) et 9,6 mg/kg.

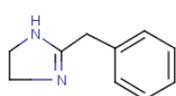
Cette substance figure dans le programme analytique appliqué à la surveillance périodique des eaux souterraines et superficielles effectuée depuis mars 2001 ; elle a été détectée dans les eaux souterraines des Alluvions anciennes des plateaux.

4.4.2.17. Autres composés

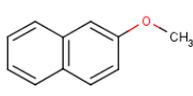
D'autres composés essentiellement aromatiques et complexes ont été détectés par screening CPG/MS (laboratoire WESSLING)) dans les trois échantillons (Le MSG1b, Le MSG2b et Le MSG3b) :

- tolazoline ou benzyimidazoline-(jusqu'à 10 mg/kg MS),
- methoxynaphthalene (jusqu'à 30 mg/kg MS),
- azobenzène (jusqu'à 30 mg/kg MS),
- azoxybenzène (jusqu'à 50 mg/kg MS),
- (1-Phenoxyethyl) benzène (jusqu'à 15 mg/kg MS),
- des acides organiques et acides gras insaturés (jusqu'à 10 mg/kg MS),
- des terpénoïdes (jusqu'à 15 mg/kg MS),
- des composés aliphatiques en C₁₀-C₃₃ (Le MSG1b) ou en C₇-C₃₅ (Le MSG2b) avec respectivement 1000 mg/kg MS et 500 mg/kg MS.

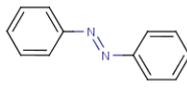
Aucune de ces tentatives d'identification n'a été confirmée par une analyse ciblée.



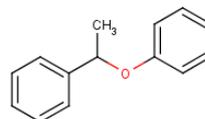
Tolazoline
 [INN:BAN]
 CAS: 59-98-3



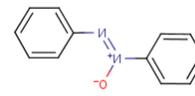
2-Méthoxynaphthalène
 CAS: 93-04-9



Azobenzène
 CAS: 103-33-3



(1-Phenoxyéthyl)
 benzène
 CAS: 4747-11-9



Azoxybenzène ou
 « Fenazox »
 CAS : 495-48-7

4.4.2.18. Remarques générales au sujet des screening CPG/MS du laboratoire WESSLING.

Cette technique de recherche systématique des liaisons organiques concerne les substances :

- extractibles au pentane,
- moyennement ou difficilement volatiles (point d'ébullition supérieur à 180 °C),
- pouvant être évaporées sans se décomposer.

Les signaux CPG/MS ont été reconnus en comparant les masses des spectres aux bases WILEY.1 (130 000 signaux), NBS54K.1 (54 000 signaux) et HPPEST1 (350 signaux). Aucune de ces tentatives d'identification n'a été confirmée par une analyse ciblée.

Le Tableau 11 donne pour les trois échantillons passés au screening les sommes des teneurs en composés détectés par screening en distinguant ceux figurant dans le programme analytique ciblé et ceux n'y figurant pas.

Programme analytique	Hors programme analytique	Programme analytique	Hors programme analytique	Programme analytique	Hors programme analytique
Le MSG1b (mg/kg MS)		LeMSG2b (mg/kg MS)		Le MSG3b (mg/kg MS)	
1 772	1 637	450	682	6	67,6

Tableau 11 : Screening CPG/MS sur les sols/déchets, synthèse

On constate que pour les sols et déchets, les substances détectées par les analyses ciblées ne représentent qu'environ 10 % (Le MSG3b) à 50 % (Le-MSG1b) de la teneur totale en composés organiques mise en évidence.

4.4.3. Analyses des sols sous les déchets

Des échantillons de sols ont été prélevés sous les déchets dans les sondages de reconnaissance (cf. rapport ANTEA A46059/A [59]), ainsi qu'à l'occasion des travaux de sécurisation et d'excavation de la parcelle n°120.

4.4.3.1. Sols prélevés lors des travaux de sécurisation de la parcelle n°120

Le massif des déchets a été reconnu sur une profondeur maximale de 6 m au droit de la parcelle « Bubendorf ». Ces déchets reposent sur des argiles beiges à caramel dans la partie Nord la plus profonde et sur des sables argileux et des sables graveleux dans la partie Sud et Est.

Les argiles à la base des déchets présentent des traces d'affouillement racinaires témoignant d'un ancien sol végétalisé. La trace des racines constitue un chemin de migration préférentielle des substances issues des déchets vers la profondeur.

Au contact des déchets, les sols présentent une teinte grise à gris bleuté et une forte odeur chimique (cf. photographies ci-dessous). Ce faciès se rencontre sur une épaisseur de 50 cm environ.



Contamination des sols au contact des déchets de la parcelle « Bubendorf »
 aperçu photographique

Des analyses réalisées sur 11 échantillons de sol (Le-FF1 à Le-FF8, Le-FF4a, LE-FF4b et LE-FF4c), prélevés en fond de la fouille le 28 mars et le 04 avril 2007, vers 50 cm sous la base du massif des déchets, ne montrent plus que des faibles traces de composés organiques (cf. paragraphe 4.3.4, et rapport de fin de travaux ANTEA A46059/A, [58]), et donc **que la contamination des terrains s'atténue très vite avec la profondeur.**

4.4.3.2. Sols prélevés dans les sondages de reconnaissance

Les sondages de reconnaissance ont été effectués en mars 2007 au sein de la décharge jusqu'à la base des déchets, ce qui a permis de prélever des échantillons de sol en contact avec les déchets et de les analyser pour apprécier leur degré de contamination. Il s'agit des échantillons suivants : Le-MSG1c, Le-MSG2c, Le-MSG3c.

Les échantillons Le-MSG4a et Le-MSG4c ont été prélevés dans un sondage effectué en aval hydraulique direct de la décharge, en contre bas de cette dernière.

Ces échantillons sont positionnés sur les coupes présentées en annexe C (volet 4, [51] et sur le plan de la Figure 4 du Volet 1 [48]).

A l'exception des échantillons Le-MSG3c et Le-MSG2c caractérisés par une contamination résiduelle en chlorobenzènes, en amines aromatiques, et en heptabarbital, les autres échantillons de sols prélevés directement sous la décharge et en aval direct ne présentent pas de contamination significative par des composés issus des déchets (des traces de composés organiques à des teneurs de l'ordre de 0,1 mg/kg MS ont été mesurées ponctuellement).

4.4.4. Synthèse des concentrations observées sur les déchets et les sols sous-jacents – mise en évidence de l'atténuation

Ce paragraphe dresse la synthèse des substances et concentrations rencontrées dans déchets et les sols sou-jacents. La mise en parallèle des teneurs en polluants observées dans les déchets avec celles observées dans les sols sous-jacents, montre clairement que les concentrations s'atténuent très fortement dans les sols sous les déchets.

Métaux, Cyanures et halogènes

Le Tableau 12 ci-après résume les concentrations mesurées dans les déchets et les sols sous les déchets.

Rappelons que les métaux les plus présents sont le cuivre, le zinc et le plomb. On note aussi des concentrations notables en arsenic, cadmium, chrome, mercure et antimoine. Les cyanures sont peu présents.

Concentrations en mg/kg	Prélèvements dans sondages				Parcelle Bubendorf			
	Déchets		Sols sous déchets		Déchets		Sols sous déchets	
	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.
cyanures totaux	na	na	na	na	12	31	na	na
cyanures libres	na	na	na	na	7	26	na	na
Cr (Chrome)	232	820	36	98	97	167	na	na
Co (Cobalt)	na	na	na	na	41	71	na	na
Ni (Nickel)	79	130	52	110	72	112	na	na
Cu (Cuivre)	6 044	32 000	64	210	555	937	na	na
Zn (Zinc)	95 950	360 000	259	910	1 123	2 910	na	na
As (Arsenic)	85	290	24	31	32	81	na	na
Hg (Mercure)	644	2 500	7	13	3	5	na	na
Mo (Molibdène)	na	na	na	na	5	7	na	na
Cd (Cadmium)	28	110	13	26	2	6	na	na
Sn (Etain)	na	na	na	na	117	218	na	na
Sb (Antimoine)	na	na	na	na	333	1 760	na	na
Pb (Plomb)	6 925	20 000	144	190	822	1 520	na	na
Ba (Baryum)	na	na	na	na	679	1 270	na	na
Br (Brome)	na	na	na	na	366	1 080	na	na
Cl (Chlore)	na	na	na	na	3 314	7 110	na	na
I (iode)	na	na	na	na	172	267	na	na
S (Soufre)	na	na	na	na	11 685	43 600	na	na

« na » : non analysé

Tableau 12 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (métaux, cyanures, et halogènes)

On note une forte atténuation (de 1 à 2 ordres de grandeur) des concentrations dans les sols sous les déchets. Cette atténuation suggère que les métaux sont soit piégés dans la matrice des déchets soit sous forme complexée peu mobile.

Hydrocarbures pétroliers, hydrocarbures aromatiques volatils (BTEX), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), composés phénolés

L'hydrocarbure aromatique volatil prédominant est le benzène (cf. Tableau 13). La présence résiduelle de ce composé très volatil plus de 40 ans après la mise en dépôt des déchets résulte vraisemblablement de la matrice goudronneuse des déchets plus récents.

Les HAP prédominants sont le naphthalène, l'anthracène, l'acénaphène, le fluoranthène, le phénanthrène, le fluorène et le pyrène. Les concentrations sont nettement plus élevées dans les déchets les plus récents comparés aux déchets extraits de la parcelle « Bubendorf » ; ce constat est à rapprocher de la nature goudronneuse de certains déchets plus récents.

Concentrations en mg/kg	Prélèvements dans sondages				Parcelle Bubendorf			
	Déchets		Sols sous déchets		Déchets		Sols sous déchets	
	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.
Hydrocarbures totaux	na	na	na	na	5,1	16,3	-	-
HAP								
Naphtalène	630	1 900	0,1	0,1	12	21	0,1	0,65
Acenaphtène	86	400	-	-	0,2	0,2	-	-
Fluorène	38	120	-	-	0,3	0,4	-	-
Phénanthrène	103	360	-	-	1,4	3,1	-	-
Anthracène	786	3 100	0,1	0,1	0,5	1,1	-	-
Fluoranthène	146	540	-	-	3,5	15,1	0,06	0,14
Pyrène	30	100	-	-	3,3	11,7	0,06	0,12
Chrysène	5,0	14,0	-	-	2,2	9,5	0,05	0,08
Benzo(a)anthracène	3,5	9,2	-	-	2,7	11,0	0,06	0,19
Benzo(b)fluoranthène	1,6	3,8	-	-	2,2	8,1	0,06	0,11
Benzo(k)fluoranthène	1,3	3,2	-	-	0,9	3,7	-	-
Benzo(a)pyrène	2,2	5,4	-	-	1,6	5,9	0,05	0,07
Indéno(1-2-3-c,d)pyrène	3,0	8,6	-	-	0,8	2,2	-	-
Dibenzo(a-h)anthracène	0,1	0,1	-	-	0,5	1,1	-	-
Benzo(ghi)pérylène	1,0	2,5	-	-	1,0	2,7	-	-
Aromatiques volatils								
Benzène	31	122	-	-	1,1	5,6	0,006	0,017
Toluène	4,2	18,9	-	-	4,9	17,1	-	-
Ethylbenzène	1,3	2,4	-	-	0,02	0,02	-	-
Xylènes	8,4	22,0	-	-	0,11	0,17	-	-
Triméthylbenzènes	6,4	21,1	-	-	0,10	0,25	-	-
Ethyltoluènes	3,9	9,2	-	-	Na	Na	-	-
Composés phénolés								
1-Naphtol	32	95	-	-	na	na	na	na
2-Naphtol	470	2 300	0,7	0,7	na	na	na	na
2-Phénylphénol	25	74	-	-	na	na	na	na
p-Crésol	6,3	22	-	-	0,04	0,04	-	-
m-Crésol	2,4	8,2	-	-	-	-	-	-
o-cresol	2,0	6,0	0,1	0,1	-	-	-	-
Phénol	37	110	1,4	3,5	0,05	0,06	-	-

« na » : non analysé

« - » : concentration inférieure au seuil de détection

Tableau 13 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (hydrocarbures, HAP, BTEX, phénols)

Parmi les composés phénolés, on note la présence de naphthols (1- et 2-naphthol), de phénol et de 2-phénylphénol dans les déchets de la partie « récente » de la décharge. Seul le phénol a été analysé dans les échantillons de la parcelle « Bubendorf » ; les concentrations mesurées sont faibles (de l'ordre de la limite de détection).

On note également, pour l'ensemble de ces composés, une très forte atténuation des concentrations dans les sols sous les déchets.

Amines aromatiques

Les amines aromatiques prédominantes dans les analyses des déchets sont l'aniline, la 3,4-dichloroaniline et la 4-chlor-2-méthylaniline.

Les concentrations sont plus importantes dans la partie « récente » du dépôt.

Comme le montre le Tableau 14 , les concentrations s'atténuent rapidement dans les sols sous les déchets.

Concentrations en mg/kg	Prélèvements dans sondages				Parcelle Bubendorf			
	Déchets		Sols sous déchets		Déchets		Sols sous déchets	
	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.
Aniline	118	500	0,6	0,6	5,0	8,0	-	-
m-,p-toluidine	1,4	2,0	-	-	3,0	3,0	na	na
N,N-Dimethylaniline	3,8	3,8	-	-	-	-	na	na
2-Chloraniline	16,3	46	-	-	-	-	-	-
3-Chloraniline	2,0	5,1	-	-	-	-	-	-
4-Chloraniline	5,0	16,0	-	-	-	-	-	-
2,4/2,5-Dichloraniline	5,8	18,0	1,4	1,4	-	-	-	-
3,4-Dichloraniline	127	430	0,3	0,3	na	na	na	na
4-Chlor-methylaniline	49	145	2,8	2,8	na	na	-	-
5-Chlor-2-methylaniline	na	na	na	na	16,0	16,0	-	-
2,3,4-Trichloraniline	2,8	2,8	-	-	na	na	na	na

« na » : non analysé

« - » : concentration inférieure au seuil de détection

Tableau 14 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (amines aromatiques)

Hydrocarbures aromatiques volatils halogénés, nitrobenzène

On note une présence prédominante des composés aromatiques volatils chlorés dans les déchets les plus récents (déchets goudronneux). Ces composés sont cependant également présents à des concentrations plus faibles dans les déchets anciens caractérisés sur la parcelle « *Bubendorf* ».

Le nitrobenzène a été décelé uniquement dans les déchets de la partie ancienne (parcelle « *Bubendorf* »). On verra que ce constat est corrélé au mesure de gaz des sols dans la partie ancienne de la décharge.

Comme le montre le Tableau 15 les concentrations s'atténuent rapidement dans les sols sous les déchets.

Concentrations en mg/kg	Prélèvements dans sondages				Parcelle Bubendorf			
	Déchets		Sols sous déchets		Déchets		Sols sous déchets	
	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.
Monochlorobenzène	147	490	0,4	0,4	1,2	2,7	0,04	0,38
1,2-Dichlorobenzène	0,6	1,6	-	-	2,1	7,4	0,01	0,04
1,3-Dichlorobenzène	5,7	18	0,6	0,6	0,08	0,13	-	-
1,4-Dichlorobenzène	58	270	-	-	1,9	4,0	0,07	0,76
1,2,4-Trichlorobenzène	116	610	0,4	0,4	39	287	0,83	9,1
1,2,3-Trichlorobenzène	111	560	0,4	0,5	30	215	1,1	11,7
1,3,5-Trichlorobenzène	2,4	11	-	-	na	na	na	na
Chlorotoluène	na	na	na	na	0,24	0,80	-	-
Nitrobenzène	-	-	-	-	85	371	0,17	1,73

« na » : non analysé

« - » : concentration inférieure au seuil de détection

Tableau 15 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (CAV halogénés, nitrobenzène)

Composés organiques volatils halogénés

Peu de ces composés ont été décelés en concentrations notables (supérieures à 1 mg/kg) dans les déchets. Les composés prédominants sont le trichloroéthylène (concentration maximale d'environ 34 mg/kg) et le tétrachloroéthylène (concentration maximale d'environ 4 mg/kg). Ces concentrations maximales ont été mesurées dans les déchets goudronneux de la partie « récente » de la décharge.

Barbituriques

L'heptabarbital est le principal barbiturique décelé dans les déchets de la partie « récente » de la décharge. Les concentrations dans les sols sous les déchets (Tableau 16) indiquent que ces composés sont mobilisables par les eaux traversant le dépôt.

Concentrations en mg/kg	Prélèvements dans sondages				Parcelle Bubendorf			
	Déchets		Sols sous déchets		Déchets		Sols sous déchets	
	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.
Heptabarbital	1,9	4,9	0,13	0,24	0,06	0,12	na	na

Tableau 16 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (barbituriques)

4-chlorophénylméthyl-sulfone

Concentrations en mg/kg	Prélèvements dans sondages				Parcelle Bubendorf			
	Déchets		Sols sous déchets		Déchets		Sols sous déchets	
	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.	Moy.	Max.
4-chlorophénylméthylsulfone	2,6	8,3	-	-	0,2	0,5	na	na

Tableau 17 : Synthèse des concentrations observées dans les déchets et les sols sous-jacents (barbituriques)

4.5. Degré de contamination des sols de surface

4.5.1. Diagnostic des sols de surface

Un diagnostic des sols de surface (tranche de terrain [0 – 5cm] a été effectué le 5 mars 2007 par la prise de 11 échantillons. L'implantation de ces échantillons est précisée sur le plan de la Figure 5 du Volet 1 (rapport ANTEA A46162/A [48]).

Les échantillons OB Le 1 à OB Le 10 ont été prélevés au pied du talus de la décharge. L'échantillon OB Le 11 a été prélevé dans les sédiments de l'ancien exutoire du drain n°2. Les échantillons BDF Le1 et BDF Le2 ont été prélevés dans deux secteurs hors influence de la décharge.

La description des échantillons, le programme analytique appliqué et son justificatif sont explicités dans le Volet 1 de la présente étude [48].

4.5.2. Résultats obtenus

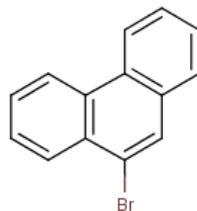
Les analyses des sols de surface appellent les commentaires suivants :

- sur les sédiments de l'ancien exutoire du drain 2 :
 - concentration en zinc (350 mg/kg) significativement supérieure au bruit de fond (échantillons BDF Le1 et BDF Le2 : 71 et 55 mg/kg) ;
 - absence des substances organiques recherchés pour les LIQ appliquées (0,1 mg/kg MS ou 0,2 mg/kg MS selon les substances), à l'exception de traces d'heptabarbital (0,036 mg/kg), et aucune autre substance détectée par screening

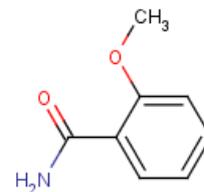
- sur les sols au pied de la décharge :
 - sur les sols de la partie Ouest (échantillons OB10, 9, voire 8) : concentrations en cuivre relativement élevées (jusqu'à 300 mg/kg) et significativement supérieures au bruit de fond (84 à 170 mg/kg) ;
 - pour les substances organiques, impact significatif essentiellement sur un échantillon (OB6), caractérisé par la présence de composés organiques aromatiques et polyaromatiques bromés (cf. exemples de structures ci après) et de solvants (nitrobenzène, chlorobenzènes). La teneur maximale observée est de 1 200 mg/kg MS. Les tentatives d'identification par CPG/MS n'ont pas fait l'objet d'une analyse ciblée de confirmation. Certaines structures n'ont pas été identifiées, d'autres partiellement. Quelques traces de substances organohalogénées ont en outre été détectées sur l'échantillon OB1, et la 4-chlorophénylméthylsulfone a été détectée en traces sur OB8.



2,4,6-Tribromoaniline
 CAS: 147-82-0



Phénanthrène, 9-bromo-
 CAS: 573-17-1



Benzamide, methoxy-
 CAS: 27193-81-3

5. Qualité des eaux souterraines et constat d'impact

Les analyses réalisées régulièrement sur les nombreux points de surveillance ont permis une bonne caractérisation de la qualité des eaux souterraines :

- dans les alluvions anciennes au droit et à l'aval de la décharge ;
- dans les alluvions anciennes en amont et sur les cotés de la décharge ;
- dans les eaux souterraines de la molasse alsacienne ;
- dans les points de captage des eaux souterraines existant aux environs du secteur, captant les alluvions anciennes (sources AEP) ou la molasse alsacienne (forage AEP Kappelmaten).

5.1. Eaux souterraines des alluvions anciennes au droit et à l'aval de la décharge

L'eau étant un milieu intégrateur, la caractérisation des eaux souterraines au droit de la décharge apparaît comme pertinente pour identifier les composés solubles présents dans les déchets. Elle permet de faire abstraction des hétérogénéités de la décharge.

En effet, les eaux percolant au travers des déchets peuvent mobiliser les substances solubles présentes dans les déchets. Par ailleurs, les investigations réalisées ont montré que la base des déchets peut occasionnellement être baignée par des eaux issues des Alluvions anciennes des plateaux en période de très hautes eaux. Les substances ainsi mobilisées s'accumulent dans le compartiment bas des Alluvions.

La qualité des eaux souterraines au droit et à l'aval de la décharge est appréciée à partir des points de surveillance suivants, localisés sur la figure 7 du Volet 1 [48] :

Plet 5ter	Piézomètre de 8 m localisé au droit de la décharge
Plet 5bis	Piézomètre de 12 m localisé au droit de la décharge
Plet 10	Piézomètre de 9 m localisé au droit de la décharge
Plet 11	Piézomètre de 9 m, en aval direct et limite de la décharge
Plet 6bis	Piézomètre de 9,50 m, situé à 50 m en aval direct de la décharge
Plet 7bis	Piézomètre de 11 m, situé à 80 m en aval direct de la décharge
Plet 7	Piézomètre de 13 m, situé à 100 m en aval latéral de la décharge

Ces différents piézomètres ont fait l'objet de plusieurs campagnes de prélèvement depuis mars 2001 au cours desquelles de nombreuses substances ont été analysées (programme d'analyses : cf. volet 1 [48]). Les dates des campagnes réalisées au droit de chaque ouvrage sont rappelées dans le Tableau 18 suivant :

	Plet 5ter	Plet 5bis	Plet6bis	Plet7	Plet7bis	Plet10	Plet11
Dates de prélèvement	28/03/2001	28/03/2001					
	20/09/2001	20/09/2001					
		16/05/2002	27/06/2002				
			09/07/2002				
			18/07/2002	18/07/2002	18/07/2002		
			26/07/2002	26/07/2002	26/07/2002		
		28/11/2002	28/11/2002	27/11/2002	27/11/2002		
				23/10/2003	23/10/2003		
				25/02/2004	25/02/2004		
			04/11/2004	04/11/2004	04/11/2004		
				10/03/2005			
			25/10/2005	25/10/2005	25/10/2005		
			25/04/2006	25/04/2006			
			26/10/2006	26/10/2006			
			08/03/2007	05/03/2007		14/03/2007	
		28/03/2007	28/03/2007			28/03/2007	21/03/2007
	04/04/2007	04/04/2007			04/04/2007		
	11/04/2007	11/04/2007			11/04/2007		

Tableau 18 : Récapitulatif des dates de prélèvement sur la nappe des alluvions au droit et en aval de la décharge

Les résultats des analyses et mesures sont rassemblées de façon synthétique dans les tableaux placés en annexe G (volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

5.1.1. Paramètres généraux et composés inorganiques

Globalement, les eaux prélevées présentent un pH légèrement basique, proche de la neutralité. Les teneurs en oxygène dissous varient entre 2 et 8 mg/l pour les piézomètres installés au droit de la décharge et entre 0,6 mg/l et 8 mg/l pour les ouvrages situés en aval immédiat de la décharge.

Les valeurs de potentiel redox mesurées sont toutes positives, excepté au droit de Plet 6bis, où des valeurs négatives ont été mesurées au cours de 3 campagnes (octobre 2005, octobre 2006 et mars 2007).

Les eaux de ce piézomètre, limpides, mais avec une coloration jaune orangée et une forte odeur goudronneuse et piquante lors du prélèvement, présentent une minéralisation élevée (moyenne 1 547 $\mu\text{S}/\text{cm}$, maximum de 1 790 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et un pH légèrement acide. Le déficit en oxygène dissous (moyenne de 0,6 mg O_2/l , maximum de 1,3 mg O_2/l) et le potentiel redox négatif traduisent la présence d'une forte charge organique dégradable et oxydable dans ces eaux.

La forte conductivité électrique constatée sur cet ouvrage marque également les eaux du piézomètre voisin Plet7bis (moyenne de 1 165 $\mu\text{S}/\text{cm}$, maximum de 1 515 $\mu\text{S}/\text{cm}$). La conductivité des eaux du piézomètre Plet7 (moyenne de 662 $\mu\text{S}/\text{cm}$), est nettement inférieure à celle des deux ouvrages précédents, mais reste toutefois légèrement supérieure aux conductivités caractérisant en général les Alluvions anciennes des plateaux (environ 550 à 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur Plet 4).

Les concentrations maximales en brome atteignent 36 mg/l au Plet11, 5,9 mg/l au Plet6bis, 3,1 mg/l au Plet10, 1,7 mg/l au Plet7 et 0,3 mg/l au Plet7bis, et sont relativement cohérentes avec la direction d'écoulement (panache issu de la décharge, migrant et s'atténuant vers le nord-ouest).

Les cations et anions majeurs dosés en 2001 (rapport ANTEA A24219/B [4]) montrent que les eaux sont de faciès bicarbonaté calcique et magnésien, et qu'elles s'inscrivent ainsi dans le spectre des qualités des Alluvions anciennes au niveau régional. Les concentrations en sulfates et chlorures sont un peu plus élevées que sur les piézomètres amont (cf. § 5.2), mais restent modérées (maximum 59,1 mg/l en chlorures et 223 mg/l en sulfates sur Plet6bis).

Pour la plupart des métaux recherchés en mars 2007, les concentrations sont inférieures aux limites de détection du laboratoire, sauf pour :

- le baryum (jusqu'à 66 $\mu\text{g}/\text{l}$), pour lequel elles sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond géochimique (d'après les teneurs mesurés sur les piézomètres Plet3 en amont : 50 $\mu\text{g}/\text{l}$, et Plet4 latéral : 83 $\mu\text{g}/\text{l}$),
- l'arsenic : 8 $\mu\text{g}/\text{l}$ sur Plet 6bis,
- le nickel : 5 $\mu\text{g}/\text{l}$ sur Plet7 et 6 $\mu\text{g}/\text{l}$ sur Plet6bis.

Ces concentrations en métaux ne dépassent pas les valeurs guides de l'Ordonnance Suisse sur les sites contaminés (OSites), ni les valeurs réglementaires françaises du Code de la Santé Publique.

5.1.2. Composés organiques

□ **Piézomètre Plet5ter** (indice national 0445-8X-0141)

Cet ouvrage capte les eaux de la nappe des Alluvions anciennes immédiatement sous les résidus de l'industrie chimique présents dans la partie haute de la décharge.

Il est sec en période de basses eaux. La colonne d'eau n'excède pas 50 cm en période de hautes eaux, ce qui ne permet pas la réalisation de prélèvements après purge selon le mode opératoire retenu ; les purges et prélèvements ont donc été réalisés au préleveur jetable à bille. En conséquence, la représentativité des résultats obtenus sur ce point est limitée.

Les eaux présentent un aspect jaunâtre, huileux avec des irisations en surface et une odeur goudronneuse et aromatique prononcée.

Cet ouvrage a été prélevé pour analyses les 28 mars et 20 septembre 2001 :

- l'analyse réalisée en mars 2001 montrait des teneurs en composés organiques relativement élevées, dont l'aniline (9100 µg/l), les monochloroanilines (dont 385 µg/l de 3-chloroaniline), le naphthalène (1050 µg/l), ainsi que des traces de phénol (11 µg/l), de chlorobenzène, de di et trichlorobenzène, de BTEX¹¹ (xylènes) ;
- ces fortes teneurs n'ont pas été confirmées par l'analyse réalisée en septembre 2001 qui montrait des teneurs nettement moindres, notamment pour les amines aromatiques (toutes inférieures à la LIQ) et le phénol (0,83 µg/l). La baisse était un peu moins marquée pour les CAV¹² chlorés (total de 61,6 µg/l, dont 24 µg/l de 1,3-dichlorobenzène et 8,4 µg/l de 1,2,3-trichlorobenzène).

La recherche de liaisons organiques par CPG/MS¹³ sur l'échantillon de septembre 2001 (rapport ANTEA A37649/A [20]) a montré la présence à l'état de traces d'autres composés organiques complexes, mais ne pouvant être identifiés avec certitude.

¹¹ Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes.

¹² Composés aromatiques volatils.

¹³ Chromatographie en phase gazeuse couplée au spectromètre de masse.

□ **Piézomètre Plet5bis** (indice national 0445-8X-0140)

Cet ouvrage capte les eaux de la nappe des Alluvions anciennes sous la partie haute de la décharge. Il a été prélevé pour analyses les 28 mars et 20 septembre 2001, les 16 mai et 28 novembre 2002.

Il a aussi été prélevé selon le protocole qualité du Professeur OEHME les 28 mars, 04 et 11 avril 2007 pour analyses au laboratoire (SOLVIAS) selon le programme analytique appliqué à la campagne de surveillance semestrielle de mars 2007. Ces derniers prélèvements s'inscrivent dans le cadre de la surveillance des impacts potentiels des travaux de sécurisation de la parcelle « *Bubendorf* » sur la qualité des eaux souterraines.

Les résultats analytiques obtenus sur cet ouvrage peuvent se résumer comme suit :

- absence de composés organohalogénés volatils,
- traces de chlorobenzènes, la concentration maximale observée en avril 2007 étant de 0,87 µg/l (limite de détection : 0,10 µg/l),
- présence de faibles traces de barbituriques (maximum 0,22 µg/l pour l'hexabarbital et 0,88 µg/l pour l'heptabarbital,
- présence occasionnelle de faibles traces d'amines aromatiques (concentrations proches de la LIQ). Les plus fortes teneurs observées en 2002, avant mise en place du protocole qualité du Pr OEHME, n'ont pas été confirmées depuis.

□ **Sondage Le-MSG2 / piézomètre Plet10** (l'indice national 445-8X-0174)

Cet ouvrage capte les alluvions sous la décharge au droit de la fenêtre hydrogéologique des argiles du Letten. Il a été prélevé une première fois au préleveur jetable en trou nu le 14 mars 2007, puis à 3 autres reprises en mars/avril 2007 selon le protocole qualité du Pr OEHME. Ces derniers prélèvements s'inscrivent dans la surveillance des impacts potentiels des travaux de sécurisation de la parcelle « *Bubendorf* » sur la qualité des eaux souterraines.

Les analyses réalisées sur ce piézomètre sont représentatives des déchets de la chimie bâloise des années 50. Les composés observés sont essentiellement dominés par les chlorobenzènes (entre 610 et 1 064 µg/l), les amines aromatiques (principalement l'aniline : 110 à 1 380 µg/l), l'heptabarbital (jusqu'à 22 µg/l), et dans une moindre mesure la 1,4-dioxane, la 4-chlorphénylméthylsulfone, le nitrobenzène et le 2,6-dinitrotoluène.

Les analyses révèlent en outre la présence de composés organohalogénés volatils (dont le tétrachloréthylène, jusqu'à 70 µg/l, en concentration supérieure aux limites de qualité françaises pour les eaux potables).

□ **Plet6bis** (indice national 445-8X-0171)

Cet ouvrage est surveillé semestriellement depuis juin 2002 grâce à des analyses ciblées. Il a fait l'objet d'un screening par CPG/MS après double extraction en avril 2006.

Les analyses ciblées montrent que le piézomètre **Plet6bis** présente un ensemble de composés caractéristiques des déchets de la chimie bâloise des années 50. Cet ensemble, représentant une charge organique totale maximale observée d'environ 1,8 mg/l, est dominé par les chlorobenzènes, les amines aromatiques, l'heptabarbital, et la 4-chlorophénylméthylsulfone.

Ces traceurs des déchets sont accompagnés par le trichloréthylène et le tétrachloréthylène (composés fréquemment rencontrés dans les décharges d'ordures ménagères et/ou industrielles indifférenciées), et occasionnellement par la desmetryne (produit phytosanitaire fréquemment rencontré dans les environnements à vocation agricole).

La Figure 26 présente la signature hydrochimique des eaux du piézomètre Plet6bis par familles de substances depuis la mise en place de cet ouvrage (juin 2002) jusqu'en mars 2007.

Les concentrations en trichloréthylène et en tétrachloréthylène sont régulièrement supérieures aux limites de qualité françaises pour les eaux potables. Il en est de même pour la desmetryne (une seule valeur sur 4 mesures).

La concentration moyenne observée en aniline (95 µg/l) dépasse la valeur guide de l'Ordonnance Suisse sur les sites contaminés (OSites). Les autres amines aromatiques ne possèdent pas de valeurs guides, sauf la 4-chloroaniline. Les concentrations moyennes observées en CAV (BTEX et chlorobenzènes) et en COHV (PCE, TCE, CIS, CV) ne dépassent pas les valeurs guides de l'Ordonnance Suisse sur les sites contaminés (OSites). La concentration en TCE est toutefois proche de la valeur guide de l'OSites.

Parallèlement à l'analyse systématique des familles de composés, une première recherche des liaisons organiques par empreinte chromatographique CPG/MS a été réalisée par le BRGM après extraction basique à pH 9 sur les eaux de Plet6bis prélevées le 09 juillet 2002 (cf. rapport ANTEA A37648/A [21]).

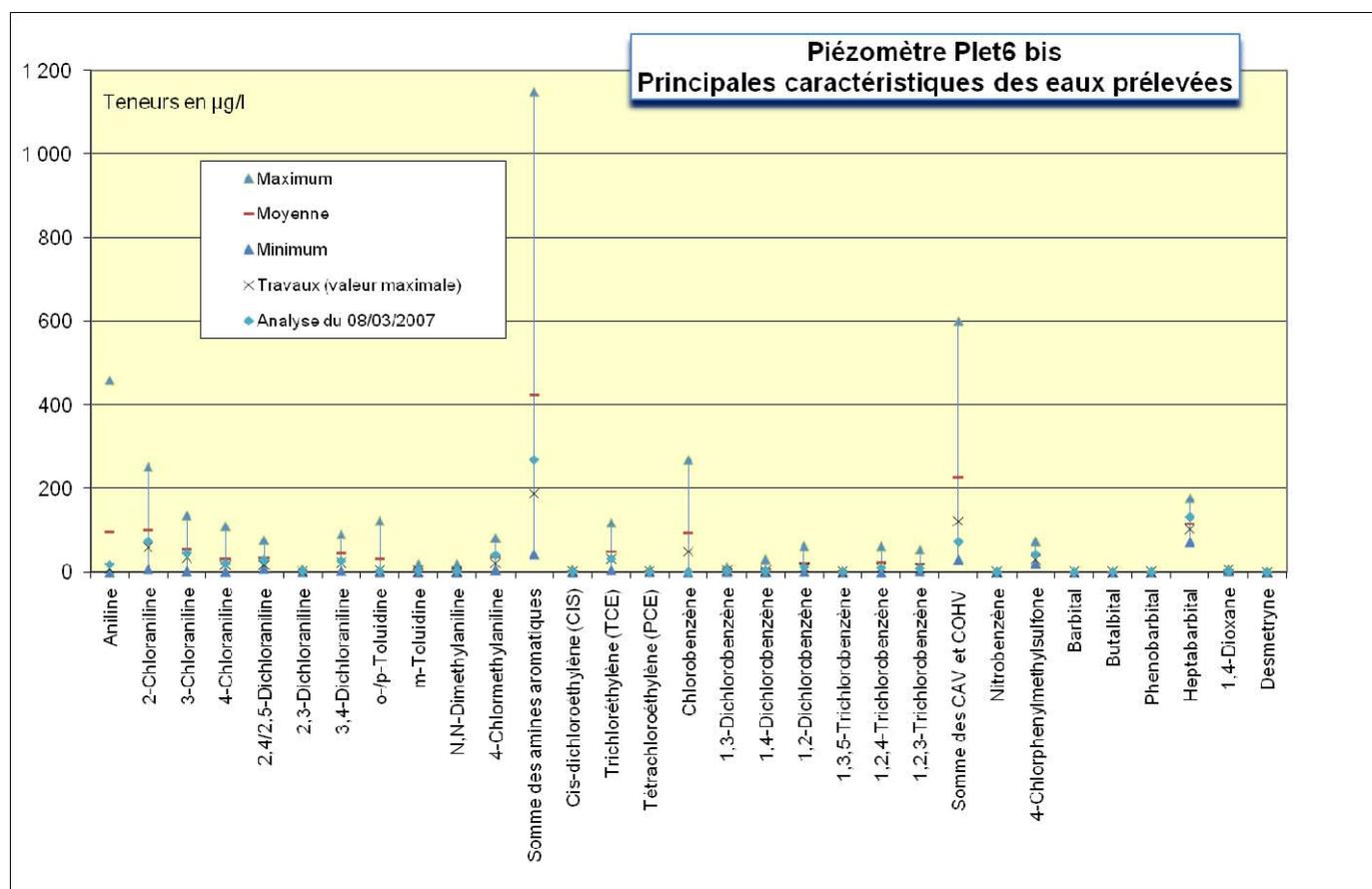


Figure 26 : Signature hydrogéochimique des eaux du piézomètre Plet6bis (max, moy, min de tous les échantillonnages de juin 2002 à mars 2007)

Les composés suivants ont été identifiés : Benzofurane, Indène, Cinnamaldehyde, Divers alkyl phénols et halophénols, Benzo(b)thiophène, Ethoxybenzolamine, Chlorthioanisole, Diméthyl-méthoxy-isoindole, N-méthyl-aminophényl-acétamide, Nikéthamide, Biphénylamine, Acétamido-phénylpyrazole, Brom-chlor-aniline, Gltéthimide, Antipyrine, Méthylphenazone.

Il s'agit pour l'essentiel d'amines (moyenne de la somme des amines : 424 µg/l) et de dérivés aminés mono- ou poly-cycliques halogénés.

Aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée.

Un second screening CPG/MS a été effectué en avril 2006 sur le Plet6bis après une double extraction, acide et basique (cf. annexe H1 du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

Il appelle les commentaires suivants (cf. Tableau 19) :

- screening complexe du fait de très nombreux composés organiques et des concentrations élevées de l'échantillon. Ce mélange et la complexité des molécules organiques se traduisent par une difficulté de séparation et d'identification des composés par CPG/MS.
- confirmation de la présence de composés traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 dans les Alluvions anciennes - compartiment bas. Il s'agit pour l'essentiel d'amines aromatiques chlorées, de chlorobenzènes, de barbituriques et de sulfonamides. Ces composés sont de la même famille que ceux détectés et identifiés dans Plet7 et dans le drain n°2.

SYNTHESE	Unité	Plage des concentrations estimées		
		Valeur basse	Valeur équivalente : surface du signal	Valeur haute
Substances identifiées pour lesquelles C >10 µg/l	µg/l	>120	>120	>120
Substances identifiées pour lesquelles C <10 µg/l	µg/l	47	95.4	189.1
Substances inconnues pour lesquelles C <10 µg/l	µg/l	40.3	79.9	159.6
Substances inconnues pour lesquelles C >10 µg/l	µg/l	>70	>70	>70
Substances partiellement identifiées pour lesquelles C <10	µg/l	12.7	25.3	50.6
Substances partiellement identifiées pour lesquelles C >10	µg/l	>50	>50	>50
Charge organique totale CPG/MS	µg/l	>340	>440	>640
Charge organique totale par analyses ciblées (04/06)	µg/l	538	538	538

Tableau 19 : Screening Plet6bis d'avril 2006 (source : [51]), synthèse par degré de qualité d'identification des substances

- présence de composés organiques dont la structure se rapproche des traceurs reconnus jusqu'alors : structures aromatiques homocycliques ou N-hétérocycliques à fonctions sulfone, sulfonamide ou cétone. Certaines structures sont proches des barbituriques et de certains colorants de synthèse (molécules à liaison doubles conjuguées et cycles insaturés, de type chromophores).
D'autres composés comme par exemple le tétrachlorophénol ne peuvent être attribués avec certitudes aux déchets de la chimie bâloise des années 50 de la décharge du Letten.
- screening soulignant la pertinence du programme de surveillance analytique ciblé retenu pour la surveillance des eaux dans l'environnement de la décharge du Letten.
- aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS confirmée par une analyse ciblée.

□ **Plet7** (indice national 445-8X-0172)

On rappelle que Plet7 est implanté au Sud-Ouest de la décharge et en aval latéral hydraulique. Cet ouvrage capte des Alluvions anciennes peu productives à faciès argileux et argilo sableux, plus au moins graveleux, dominants. En ce sens, Plet7 se différencie de Plet6bis et Plet7bis implantés dans des formations grossières et productives (sables et graviers à galets, cf. Figure 21).

Le piézomètre Plet7 présente occasionnellement des traces de composés caractéristiques des déchets de la chimie bâloise des années 50. Lorsqu'ils ont été détectés (en juillet 2002 et avril 2006), ces composés représentaient une charge organique totale maximale d'environ 26 µg/l, dominée par les chlorobenzènes et les amines aromatiques (cf. Figure 27).

Sur les 8 autres campagnes de prélèvement, les traceurs de la chimie bâloise n'ont pas été détectés ; sur ces campagnes, seules des traces de PCE, TCE et toluène ont été observées à des concentrations inférieures à 1 µg/l.

Les concentrations observées entre juin 2002 et mars 2007 ne dépassent les valeurs guides de l'Ordonnance Suisse sur les sites contaminés (OSites) ni les valeurs réglementaires françaises concernant les eaux potables.

□ **Plet7bis** (indice national 445-8X-0173)

Cet ouvrage situé en aval hydraulique de la décharge, a été prélevé les 18 et 26 juillet, 27 novembre 2002.

La charge organique totale mesurée durant ces trois campagnes atteignait respectivement 74,9 µg/l, 660 µg/l et 243,5 µg/l, et était essentiellement constituée d'amines aromatiques chlorées, de chlorobenzènes et de trichloréthylène, les deux premières familles étant des traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50.

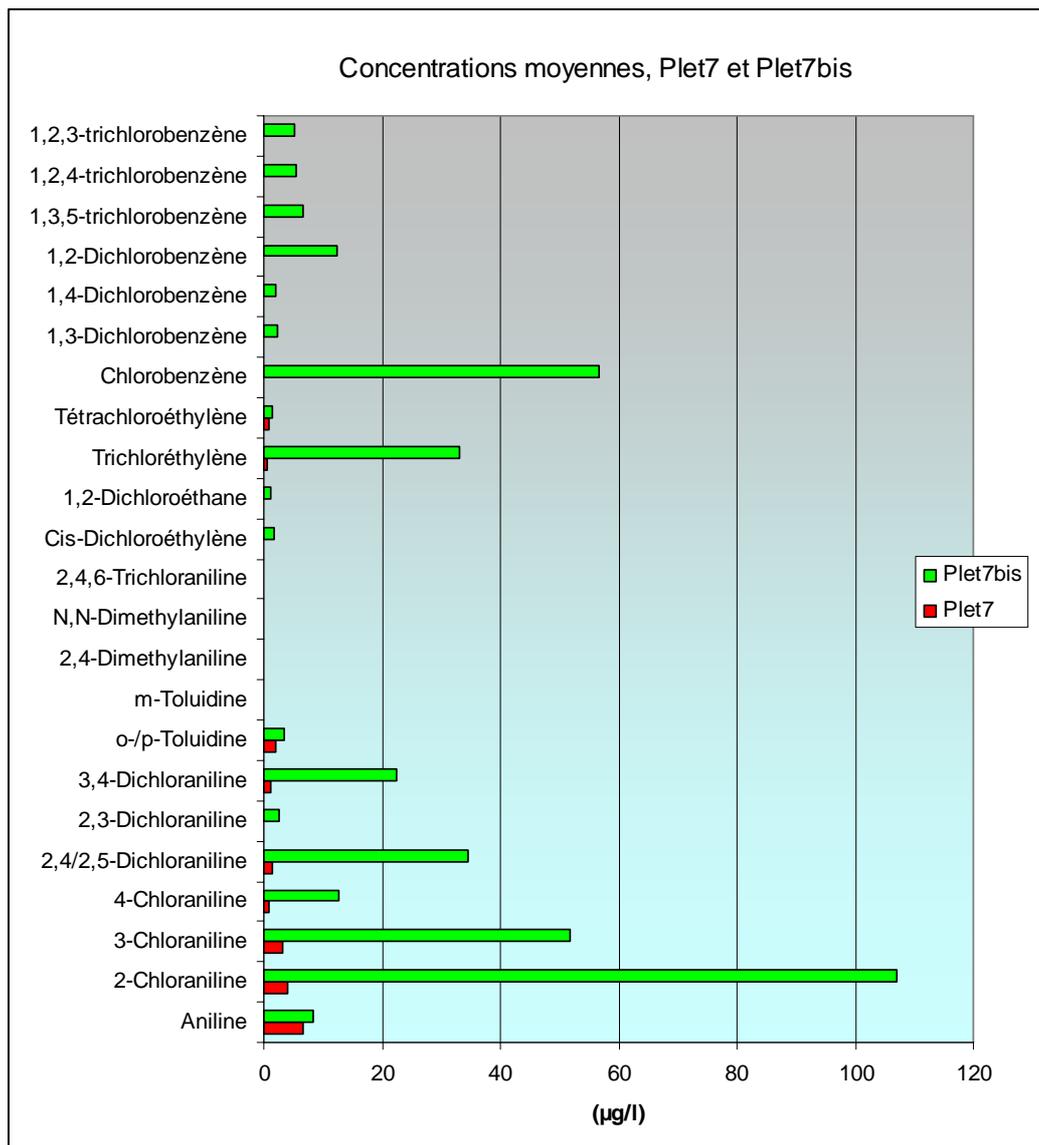


Figure 27 : Signature hydrogéochimique des eaux des piézomètres Plet7 et Plet7bis

Les composés organiques sont globalement les mêmes que ceux observés dans le proche piézomètre Plet6bis (distant de 15 m plus en amont). Néanmoins, la 4-chlorophénylméthylsulfone, le crotamiton et les barbituriques n'ont pas été mesurés sur cet ouvrage (ils ne faisaient pas partie du premier programme de surveillance), empêchant la comparaison des charges organiques totales avec les piézomètres voisins Plet7 et Plet6bis.

La Figure 27 présente les signatures hydrogéochimiques en composés organiques des ouvrages Plet7 et Plet7bis sur la base des concentrations moyennes observées entre juin 2002 et mars 2007 (11 mesures par paramètre pour le Plet7 et 3 mesures par paramètres pour le Plet7bis).

□ **Le piézomètre Plet11** (indice national 445-8X-0175)

Les eaux prélevées dans ce sondage (indice national 445-8X-0175) ont été prélevées au préleveur jetable à usage unique en PE le 21 mars 2007, pour analyses au laboratoire (SOLVIAS) selon le programme analytique appliqué à la campagne de surveillance semestrielle de mars 2007 (à l'exception des métaux et du chlorure de vinyle). Ce sondage recoupe spécifiquement le compartiment bas des Alluvions ancienne, en aval direct et au pied de la décharge.

Les analyses montrent une importante charge organique (total des substances détectées : environ 9 400 µg/l), dans laquelle les amines aromatiques sont très majoritaires (environ 8 400 µg/l, dont 4500 µg/l d'aniline).

Les autres composés présents en concentrations importantes sont les chlorobenzènes (environ 400 µg/l, dont 340 µg/l pour le mono-chlorobenzène), la 4-chlorophénylméthylsulfone (217 µg/l), les barbituriques (environ 200 µg/l, dont 193 µg/l pour l'heptabarbital) et le trichloréthylène (148 µg/l).

La charge organique est plus élevée que sur les piézomètres Plet6, Plet6bis, Plet7 et Plet7bis. En dehors des COHV (trichloréthylène pour l'essentiel), les substances détectées correspondent aux traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50

Concernant la comparaison des concentrations mesurées avec les valeurs de référence, les valeurs de l'OSites sont dépassées pour l'aniline, la 4-chloraniline et le trichloréthylène, et la limite de qualité française pour les eaux potables est dépassée pour le trichloréthylène.

5.1.3. Recherche du Surfynol 104

Les analyses réalisées sur les prélèvements des eaux des Alluvions anciennes en avril 2006, octobre 2006 et mars 2007 n'ont pas mis en évidence le Surfynol 104 à des concentrations supérieures à 0,05 µg/l (avril 2006) et à 0,1 µg/l (octobre 2006, mars 2007) (Limite Inférieure de Quantification), sauf sur les piézomètres Plet6bis (0,15 µg/l) et Plet11 (5 µg/l) en mars 2007.

5.1.4. Cas des dioxines

Les analyses réalisées en octobre 2005 portaient, pour ce qui concerne la nappe alluviale, sur le piézomètre Plet6bis et le captage AEP « *Milchhüsli* ». Elles portaient également, pour ce qui concerne la nappe de la molasse alsacienne, sur le piézomètre Plet8 et le captage AEP « *Kappelmatten* », et pour ce qui concerne les eaux de surface, sur les eaux du drain n°2.

L'effet toxique des dioxines peut être exprimé en « quantité équivalente toxique » (TEQ), qui correspond à une teneur globale calculée en multipliant les concentrations de chacun des congénères par des « facteurs d'équivalence toxicologique » ; ces facteurs traduisent l'effet de chaque congénère en fonction de celui du congénère le plus toxique (cf. rapport du prof. Dr ROTARD de l'université de Berlin, [38]).

Concernant les résultats obtenus pour la nappe alluviale, les analyses montraient la présence de traces de dioxines sur les deux échantillons analysés (0,012 pg TEQ-OMS /l sur le Plet6bis et 0,027 pg TEQ-OMS /l sur l'AEP « *Milchhüsli* »). Les résultats obtenus sur les sites du Letten à Hagenthal et du Roemisloch à Neuwiller ont fait l'objet d'une expertise par le Prof. Dr Wolfgang ROTARD (voir [37] et [38]), spécialiste des dioxines, dont les conclusions sont les suivantes :

« La majorité des concentrations en dioxines des 10 échantillons étaient en dessous ou dans le domaine du seuil de détection. Des concentrations légèrement élevées ont été mesurées seulement dans 2 échantillons : 1 pg TEQ-OMS /l (Proe1, site du Roemisloch) et 1,3 pg TEQ-OMS /l (ES8, site du Roemisloch). Ces échantillons sont caractérisés par l'absence de PCDF et par une distribution très caractéristique des PCDD. Seules les couches d'argiles qui se sont formées il y a des millions d'années présentent une distribution similaire, caractéristique des dioxines qui se sont produites par des processus biogènes. Apparemment, des quantités extrêmement faibles de dioxines se sont dissoutes dans l'eau par contact des eaux souterraines et de l'eau de percolation avec des couches d'argile ou des matériaux de construction argileux dans la décharge. »

Un risque sanitaire dû aux dioxines est exclu même dans le cas d'une ingestion involontaire de 1 litre d'eau provenant du ES8 (site du Roemisloch à Neuwiller, plus forte concentration observée), qui causerait l'absorption de 1,3 pg TEQ-OMS /l. Pour une personne adulte de 75 kg de poids corporel (pc), cette quantité correspond à 0,017 pg TEQ-OMS / kg pc. Cette quantité est d'un facteur 40 au dessous de la quantité moyenne de dioxines absorbées quotidiennement à travers les aliments.

Les résultats des analyses de l'eau de percolation du secteur influencé par les décharges alsaciennes ne donnent aucune indication sur la présence de dioxines dans ces décharges.

Les dioxines n'ont donc pas été prises en compte dans l'évaluation des risques.

5.1.5. Synthèse sur les eaux des alluvions en aval de la décharge

Hydrocarbures aromatiques volatils, HAP, composés phénolés, nitrobenzène

Le benzène est le seul hydrocarbure aromatique volatil décelé en concentration notable (20 µg/l sur Plet6bis – une seule analyse). On détecte par ailleurs également des traces de toluène et de xylènes, mais en faibles concentrations.

Des traces de HAP (naphtalène, acénaphtène, acénaphtylène, phénanthrène et fluorène) ont été mesurées au droit de Plet 6bis. La concentration totale en HAP est de l'ordre de 2 µg/l.

Note : le naphtalène a été décelé dans Plet 5ter - 1 050 µg/l - en mars 2001, mais cette concentration n'a pas été confirmée par les deux campagnes suivantes en septembre 2001 et novembre 2002.

Le nitrobenzène a été décelé au droit de Plet 10 et de Plet 6 bis à de faibles concentrations (de l'ordre de 1 µg/l).

Amines aromatiques

Les amines aromatiques prédominantes dans les analyses de suivi des eaux souterraines sont l'aniline, les monochloroanilines (la 2-chloraniline, la 3-chloraniline, la 4-chloraniline), les dichloroanilines (2,4/2,5-dichloraniline 3,4-dichloraniline), les toluidines et la 4-chlorméthylaniline. Les autres amines aromatiques ciblées par les analyses ont des concentrations inférieures à 20 µg/l.

Les concentrations les plus élevées ont été mesurées au droit de Plet 6bis, Plet 10 et Plet 11 (Tableau 20). Des concentrations élevées ont également été décelées en Plet 5ter (piézomètre installé dans un forage au travers des déchets) en mars 2001 mais ces concentrations n'ont pas été confirmées par l'analyse de septembre 2001.

Concentration	Unité	Plet5bis		Plet10		Plet6bis		Plet7		Plet7bis		Plet11 21/03/07
		Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max	
Aniline	µg/l	0,11	0,17	724	1380	96	460	0,9	6,7	8,4	11	4500
2-Chloraniline	µg/l	LQ	LQ	4,4	7,9	101	252	0,61	4	94	200	760
3-Chloraniline	µg/l	LQ	LQ	19	28	55	136	0,67	3,3	38	96	600
4-Chloraniline	µg/l	LQ	LQ	20	41	32	110	0,23	0,9	9,3	23	300
2,4/2,5-Dichloraniline	µg/l	0,11	0,13	6,9	10,8	35	77	0,33	1,4	33	66	134
2,3-Dichloraniline	µg/l	0,10	0,10	2,9	4,6	3,5	7,3	0,73	6,4	2,3	5	23
3,4-Dichloraniline	µg/l	0,11	0,15	87	162	46	91	0,29	1,2	22	42	820
o-/p-Toluidine	µg/l	LQ	LQ	18	28	33	123	0,30	2,1	2,8	4	713
m-Toluidine	µg/l	LQ	LQ	6,9	8	6,8	20	0,13	0,4	0,35	0,5	87
2,4-Dimethylaniline	µg/l	LQ	LQ	0,37	0,9	0,71	1,8	LQ	LQ	0,15	0,2	6
N,N-Dimethylaniline	µg/l	LQ	LQ	5,8	11	6,6	20	0,10	0,1	LQ	LQ	11
2,6-Dimethylaniline	µg/l	LQ	LQ	LQ	LQ	0,28	0,4	LQ	LQ	0,15	0,2	na
2,4,6-Mesidine	µg/l	na	na	1,4	2,6	0,15	0,3	LQ	LQ	LQ	LQ	< 5
2,3,4-Trichloraniline	µg/l	LQ	LQ	0,12	0,15	0,12	0,2	LQ	LQ	LQ	LQ	< 5
2,4,5-Trichloraniline	µg/l	LQ	LQ	0,13	0,19	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ	< 5
2,4,6-Trichloraniline	µg/l	LQ	LQ	0,73	2,6	0,11	0,2	LQ	LQ	0,1	0,1	< 5
3,4,5-Trichloraniline	µg/l	LQ	LQ	3,3	13	0,16	0,68	LQ	LQ	LQ	LQ	18
4-Chlorméthylaniline	µg/l	LQ	LQ	20	31	36	82	LQ	LQ	LQ	LQ	434
Somme des amines aromatiques	µg/l	0,43	0,55	913	1704	451	1382	4,3	26,5	211	448	8406

LQ : concentration inférieure à la limite de quantification – na : non analysé

Tableau 20 : Qualité des eaux souterraines dans les Alluvions anciennes au droit et à l'aval immédiat du dépôt : amines

Globalement, les concentrations diminuent avec la distance à l'aval du dépôt (voir atténuation entre Plet 6bis/Plet 11 et Plet 7bis).

Ces composés ont été décelés dans les déchets et sont caractéristiques des déchets de la chimie baloise des années 1950.

Hydrocarbures organo-halogénés volatils et hydrocarbures aromatiques volatils halogénés

Les composés aromatiques volatils chlorés sont prédominants parmi ces deux familles. Les concentrations les plus élevées sont au Plet 10, au droit de la décharge, et au au Plet 6bis, situé à l'aval immédiat de la décharge (cf. Tableau 21).

Au droit de la décharge, les concentrations en monochlorobenzène sont prédominantes (plusieurs centaines de µg/l) suivies par les concentrations en 1,2,3-trichlorobenzène (de l'ordre de 100 µg/l). En aval, du dépôt, le monochlorobenzène reste prédominant (de l'ordre de 100 µg/l) et les concentrations totales en dichlorobenzènes et en trichlorobenzènes sont comparables, de l'ordre de quelques dizaines à 100 µg/l.

Parmi les COHV, les composés prédominants sont le trichloroéthylène (concentration maximale de 119 mg/l), le tétrachloroéthylène (concentration maximale de 6,4 mg/l) et le cis-1,2-dichloroéthylène (concentration maximale de 6,3 mg/l). Ces concentrations sont nettement inférieures à celles en hydrocarbures aromatiques volatils chlorés.

Les concentrations mesurées en COHV et en chlorobenzènes restent faibles comparativement à la limite de solubilité (moins de 0,1 % de la limite de solubilité). La présence d'une phase libre non soluble et plus dense que l'eau n'est donc pas suspectée. La principale propagation des polluants se réalise donc sous forme dissoute dans les eaux souterraines.

	Unité	Plet5bis		Plet10		Plet11	Plet6bis		Plet7		Plet7bis	
		Moy	Max	Moy	Max	21/03/07	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max
Cis-dichloroéthylène (CIS)	µg/l	LQ	LQ	2,8	4,1	11	2,8	6,3	LQ	LQ	1,7	2,8
Chloroforme	µg/l	LQ	LQ	na	na	na	0,5	0,5	LQ	LQ	LQ	LQ
1,2-Dichloroéthane	µg/l	LQ	LQ	na	na	na	1,9	2,5	LQ	LQ	0,7	1,2
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	LQ	LQ	50	70	148	50	119	0,21	0,59	33	55
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	LQ	LQ	2,6	5,1	1,6	2,7	6,4	0,27	0,8	LQ	LQ
Chlorobenzène	µg/l	0,53	0,87	608	705	340	100	269	2,0	15	57	112
1,3-Dichlorobenzène	µg/l	LQ	LQ	0,42	0,64	2,1	5,4	13	LQ	LQ	1,7	3,7
1,4-Dichlorobenzène	µg/l	LQ	LQ	3,6	8,2	4,5	7,0	31	0,11	0,21	1,5	3
1,2-Dichlorobenzène	µg/l	LQ	LQ	5,8	13	25	22	63	0,11	0,15	12	20
1,3,5-Trichlorobenzène	µg/l	LQ	LQ	1,4	3,2	0,22	1,2	2,8	LQ	LQ	2,5	6,6
1,2,4-Trichlorobenzène	µg/l	LQ	LQ	71	175	15	25	63	LQ	LQ	3,9	9,8
1,2,3-Trichlorobenzène	µg/l	LQ	LQ	67	159	11	19	54	LQ	LQ	5,3	8,3

LQ : concentration inférieure à la limite de quantification – na : non analysé

Tableau 21 : Qualité des eaux souterraines dans les Alluvions anciennes au droit et à l'aval immédiat du dépôt : composés organo-halogénés volatils et chlorobenzènes

Barbituriques et 4-chlorphénylméthyl-sulfone

Comme pour les déchets, l'heptabarbital est le principal barbiturique détecté dans les eaux souterraines. Les concentrations au droit de la décharge sont de l'ordre de 200 µg/l. L'atténuation pour ce composé est moins forte que pour d'autres substances et la concentration mesurée en aval du dépôt en Plet 6bis reste de l'ordre de 100 µg/l.

Concernant la 4-chlorphénylméthyl-sulfone, les concentrations les plus élevées ont également été détectées au droit de Plet 6bis et de Plet 11 (concentrations maximales respectivement égales à 74 µg/l et 217 µg/l).

	Unité	Plet5bis		Plet10		Plet11	Plet6bis		Plet7		Plet7bis	
		Moy	Max	Moy	Max	21/03/07	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max
Barbital	µg/l	LQ	LQ	LQ	LQ	0,97	0,23	0,29	LQ	LQ	na	na
Aprobarbital	µg/l	LQ	LQ	LQ	LQ	2,9	LQ	LQ	LQ	LQ	na	na
Butalbital	µg/l	LQ	LQ	LQ	LQ	1	0,71	1,30	LQ	LQ	na	na
Hexobarbital	µg/l	0,15	0,22	LQ	LQ	1,1	LQ	LQ	LQ	LQ	na	na
Phenobarbital	µg/l	LQ	LQ	0,12	0,18	2,7	0,52	1,20	LQ	LQ	na	na
Heptabarbital	µg/l	0,87	0,88	11,9	22,1	193	115	177	LQ	LQ	na	na

LQ : concentration inférieure à la limite de quantification – na : non analysé

Tableau 22 : Qualité des eaux souterraines dans les Alluvions anciennes au droit et à l'aval immédiat du dépôt : barbituriques

	Unité	Plet5bis		Plet10		Plet11	Plet6bis		Plet7		Plet7bis	
		Moy	Max	Moy	Max	21/03/07	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max
4-Chlorphenyl-méthyl-sulfone	µg/l	LQ	LQ	1,1	1,2	217	40,6	74	0,10	0,10	na	na

LQ : concentration inférieure à la limite de quantification – na : non analysé

Tableau 23 : Qualité des eaux souterraines dans les Alluvions anciennes au droit et à l'aval immédiat du dépôt : 4-chlorphenylmethysulfone

Résultats des screenings par CPG/MS

Le screening CPG/MS réalisé sur l'eau du piézomètre Plet6bis en avril 2006 a montré la présence de chlorobenzènes (isomères des composés ciblés), d'isomères des chloroanilines et d'autres composés organiques aromatiques homocycliques ou N-hétérocycliques à fonction(s) sulfone(s), sulfonamide(s) ou cétone(s).

Certaines structures complexes sont proches des barbituriques et de certains colorants de synthèse (molécules aromatiques homocycliques ou hétérocycliques à liaison doubles conjuguées, pont – N=N-, à caractère chromophore comme dans les colorants diazoïques ou les colorants anthraquinoniques).

Les composés décelés par screening pourraient représenter environ 50% de la charge organique des eaux souterraines polluées à proximité du dépôt (charges organiques maximales en Plet 6bis égale à 1 780 µg/l et en Plet 11 égale à 9 400 µg/l).

Compte tenu des limites techniques de la CPG/MS et de la complexité des mélanges, certains composés détectés dans les eaux restent partiellement identifiés voire inconnus (molécules primaires et éventuellement leurs métabolites de dégradation). Les composés inconnus constituent environ 25% de la charge organique totale en Plet6bis. Ces composés sont cependant des substances lourdes (temps de sortie longs dans les spectres de réponse du GC/MS), donc nettement moins volatils que les composés volatils ciblés.

Certains composés, comme par exemple le tétrachlorophénol, décelé dans le Plet6bis, ne peuvent être attribués avec certitudes aux déchets de la chimie bâloise des années 50 de la décharge du Letten.

Les composés ciblés par le programme de surveillance constituent une bonne « empreinte » des familles de polluants présents et permettent de suivre la présence de polluants provenant du dépôt du Letten dans les eaux souterraines.

5.2. Les eaux des Alluvions anciennes en amont et sur les cotés de la décharge

5.2.1. Points surveillés

Les points surveillés sont localisés sur la Figure 2 du rapport A46162/A (Volet 1, [48]) :

- Piézomètres Plet3 (indice national 0445-8X-0137),
- Piézomètre Plet4 (indice national 0445-8X-0139),
- Source ES3,
- Source « Sud »,
- Source AEP « *Milchhüsli* » (indice national suisse 25.3.A),
- Sources AEP « *Brunnematten* » (indice national suisse 25.4-6.A),
- Source « *Grien* », ancien AEP (indice national suisse 25.1.A).

Les résultats des analyses et mesures sont rassemblées de façon synthétique dans les tableaux présentés en annexe G (volet 4, [51]). Les bordereaux analytiques dont ils ont été tirés sont placés en annexe de chaque rapport de surveillance semestriel (cf. liste des rapports dans l'annexe B du volet 4, [51]).

5.2.2. Paramètres généraux et composés inorganiques

Des analyses (cations et anions majeurs) ont été effectuées pour certains points d'accès à la nappe en mars 2001 [4] et en avril 2006 [44]. Les métaux (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) ont été analysés en mars 2007 [51].

Les eaux des Alluvions anciennes (compartiment haut) possèdent un spectre hydrogéochimique et s'inscrivent dans celui des Alluvions anciennes établi à l'échelle régionale (cf. rapport ANTEA A24219/B de septembre 2001, [4]).

Les eaux sont dures, neutres à légèrement basiques, oxygénées, du type bicarbonaté calcique et magnésien. La minéralisation est moyenne à accentuée, comprise entre 550 et 900 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (cf. annexe F du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]). La minéralisation la plus élevée est observée au niveau de la source AEP « *Milchhüsli* », située en aval du village de Schoenenbuch. La minéralisation varie légèrement selon le régime des précipitations et d'alimentation de la nappe (diminution de la conductivité en hautes eaux par dilution).

La concentration en chlorures, de l'ordre de 20 mg/l au Plet3, dépasse légèrement 30 mg/l sur la source ES3. Les sulfates, dont la concentration est comprise entre 10 et 15 mg/l au Plet3, atteignent 40 mg/l sur la source ES3.

Le piézomètre Plet4 présentait une concentration en nitrates de 46 mg/l en avril 2006, vraisemblablement en rapport avec l'activité agricole dans le proche environnement du piézomètre.

Les concentrations en bromures sont généralement inférieures ou égales à la LIQ (100 µg/l) à l'exception de la source ES3 (jusqu'à 180 µg/l).

Pour ce qui concerne les métaux, outre la présence de baryum sur tous les points (30 à 80 µg/l environ), on observe, sur les eaux de la source ES3, des traces de plomb (9 µg/l), de chrome (3µg/l), de cobalt (3 µg/l) et de nickel (6 µg/l). Le plomb, le chrome et le nickel sont aussi détectés en Plet3 (et le chrome sur Plet4).

Les concentrations observées entre mars 2001 et mars 2007 ne dépassent pas les valeurs guides de l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites) ni les limites et références françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (code la Santé Publique).

5.2.3. Composés organiques

Les modalités de mise en œuvre du programme d'analyses ciblées régulières (fréquence, dates, paramètres) sont détaillées dans le volet 1 [48].

Par ailleurs, des screenings par CPG / MS ont été réalisés sur plusieurs points en mai, juillet et novembre 2002 (cf. rapport ANTEA A37649/A [20]) et en avril 2006 (cf. rapport ANTEA A44112/A [44]). Un récapitulatif des ouvrages concernés est donné dans le tableau 15 du volet 1 [48].

□ Sources AEP « Milchhüsli » et « Brunnenmatten »

Les prélèvements ont été effectués sur la source AEP « *Milchhüsli* » ; un prélèvement supplémentaire correspondant à un mélange des sources AEP « *Milchhüsli* » et « *Brunnenmatten* » a été analysé en mai 2002.

Les analyses permettent de conclure :

- ✓ absence de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise (concentrations inférieures à la LIQ, 0,1 µg/l),
- ✓ présence de traces d'atrazine (0,19 µg/l) sur la source AEP « *Milchhüsli* » ;

- ✓ les screenings réalisés en 2002 sur la source AEP « *Milchhüsli* » et sur le mélange des sources « *Milchhüsli* » et « *Brunnenmatten* » montrait la présence, en traces (inférieures à 20 µg/l), des composés suivants :
 - phtalates : plastifiants issus du flaconnage,
 - alcanes (hydrocarbures),
 - acides organiques et alcools (composés pouvant résulter de la dégradation d'hydrocarbures),
 - butoxy-ethoxy-ethanol dans « *Milchhüsli* » uniquement (solvant des peintures),
 - 2-pyrrolidinon.
- ✓ le screening d'avril 2006, réalisé selon le protocole du professeur OEHME et donc plus fiable (cf. volet 1, [46]), montrait quant à lui l'absence de composés organiques détectables par CPG/MS à des concentrations supérieures à 0,1 µg/l dans les eaux issues de la source captée « *Milchhüsli* ».

□ **Ancienne source AEP « Grien »**

Les eaux de cette source ont été analysées en septembre 2001.

Cette ancienne source issue des Alluvions anciennes est faiblement contaminée par le pentachlorophénol (PCP), à des concentrations de trace à hauteur de 0,14 µg/l.

Le PCP est un biocide très largement utilisé dans les années 50 pour le traitement et la préservation du bois. Les traverses de chemin de fer traitées au PCP réutilisées pour l'aménagement des jardins, pratique répandue en suisse, est à considérer comme une autre origine possible de ces substances dans les eaux de la source « *Grien* ». Le PCP ne constitue pas un traceur caractéristique des déchets de la chimie suisse des années 50.

□ **Plet3**

On note sur ce piézomètre la présence de traces ponctuelles de :

- 2,6-dinitrotoluène (0,13 µg/l) en septembre 2001,
- 2,3-dichloraniline (0,14 µg/l) en avril 2006,
- toluène (0,31 µg/l), m,p-xylènes (0,15 µg/l), tétrachloréthylène (0,55 µg/l), chlorobenzène (0,13 µg/l) et HAP (somme : 0,907 µg/l) en mars 2007.

Ces concentrations sont proches de la LIQ. Elles semblent être corrélées aux situations de hautes eaux. Les concentrations observées sont inférieures aux valeurs guides de l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites). Elles dépassent les limites et références françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (code la Santé Publique) pour les HAP.

□ Plet4

Les analyses ciblées effectuées sur ce piézomètre permettent de conclure à l'absence de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise à une concentration inférieure à la LIQ (0,1 µg/l). On note la présence de traces ponctuelles :

- de chlorobenzène (0,25 µg/l, valeur proche de la LIQ), détecté en avril 2006 uniquement,
- d'atrazine (0,1 µg/l, valeur égale à la LIQ) en avril 2006, vraisemblablement en rapport avec l'activité agricole dans le proche environnement de l'ouvrage,
- de HAP (somme : 0,446 µg/l) en avril 2007,
- de surfynol : 0,2 µg/l en octobre 2006.

Les concentrations observées sont inférieures aux valeurs guides de l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites). Elles dépassent les limites et références françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (code la Santé Publique) pour les HAP.

A noter que la faible productivité de l'ouvrage (faible colonne d'eau et faible réalimentation après dénoyage) n'autorise pas la mise en œuvre de l'échantillonnage après purge selon le protocole qualité du GIDRB. Les eaux de Plet4 sont turbides et sont échantillonnées au préleveur à usage unique après écopage de la colonne d'eau.

□ Source ES3

La source ES3 présente une contamination par des faibles concentrations en composés traceurs des déchets de la chimie bâloise, détectés par des analyses ciblées (cf. tableau récapitulatif en annexe G du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]) :

- heptabarbitol avec une concentration maximale observée de 1,1 µg/l en octobre 2005.
- 4-chlorophenylmethylsulfone (concentration maximale observée de 0,18 µg/l en avril 2006),
- dichlorobenzène et de tétrachloréthylène (PCE) ont été détectées à hauteur de leur Limite Inférieure de Quantification (LIQ = 0,1 µg/l) en avril 2006,

Les analyses de mars 2007 montrent en outre la présence de traces de HAP, mais en concentrations comparables voire inférieures à ce qui est observé en amont et latéralement (Plet4, Plet3).

Les deux screening effectués en 2002 (rapport ANTEA A37649/A, [20], et volet 4 annexe H, [49]) mettent en évidence la présence en traces (inférieures à 20 µg/l) d'autres composés organiques, probablement sans rapport avec la décharge :

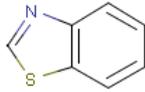
- phtalates : plastifiants.
- hydrocarbures linéaires (alcanes) et leurs produits de dégradation (acides organiques et alcools).
- naphtalène (inférieur à 1 µg/l).

Aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée à l'exception du naphtalène (mars 2007). Ces substances identifiées par screening ne sont pas des traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50.

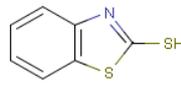
Les concentrations observées sont inférieures aux valeurs guides de l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites). Elles dépassent les limites et références françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (code la Santé Publique) pour les HAP

Les résultats du screening d'avril 2006 appellent les commentaires suivants :

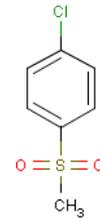
- screening mettant en évidence des traces (inférieures à 1 µg/l) de composés organiques dans les eaux de la source ES3,
- une partie des composés détectés et identifiés constituent des traceurs de l'influence des déchets chimiques de la décharge du Letten : sulfones aromatiques et barbituriques, déjà détectés par analyses ciblées,
- une partie des substances détectées et identifiées ne sont pas des traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 : phtalates, cétones, alcools et acides organiques. Il s'agit de composés (ou de leurs produits de dégradation) qui entrent dans la composition des plastiques, des huiles, de certains produits ménagers, etc (cf. Formules structurales de quelques composés détectés et identifiés par CPG/MS présentées ci-dessous),
- une partie des composés détectés et identifiés dans les eaux de la source ES3 en avril 2006 peuvent être suspectés comme étant issus des déchets chimiques de la décharge du Letten : composés construits sur des hétérocycles aromatiques, comme les benzothiazoles (cf. formules structurales présentées ci-contre).



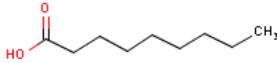
Benzothiazole
 CAS: 95-16-9



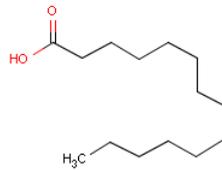
(Mercaptobenzothiazol)
 CAS: 149-30-4



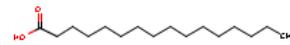
4-Chlorophenyl methyl sulfone
 CAS: 98-57-7



Acide pelargonique
 CAS: 112-05-0



Acide myristique
 CAS: 544-63-8



Acide palmitique
 CAS: 57-10-3

- screenings confirmant la pertinence du programme analytique ciblé appliqué pour la surveillance périodique des eaux de l'environnement du site du Letten,
- aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée.
- concentrations observées inférieures aux valeurs guides de l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites), et aux limites et références françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (code la Santé Publique) lorsqu'elles existent.

□ Source Sud

La source Letten Sud, située 150 m au Sud de la décharge, a été échantillonnée le 09 juillet 2002 pour analyses au laboratoire.

Les paramètres amines aromatiques et chlorobenzènes ont été systématiquement recherchés. Ces composés n'ont pas été détectés par analyse à des concentrations supérieures à leur LIQ (0,1 µg/l). Parallèlement une empreinte chromatographie CPG / MS de recherche des liaisons organiques a été réalisée sur un échantillon d'eau de cette source prélevé le 09/07/02, après extraction basique.

Les résultats du screening sont présentés dans le tableau récapitulatif joint en annexe H du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

Compte tenu de la situation hydrogéologique de cette source, des concentrations et de leur caractère ubiquitaire, le surfynol (tensio actif) et le naphthalène (constituant des hydrocarbures pétroliers, etc.) détectés en trace dans les eaux de la source ne peuvent constituer des indices d'un impact de la décharge du Letten.

Aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée.

5.2.4. Recherche du Surfynol 104

Les analyses réalisées sur les prélèvements des eaux des Alluvions anciennes en avril, octobre 2006 et mars 2007 n'ont pas mis en évidence le Surfynol 104 à des concentrations supérieures à la LIQ (0,05 µg/l pour les analyses d'avril 2006 et 0,1 µg/l pour celles d'octobre 2006 et mars 2007), à l'exception de l'analyse d'octobre 2006 sur Plet4 où des traces (0,2 µg/l) ont été détectées. Rappelons que les questions relatives au Surfynol sont traitées plus spécifiquement dans le rapport BMG engineering [39], qui concluait notamment :

- qu'il peut être pratiquement exclu que cette substance ait été utilisée dans la production pendant la période d'utilisation de la décharge du Letten et que des déchets contenant cette substance aient pu être déposés dans la décharge ;
- que la mise en évidence de cette substance lors de certaines analyses pouvait être causée par des traces de détergents restées dans les flacons utilisés pour l'échantillonnage.

5.2.5. Cas des dioxines

Les analyses réalisées en octobre 2005 portaient, pour ce qui concerne la nappe de la molasse alsacienne, sur le piézomètre Plet8 et le captage AEP « *Kappelmatten* ».

Ces analyses ont détecté des traces de dioxines sur les 2 ouvrages, dans la nappe de la molasse alsacienne.

Rappelons les principales conclusions de l'expertise réalisée en 2006 par le prof. Dr Wolfgang ROTARD de l'université de Berlin, cf. [37] et [38], et § 3.5.2.4) : on ne peut établir de manière formelle si les dioxines détectées proviennent de la décharge (origine naturelle possible), et quoiqu'il en soit, les quantités détectées sont très faibles, très inférieures au bruit de fond « alimentaire » (apport quotidiens par les aliments) et très insuffisantes pour générer un quelconque risque toxicologique.

En conséquence, les dioxines n'ont pas été retenues dans les calculs de risques du volet 3 (rapport ANTEA A47862/A [50]).

5.2.6. Conclusions

Des substances organiques sont détectées en faibles concentrations sur Plet3, Plet4, la source sud, et les sources AEP de SCHOENENBUCH (solvant aromatiques, solvants chlorés, herbicides, HAP, ...), mais leur origine ne peut être attribuée à la décharge, à l'exception peut-être de la 2,3-dichloraniline sur Plet3 qui est situé en position latérale par rapport à l'écoulement de la nappe alluviale (mais cette substance n'a été détectée qu'une seule fois sur 6 analyses sur ce point).

Sur la source ES3, des traceurs de la décharge sont clairement mis en évidence, à des concentrations néanmoins faibles :

- heptabarbital avec une concentration maximale observée de 1,1 µg/l,
- 4-chlorphenylmethylsulfone (concentration maximale observée de 0,18 µg/l),
- bromures à une concentration atteignant 180 µg/l.

5.3. Les eaux de la Molasse alsacienne

5.3.1. Qualité des eaux de la Molasse alsacienne superficielle

Les résultats des analyses et mesures sont rassemblées de façon synthétique dans les Tableaux joint dans l'annexe G du volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]). Les bordereaux analytiques dont ils sont tirés sont placés en annexe de chaque rapport de surveillance semestriel (cf. liste des rapports en annexe C du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

Ces points sont localisés sur la Figure 2 du volet 1 (rapport ANTEA A46162/A [48]) :

- Piézomètre Plet1 (indice national français 445-8X-0135),
- Piézomètre Plet2 (indice national 445-8X-0136),
- Piézomètre Plet5 (indice national 445-8X-139),
- Piézomètre Plet6 (indice national 445-8X-0176),
- Piézomètre Plet8 (indice national 445-8X-0177),
- Piézomètre Plet9bis (indice national 445-8X-0170),
- Puits AEA dit « CALONEGO » (indice national suisse 25.E.1).

5.3.1.1. Paramètres généraux et composés inorganiques

Des analyses (cations et anions majeurs) ont été effectuées en mars 2001 [4] et en avril 2006 [44]. Les métaux (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) ont été analysés en mars 2007 [51].

Les concentrations en cations et anions majeurs mesurées dans les eaux de la Molasse alsacienne s'inscrivent dans le spectre hydrogéochimique régional caractéristique des eaux de la Molasse alsacienne (cf. annexe D du rapport ANTEA A24219/B de septembre 2001, [4]).

Les eaux sont dures, légèrement basiques, du type bicarbonaté calcique magnésien. La minéralisation est moyenne à moyenne accentuée, comprise entre $562 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ et $750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Les eaux sont faiblement à moyennement oxygénées.

Les eaux du puits Calonego présentent une conductivité élevée (environ $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$) et des signes organoleptiques de contamination organique (irisations). Les concentrations (avril 2006) en sodium (114 mg/l), en sulfates ($63,5 \text{ mg/l}$) et en chlorures (204 mg/l) différencient ces eaux des autres eaux souterraines contrôlées dans le secteur et expliquent la conductivité électrique mesurée. La contamination des eaux du puits Calonego pourrait être causée, au moins pour partie, par une contamination par les eaux de ruissellement des chaussées (sels de déneigement, hydrocarbures pétroliers dispersés). L'étude spécifique réalisée par la société CSD [63] abonde dans ce sens et apporte des éléments complémentaires (voir aussi § 10).

En ce qui concerne les métaux :

- Les concentrations en baryum sont naturellement comprises entre 200 et $300 \mu\text{g/l}$ environ,
- Les analyses montrent en outre la présence de traces d'arsenic (Plet6, Plet8, Puits Calonego), de chrome (Plet1, Plet5), de cobalt (Plet1, Plet5), et de nickel (Plet1, Plet5, Plet8). Les concentrations n'excèdent pas quelques $\mu\text{g/l}$, excepté pour l'arsenic sur Plet8 ($12 \mu\text{g/l}$ en mars 2007) et le cobalt sur Plet1 ($75 \mu\text{g/l}$ en mars 2001) a priori sans lien avec la décharge.

Les concentrations observées sont inférieures aux valeurs guides de l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites), et aux limites et références françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (code la Santé Publique), sauf pour l'arsenic sur Plet1 ($12 \mu\text{g/l}$ pour une valeur fixée à $10 \mu\text{g/l}$).

Les concentrations en bromures sont généralement inférieures ou égales à $100 \mu\text{g/l}$ (LIQ), à l'exception de Plet6 pour lequel les concentrations dépassent régulièrement la LIQ (jusqu'à $320 \mu\text{g/l}$ en octobre 2006), et Plet2 pour lequel la LIQ a été légèrement dépassée une seule fois ($110 \mu\text{g/l}$).

5.3.1.2. Composés organiques

□ Plet1

Ce piézomètre de 12 m de profondeur, situé au nord-ouest de la décharge capte les sables argileux et sables fins de la Molasse alsacienne superficielle. Cet ouvrage a été prélevé les 28 mars et 20 septembre 2001, les 21 mai et 28 novembre 2002.

Les analyses ciblées effectuées n'ont pas mis en évidence de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 à des concentrations supérieures à la limite de détection, à l'exception d'une concentration de 0,9 µg/l pour la somme des dichloranilines en mars 2001. Cette valeur n'a pas été confirmée par les 3 analyses postérieures et peut correspondre à un artefact de prélèvement ou d'analyse.

□ Plet2

Tout comme Plet1, ce piézomètre de 11,5 m de profondeur, situé au nord de la décharge capte les sables argileux et sables fins de la Molasse alsacienne superficielle. Cet ouvrage est intégré au plan de surveillance semestriel depuis mars 2001.

Les analyses ciblées effectuées n'ont pas mis en évidence de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 à des concentrations supérieures à la LIQ (0,1 µg/l ou 0,5 µg/l selon) à l'exception de traces :

- de 2,3-dichloraniline en avril et octobre 2006 (respectivement 0,16 et 0,28 µg/l,
- de 1,2-dichlorobenzène (10 µg/l) et 2,4-dinitrotoluène (0,14 µg/l) en septembre 2001, suite aux très hautes eaux du printemps 2001.
- de chlorobenzène en octobre 2006 avec 0,5 µg/l,

Par ailleurs, les analyses révèlent la présence occasionnelle de traces :

- de solvants chlorés : trichloréthylène (maximum 0,8 µg/l), tétrachloréthylène (maximum 0,31 µg/l) ;
- de BTEX : toluène (0,26 µg/l) et xylènes (0,12 µg/l) ;
- de HAP : somme 0,064 µg/l dont 0,011 µg/l de benzo(a)pyrène.

Les concentrations observées sont inférieures aux valeurs guides de l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites), et aux limites et références françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (code la Santé Publique), à l'exception de la concentration en benzo(a)pyrène mesurée en mars 2007 (0,011 µg/l pour une limite fixée à 0,010 µg/l).

Une recherche des liaisons organiques par CPG / MS a été réalisée sur les eaux de la Molasse alsacienne, prélevées lors des campagnes semestrielles de mai et novembre 2002 dans les ouvrages Plet1 et Plet2. Cette recherche a été réalisée après extraction basique et acide.

Ces empreintes chromatographiques montraient, pour les eaux de la Molasse captée par ces ouvrages :

- **l'absence de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise clairement identifiés,**
- **la présence en traces (concentrations inférieures à 20 µg/l) de composés organiques ubiquistes :**
 - de phtalates : plastifiants issus du flaconnage,
 - d'acides organiques (composés pouvant résulter de la dégradation d'hydrocarbures),
 - de 2-pyrrolidinon et de surfynol.

A l'exception du surfynol (0,05 µg/l en avril 2006), aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée.

□ **Plet5**

Ce piézomètre de 45 m de profondeur, situé au droit de la partie amont de la décharge capte spécifiquement une alternance de sables argileux, de sables fins et d'argiles de la Molasse alsacienne superficielle. Cet ouvrage est intégré au plan de surveillance semestriel depuis mars 2001.

Les analyses ciblées effectuées ont pas mis en évidence, de manière plus ou moins régulière, quelques composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 à des concentrations supérieures à la LIQ (0,1 µg/l ou 0,5 µg/l) :

- amines aromatiques, en particulier la 2-chloraniline, les 2,4/2,5-dichloraniline et 2,3-dichloraniline avec une concentration maximale observée de 1,5 µg/l en 2,3-dichloraniline (mars 2007),
- chlorobenzène avec une concentration maximale observée de 4,8 µg/l en mars 2007. Ces traces sont observées depuis octobre 2005,
- 1,4-dichlorobenzène en avril 2006 (0,1 µg/l),
- de 4-Chlorphénylméthylsulfone en avril 2006 (0,2 µg/l).

Par ailleurs, d'autres composés organiques ont été détectés :

- BTEX en mars 2007 avec 0,31 µg/l de toluène et 0,15 µg/l de m-p-xylènes,
- trichloréthylène (maximum 0,3 µg/l) et perchloréthylène (maximum 0,54 µg/l) à plusieurs reprises,
- faibles traces de naphthalène (0,01 µg/l) en mars 2007.

Les concentrations observées sont inférieures aux valeurs guides de l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites), et aux limites et références françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (code la Santé Publique).

□ **Plet6**

Ce piézomètre de 30 m de profondeur, situé au nord-ouest et en aval de la décharge, capte spécifiquement les sables argileux, les sables fins et les argiles de la Molasse alsacienne superficielle. Il est intégré au plan de surveillance semestriel depuis juin 2002.

Les analyses ciblées effectuées ont mis en évidence la présence plus ou moins régulière de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 à des concentrations supérieures à la LIQ (0,1 µg/l ou 0,5 µg/l) :

- amines aromatiques avec l'aniline (0,14 µg/l) en novembre 2002, la 2-chloraniline (0,16 µg/l) en mars 2005, la 2,4/2,5-dichloraniline et la 2,3-dichloraniline en avril 2006 (respectivement 0,1 µg/l et 0,48 µg/l),
- chlorobenzène depuis avril 2006 avec une concentration maximale observée de 1,3 µg/l en avril 2006, et de 1,4-dichlorobenzène en avril 2006 (0,1 µg/l),
- 4-Chlorphénylméthylsulfone en avril 2006 et octobre 2006 (0,1 µg/l),
- heptabarbital détecté depuis avril 2006 avec une concentration maximale observée de 0,72 µg/l en octobre 2006.

Par ailleurs, d'autres composés organiques ont été détectés :

- BTEX en mars 2007 avec 0,17 µg/l de toluène et 0,12 µg/l de m-p-xylènes,
- trichloréthylène (0,17 µg/l en février 2004) et perchloréthylène (0,26 µg/l en mars 2007).
- faibles traces de naphthalène (0,014 µg/l) en mars 2007.

Les concentrations observées entre mars 2001 et mars 2007 sont inférieures aux valeurs guides de l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites), et aux limites et références françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (code la Santé Publique).

□ Plet8

Tout comme Plet6, ce piézomètre de 30 m de profondeur, situé au nord-nord-est et en aval latéral de la décharge, capte spécifiquement les sables argileux, les sables fins et les argiles de la Molasse alsacienne superficielle. Cet ouvrage est intégré au plan de surveillance semestriel depuis juin 2002.

Les analyses ciblées effectuées n'ont pas mis en évidence de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 à des concentrations supérieures à la LIQ (0,1 µg/l ou 0,5 µg/l selon) à l'exception de traces occasionnelles :

- d'amines aromatiques avec l'aniline (0,2 µg/l) en juin 2002, la 2-chloraniline (0,1 µg/l) en avril 2006, la 2,4/2,5-dichloraniline et la 2,3-dichloraniline en avril 2006 (à hauteur respectivement de 0,19 µg/l et 0,94 µg/l),
- de chlorobenzène depuis avril 2006 avec une concentration maximale observée de 2,6 µg/l en mars 2007, et de 1,4-dichlorobenzène en avril 2006 (0,15 µg/l),

Par ailleurs, d'autres composés organiques ont été détectés :

- BTEX en mars 2007 avec 0,15 µg/l de toluène,
- trichloréthylène (0,27 µg/l en octobre 2003 et 0,5 µg/l en février 2004) et perchloréthylène (0,28 µg/l en mars 2007).
- faibles traces de naphthalène (0,016 µg/l) en mars 2007.

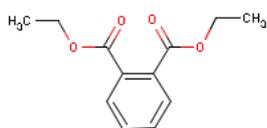
La nature des composés détectés, les gammes de concentrations dans lesquelles ils apparaissent et leurs occurrences dans le temps sont très similaires à celles constatées pour Plet6.

Les concentrations observées entre mars 2001 et mars 2007 sont inférieures aux valeurs guides de l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites), et aux limites et références françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (code la Santé Publique).

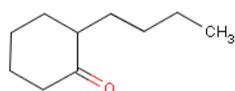
Les résultats des screenings CPG/MS effectués sur les eaux issues de Plet6 et Plet8 en avril 2006 sont présentés dans les tableaux récapitulatifs joint en annexe H4 et H5 du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]). Ils appellent les commentaires suivants :

- confirmation de la présence à l'état de traces (inférieures à 5 µg/l) de composés traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 au Letten. Il s'agit de la dichloraniline (amines aromatiques),

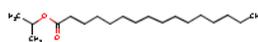
- présence, à l'état de traces (de l'ordre de 5 µg/l par espèce), de composés organiques qui n'avaient pas encore été détectés et qui ne peuvent être attribués à l'influence des déchets de la chimie bâloise des années 50 du site du Letten (cf. ci-dessous formules structurales de quelques uns de ces composés) : plastifiants (phtalates), hydrocarbures (oléfines), alcools et cétones. On rappelle que les alcools et cétones peuvent être générés par la dégradation d'hydrocarbures simples (linéaires) ou complexes (aromatiques, phtalates, etc.). Les plastifiants peuvent avoir différentes origines possibles : matériel de prélèvement, tube du piézomètre, présence d'ordures ménagères, etc.



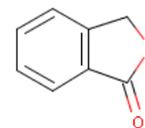
Diethyl Phthalate [USAN]
 CAS: 84-66-2



2-Butylcyclohexanone
 CAS: 1126-18-7



Isopropyl palmitate
 CAS: 142-91-6



Phthalide
 CAS: 87-41-2

Formules structurales de quelques composés détectés et identifiés par CPG/MS dans les échantillons issus de la Molasse alsacienne (Plet6, Plet8)

Les substances détectées par CPG/MS et ayant fait l'objet d'une proposition d'identification ne possèdent pas de valeurs guides dans l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites).

A l'exception des amines aromatiques, aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée.

□ Plet9bis

Ce piézomètre de 30 m de profondeur, situé au Nord-nord-est et en aval latéral de la décharge capte spécifiquement les sables argileux, les sables fins et les argiles de la Molasse alsacienne superficielle. Cet ouvrage a été créé au printemps 2007 et a fait l'objet d'un prélèvement au mois de juin.

Les analyses montrent **l'absence de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise** (concentrations toutes inférieures aux LIQ).

Parmi les substances recherchées (traceurs de la décharge, COHV, BTEX/CAV, HAP), la seule détectée à une concentration supérieure à la LIQ est le surfynol (0,3 µg/l). Concernant cette substance ubiquiste dont l'origine ne peut être attribuée à la décharge, nous renvoyons au rapport de la société BMG engineering d'août 2006 [39].

□ Puits « Calonego »

Ce puits de 8,0 m de profondeur capte vraisemblablement la partie superficielle de la Molasse alsacienne. Ce puits est intégré au programme de surveillance semestriel depuis octobre 2005 (il avait été prélevé par ailleurs en septembre 2001).

Durant la période d'observation de septembre 2001 à mars 2007, on note l'absence de composés traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 à des concentrations supérieures à 0,1 µg/l (Limite Inférieure de Quantification) dans les eaux du puits.

Des traces d'autres substances ont été détectées :

- du trichloréthylène de manière régulière (concentration maximale de 0,30 µg/l en octobre 2006). Ce composé est courant dans ces gammes de concentrations et dans les environnements urbanisés ;
- des xylènes (4,1 µg/l en septembre 2001). Les xylènes sont courants dans les hydrocarbures pétroliers ;
- du pentachlorophénol (0,14 µg/l en septembre 2001). Les pentachlorophénols ont été utilisés pour traiter le bois (c'est un biocide employé pour la conservation du bois en extérieur) comme ceux recouvrant la margelle du puits et formant la façade de la maison Calonego ;
- des traces de chlorobenzène en octobre 2005, et de 1-chloro-4-nitrobenzène en septembre 2001, détectées à une concentration égale à la LIQ (0,1 µg/l) n'ont pas été confirmées par les autres campagnes de surveillance. La probabilité d'un artefact analytique ou d'une contamination croisée n'est pas à exclure pour expliquer ces traces.

Une empreinte chromatographique de recherche des liaisons organiques par CPG / MS a été réalisée sur les eaux du puits prélevées lors de la campagne semestrielle de mai 2002 (points ES2).

Les extractions ont été réalisées à pH acide et basique. Cette empreinte chromatographique montrait, pour les eaux de la molasse prélevées sur le puits « Calonego » :

- ✓ l'**absence** de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise,
- ✓ la présence en traces (concentrations inférieures à 20 µg/l) de composés organiques ubiquistes :
 - de phtalates : plastifiants vraisemblablement issus du flaconnage,
 - d'alcanes (hydrocarbures),
 - d'acides organiques et d'alcools (composés pouvant résulter de la dégradation d'hydrocarbures),
 - de 2-pyrrolidinon.

Les substances détectées par CPG/MS en 2002 et ayant fait l'objet d'une proposition d'identification ne possèdent pas de valeurs guides dans l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites).

Aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée.

Ces résultats confirment la présence d'hydrocarbures et de l'influence probable sur ce puits des eaux de ruissellement de chaussée.

Rappelons que ce puits a fait l'objet d'une étude spécifique réalisée par la société CSD [63], qui aboutit sensiblement aux mêmes conclusions sur l'origine probable des substances détectées.

5.3.1.3. Conclusion

Le Tableau 24 précise les concentrations maximales observées pour les principaux composés recherchés et les LIQ retenues sur la période d'observation de mars 2001 à mars 2007, pour les piézomètres de la Molasse alsacienne (horizons superficiels) situés en aval (direct et latéral) par rapport à la décharge.

Ce tableau révèle une contamination diffuse de ces horizons aquifères par de faibles concentrations de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50. A l'exception du chlorobenzène, les concentrations n'excèdent pas 1 µg/l.

Les screenings sur les eaux des piézomètres Plet1, Plet2, Plet8 ont montré la présence de traces (moins de 1 µg/l) de quelques autres substances pouvant être, pour certaines, attribuées aux matériaux (par exemple plastifiants) des piézomètres et des équipements de prélèvement.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

Concentrations maximales observées (mars 2001 - mars 2007)	Plet2	Plet6	Plet8
Aniline	nd	0.14	0.2
2-Chloraniline	nd	0.16	0.1
2,4/2,5-Dichloraniline	nd	0.1	0.19
2,3-Dichloraniline	0.28	0.48	0.94
Trichloréthylène (TCE)	0.8	0.16	0.5
Tétrachloréthylène (PCE)	0.31	0.26	0.28
Chlorobenzène	0.5	1.3	2.2
1,4-Dichlorobenzène	nd	0.1	0.15
1,2-Dichlorobenzène	10*	nd	nd
2,4-Dinitrotoluène	0.14	nd	nd
4-Chlorphenylmethylsulfone	nd	0.1	nd
Heptabarbital	nd	0.72	nd
Somme des HAP	0.064	0.014	0.016
Toluène	0.26	0.17	0.15
Xylènes	0.12	0.12	nd
Surfynol	0.05	nd	nd
Bromures	110	320	nd

nd : non détecté

** pour une seule analyse sur 11, les autres restant inférieures à la LIQ (0,1 ou 0,5 µg/l)*

Tableau 24 : Contamination diffuse de la Molasse alsacienne (horizons superficiel) en aval direct et latéral de la décharge (en µg/l)

En ce qui concerne l'évolution des concentrations (cf. Figure 1), la charge organique est classiquement plus faible lors des basses eaux automnales que lors des hautes eaux printanières, suite aux apports générés par les pluies efficaces de l'hiver. En dehors de ces fluctuations saisonnières, les données disponibles ne permettent pas de mettre en évidence une tendance nette, si ce n'est une corrélation avec les variations interannuelles de l'intensité des pluies efficaces.

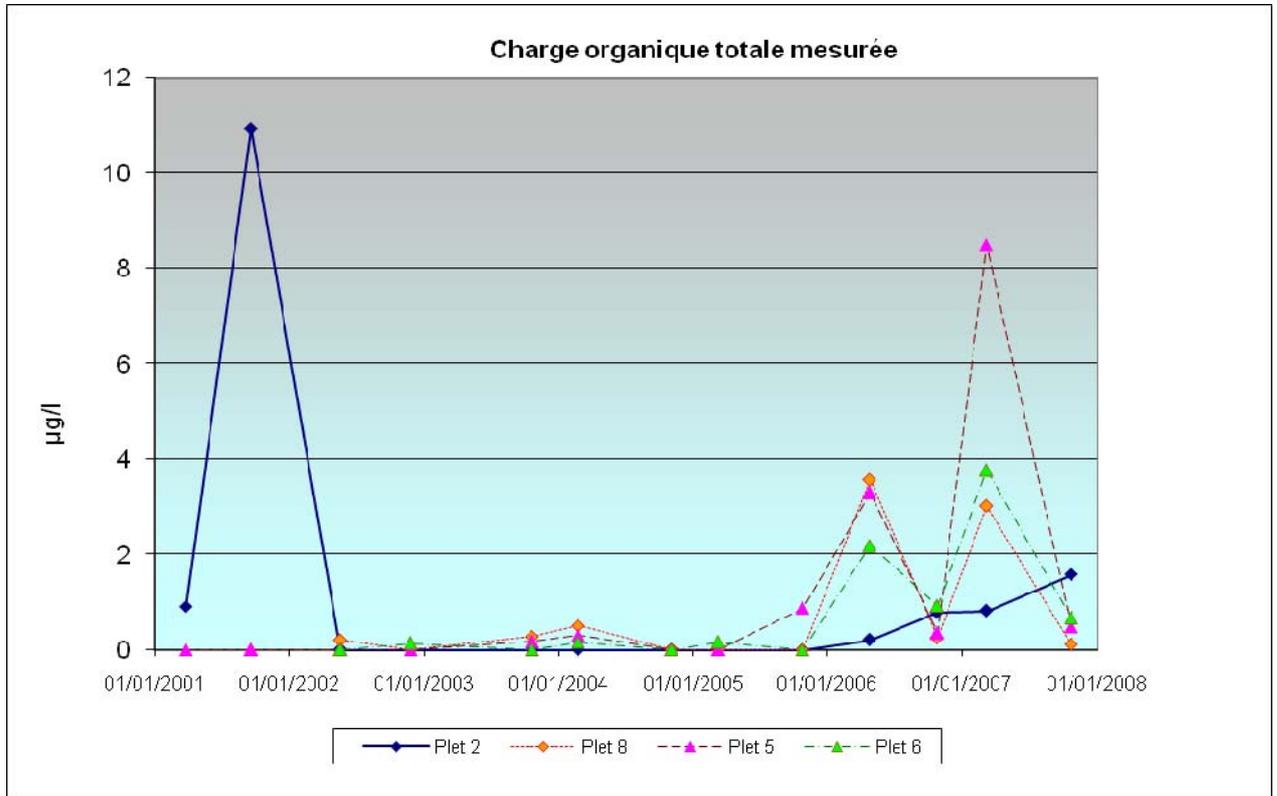


Figure 28 : Evolution des concentrations dans la Molasse alsacienne superficielle dans le proche environnement de la décharge

5.3.2. Qualité des eaux de la Molasse profonde AEP

Les résultats des analyses et mesures sont rassemblées de façon synthétique dans les tableaux joints en annexe G dans le volet 4 [51]. Les bordereaux analytiques dont ils sont tirés sont placés en annexe de chaque rapport de surveillance semestriel (cf. liste des rapports en annexe B).

- Piézomètre Plet9,
- Puits AEP « Kappelmatten ».

Ces points sont localisés sur la Figure 2 du volet 1 (rapport ANTEA [48]).

5.3.2.1. Paramètres généraux et composés inorganiques

Des analyses (cations et anions majeurs) ont été effectuées sur les eaux du puits AEP en mars 2001 [4] et en avril 2006 [44]. Les métaux (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) ont été analysés en mars 2007 [51].

Les concentrations en cations et anions majeurs mesurées dans les eaux de la Molasse alsacienne s'inscrivent dans le spectre hydrogéochimique régional caractéristique des eaux de la Molasse alsacienne (cf. annexe D du rapport ANTEA A24219/B de septembre 2001 [4] et rapport de surveillance ANTEA A44112/A de novembre 2006 [44]).

Les eaux sont dures, légèrement basiques, du type bicarbonaté calcique magnésien. La minéralisation est moyenne à accentuée (conductivité comprise entre $650 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ et $700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Les eaux sont faiblement à moyennement oxygénées. Le faciès hydrogéochimique est similaire à celui des eaux des piézomètres Plet5, Plet6, Plet8 et Plet9bis, captant un horizon intermédiaire de la Molasse alsacienne. Les eaux de la Molasse sont globalement plus magnésiennes que celles des Alluvions anciennes, qui sont nettement plus calciques.

Les concentrations en nitrates au sein de la Molasse profonde sont plutôt faibles (moins de 0,5 mg/l dans Plet9, de l'ordre de 6 mg/l sur l'AEP « *Kappelmatten* » en avril 2006).

La molasse profonde contient des traces de baryum, probablement d'origine naturelle (17 $\mu\text{g/l}$ sur Plet 9 et 93 $\mu\text{g/l}$ sur l'AEP « *Kappelmatten* »).

5.3.2.2. Composés organiques

□ Piézomètre Plet9

Ce piézomètre de 84 m de profondeur, situé au nord-nord-est de la décharge, a été placé en position intermédiaire entre la décharge et le captage AEP « *Kappelmatten* », et a été crépiné de manière à capter les mêmes horizons de la Molasse alsacienne que ce captage.

Il a été créé au printemps 2007 et a fait l'objet d'un prélèvement le 12 juin, suivi de 3 prélèvements lors du pompage d'essai réalisé le 7 août 2007 (prélèvement 1h, 4h30 et 9h après le début du pompage).

Ces analyses montrent l'absence de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 (concentrations toutes inférieures à 0,1 $\mu\text{g/l}$ – Limite Inférieure de Quantification-).

Parmi les substances recherchées (traceurs de la décharge, COHV, BTEX/CAV, HAP), les seules détectées à une concentration très légèrement supérieure à la LIQ sont le surfynol (0,11 $\mu\text{g/l}$ sur le prélèvement de juin 2007, alors que les résultats d'août sont restés inférieurs à la LIQ, qui est de 0,1 $\mu\text{g/l}$) et les m-/p-xylènes (0,15 $\mu\text{g/l}$ sur le prélèvement de juin).

Concernant le surfynol, substance ubiquiste dont l'origine ne peut être attribuée à la décharge, nous renvoyons au rapport de la société BMG engineering d'août 2006 [39].

Dans le cas des xylènes, rappelons qu'il ne s'agit pas d'un traceur spécifique des déchets chimiques et que cette substance rentre dans la composition de divers carburants et biocides.

□ Puits AEP « Kappelmatten »

Ce puits est intégré au programme de surveillance semestriel depuis mars 2001.

Durant la période d'observation de septembre 2001 à mars 2007, on note l'absence totale de composés traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 à des concentrations supérieures à 0,1 µg/l (Limite Inférieure de Quantification) dans les eaux du puits.

Des empreintes chromatographiques de recherche des liaisons organiques par CPG/MS ont été réalisées sur les eaux prélevées dans le captage AEP « *Kappelmatten* » de SCHÖNENBUCH lors des campagnes semestrielles de mai 2002 et novembre 2002, ainsi qu'en avril 2006.

Ces empreintes appellent les commentaires suivants :

- ✓ **absence de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise,**
- ✓ **présence en traces** (inférieures à 20 µg/l) de composés organiques répandus qui ne peuvent être attribués aux déchets de la chimie bâloise des années 50 :
 - phtalates : plastifiants,
 - alcanes et acides organiques (composés pouvant résulter de la dégradation d'hydrocarbures),
 - 2-pyrrolidinon et de surfynol.

Le screening réalisé en avril 2006 montrait en revanche **l'absence de composés organiques détectables par CPG/MS** à des concentrations supérieures 0,1 µg/l dans les eaux prélevées dans le captage AEP « *Kappelmatten* ».

Les substances détectées par CPG/MS en 2002 et ayant fait l'objet d'une proposition d'identification ne possèdent pas de valeurs guides dans l'ordonnance suisse sur les sites contaminés (OSites), ni de limites de qualité françaises pour les eaux destinées à la consommation humaine.

A l'exception du surfynol, aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée.

La problématique de l'occurrence du Surfynol dans le captage AEP « *Kappelmatten* » a fait l'objet d'une recherche systématique de ce composé tensio actif, sur l'ensemble du réseau de surveillance du Letten en avril 2006 (avec une LIQ de 0,05 µg/l). Ces informations ont été exploitées dans une étude menée par BMG Engineering en août 2006 [39], qui concluait notamment :

- qu'il peut être pratiquement exclu que cette substance ait été utilisée dans la production pendant la période d'utilisation de la décharge du Letten et que des déchets contenant cette substance aient pu être entreposés dans la décharge ;
- que la mise en évidence de cette substance lors de certaines analyses pouvait être causée par des traces de détergents restées dans les flacons utilisés pour l'échantillonnage.

Les traces de composés organiques détectés dans l'AEP et ayant fait l'objet d'une tentative d'identification des signaux CPG/MS ne peuvent être attribués aux émissions de l'ancienne décharge du Letten.

5.3.3. Conclusions

Les différentes campagnes de surveillance réalisées depuis mars 2001 sur les points d'accès aux eaux souterraines de la molasse alsacienne aux environs de site du Letten, montrent que :

- les eaux des horizons intermédiaires et superficiels de la Molasse alsacienne (au dessus de la cote + 310 m NGF) sont affectées par une contamination diffuse qui s'exprime par des traces (concentrations proches des LIQ), notamment en période de hautes eaux, de composés considérés comme des traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 : aniline, dichloraniline, heptabarbital, 4-chlorphénylméthyl sulfone, chlorobenzène et dinitrotoluène,
- les eaux de la partie profonde de la Molasse alsacienne (sous la cote + 310 m NGF) exploitées notamment par l'AEP « *Kappelmatten* » à SCHÖNENBUCH et captés par l'ouvrage Plet9, ne sont manifestement pas sous l'influence des déchets de la chimie bâloise présents dans la décharge.

6. Qualité des eaux superficielles et constat d'impact

6.1.1. Qualité des eaux du Lertzbach

Les résultats des analyses et mesures sont rassemblées de façon synthétique dans les tableaux annexés. Les bordereaux analytiques dont ils sont tirés sont placés en annexe de chaque rapport de surveillance semestriel (cf. liste des rapports en annexe B, dans le volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

D'amont en aval, l'évaluation des impacts de la décharge du Letten sur le Lertzbach s'est basée sur deux à trois points d'observation :

- **Point Galg Amont** (en amont direct de l'ancienne décharge du Galgenrain), prélevé les 25 février et 25 avril 2006,
- **Point Lertz amont** (en aval direct de l'ancienne décharge du Galgenrain et en amont de l'ancienne décharge du Letten), intégré au programme de surveillance semestriel depuis novembre 2002,
- **Point Lertz aval**, anciennement ES1 (en aval de l'ancienne décharge du Letten, à hauteur du puits AEP « *Kappelmatten* »), intégré au programme de surveillance semestriel depuis novembre 2002.

Ces points sont localisés sur la Figure 2 du volet 1.

6.1.1.1. Paramètres généraux et composés inorganiques

Des analyses (cations et anions majeurs) ont été effectuées en mars 2001 [4] et en avril 2006 [44]. Les métaux (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) ont été analysés en mars 2007 [51].

Ces eaux, de pH basique, possèdent un faciès bicarbonaté calcique propres aux cours d'eau de la région, drainant les Alluvions anciennes des plateaux, les Cailloutis du Sundgau et la Molasse alsacienne. Le Lertzbach présente des indices de contamination par les eaux usées domestiques.

6.1.1.2. Composés organiques

□ Analyses ciblées

Les analyses ciblées réalisées entre septembre 2001 et mars 2007 n'ont pas révélé la présence de composés traceurs des déchets de la chimie suisse des années 50, à des concentrations supérieures à la LIQ (0,1 µg/l) à l'exception d'occurrences sporadiques :

- de 4-Chlorphenylmethylsulfone détectée à hauteur de 0,14 µg/l (LIQ égale à 0,1 µg/l) en octobre 2003 au niveau des points Lertz amont et Lertz aval. L'absence de différence amont-aval suggère une erreur analytique ou une origine indépendante de la décharge du Letten ;
- en septembre 2001, détection de 2,6-dinitrotoluène dans les eaux du Lertzbach au niveau du point Lertz aval, à une concentration de 0,1 µg/l, égale au seuil de quantification analytique. Un artefact analytique n'est pas à exclure dans cette gamme de concentration.

D'autres substances ont également été détectées sporadiquement :

- trichloréthylène (TCE), en avril 2006, à une concentration de 698 µg/l au point Lertz amont et 11 µg/l au point Lertz aval. Le TCE est accompagné en Lertz amont en avril 2006 par des traces de cis-1,2-dichloréthylène (0,63 µg/l). Le trichloréthylène est un composé rencontré dans les milieux sous influence de l'activité humaine. Ce composé n'a pas été mis en œuvre par la chimie bâloise des années 50 et de fait ne constitue pas une substance spécifique traceur des éventuelles émissions issues de la décharge du Letten.

Ces concentrations particulièrement élevées pour des eaux de surface et confirmées à plusieurs reprises sur des doublons (d'avril 2006) par le laboratoire, restent inexplicables. La campagne de prélèvements effectuée en mai 2006 sur le cours du Lertzbach n'a pas confirmé cette observation (teneurs en TCE et CIS inférieures à 0,1 µg/l).

A noter que les prélèvements de la première campagne du printemps 2006 sur le cours du Lertzbach (avril 2006) ont été effectués au moment de fortes pluies à caractère orageux, ce qui s'est traduit par une turbidité et un pic de débit (non quantifié) du Lertzbach.

- atrazine détectée à l'état de traces (inférieure à 0,5 µg/l) sur les trois échantillons prélevés dans le cours du Lertzbach en mai 2006.

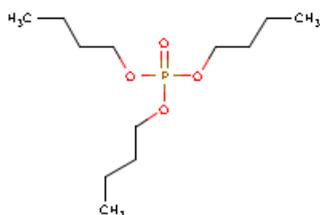
□ Screening CPG/MS

Les échantillons d'eau du Lertzbach (Lertz Amont et Lertz Aval) prélevés en avril 2006 ont fait l'objet d'une recherche des liaisons organiques par CPG/MS après double extraction (pH 2 et pH 9).

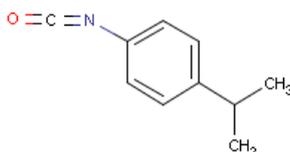
Une synthèse en est donnée dans le tableau récapitulatif joint en annexe H du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

Les résultats du screening appellent les commentaires suivants :

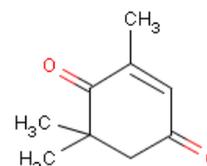
- parmi les molécules qui ont été détectées par screening, seules deux n'ont pu être identifiées,
- les substances détectées et identifiées par le screening sont essentiellement des cétones aromatiques, des phtalates et des isocyanates. De tels composés ne peuvent être considérés comme des traceurs indiscutables des déchets de la chimie bâloise des années 50 (cf. Formules structurales ci-dessus). Il s'agit de composés qui entrent dans la composition des plastiques, des produits d'entretien ménagers, des huiles, etc, ou de leurs produits de dégradation,



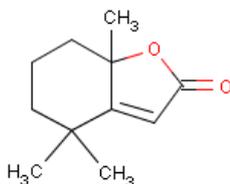
Tributyl phosphate
 CAS: 126-73-8



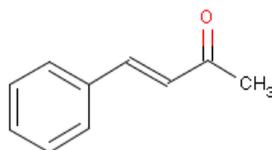
p-Isopropylphenyl isocyanate
 CAS : 31027-31-3



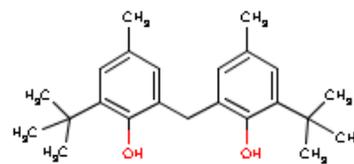
2,6,6-Trimethylcyclohex-2-ene-1,4-dione
 CAS: 1125-21-9



Dihydroactinidiolide
 CAS: 17092-92-1



Benzylideneacetone
 CAS: 122-57-6



Advastab 405
 CAS: 119-47-1

- les plus fortes concentrations observées sont celles du 4-Isopropylphenylisocyanate, détectées à l'amont comme à l'aval de la décharge du Letten. Il s'agit d'un composé qui entre dans la synthèse des herbicides¹⁴. Les autres composés détectés sont majoritairement présents à l'état de traces (2 µg/l),
- aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée,
- les analyses par screening réalisées sur le Lertzbach soulignent la pertinence du programme analytique ciblé appliqué pour la surveillance périodique des eaux de l'environnement du site du Letten.

□ Conclusions

Les principaux composés organiques détectés au niveau de la zone de réinfiltration des eaux du drain n°2 au sein de la partie superficielle de la Molasse alsacienne (barbituriques, amines aromatiques, TCE) n'ont pas été détectés dans le Lertzbach.

Le Lertzbach drainant ces eaux, l'abattement des concentrations de l'ordre de la centaine de µg/l (drain n°2) sous la limite de détection (Lertzbach) peut être attribué à un effet de dilution par les eaux souterraines, puis superficielles et / ou la dégradation des composés organiques en conditions aérobies dans ces eaux.

Les analyses par screening mettent en évidence une contamination des eaux du Lertzbach par des activités humaines situées en amont hydraulique (en particulier en aval d'HAGENTHAL-LE-BAS) et confirment l'absence d'impact sensible de la décharge du Letten sur le Lertzbach.

6.1.2. Système de drains du Letten

Les résultats des analyses et mesures sont rassemblées de façon synthétique dans les tableaux placés en annexe G dans le volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]). Les bordereaux analytiques dont ils sont tirés sont annexés à chaque rapport de surveillance semestriel (liste des rapports en annexe B dans le volet 4 [51]).

¹⁴ http://www.bgchemie.de/webcom/show_article.php/_c-85/_nr-70/i.html

Les points de surveillance concernés se résument comme suit (cf. Figure 2 du volet 1, rapport ANTEA A46162/A [48]) :

- **Point Drain n°1** (le drain n°1 a été dégagé par un sondage à la pelle le 17 décembre 2002). Le drain a été prélevé à cette seule et unique occasion,
- **Point Drain n°2** (il s'agit de la flaque de 50 cm x 50 cm qui apparaît ponctuellement et temporairement au débouché du drain n°2 dans l'ancien canal du Moulin). Ce point a été prélevé 11 fois entre juin 2002 et mars 2007 et a été intégré au programme de surveillance.

6.1.2.1. Paramètres généraux

Les eaux issues du drain agricole n°2, limpides, incolores et inodores, présentent un pH légèrement basique, proche de la neutralité et une bonne oxygénation (de 6 à 7 mg O₂/l). La conductivité électrique à 20 °C est élevée (1 120 µS/cm en moyenne) attestant d'une forte minéralisation de ces eaux.

Les eaux du drain n°1 présentent une minéralisation moindre : la conductivité électrique s'élève à 845 µS/cm. Ces eaux sont également limpides, incolores et inodores.

Les métaux et cations et anions majeurs n'ont pas été recherchés sur les eaux du drain n°1 et du drain n°2. Le drain n°1 n'a été dégagé qu'en décembre 2002 et le drain n°2 était à sec lors de la programmation des prélèvements.

6.1.2.2. Composés organiques

□ Analyses ciblées du drain n°1

S'agissant de contrôler l'occurrence de composés issus de la décharge dans un secteur où *a priori*, aucun impact de l'ancienne décharge n'était pressenti, seules les amines aromatiques et les COHV, composés mobiles et traceurs de la décharge (selon l'état des connaissances en 2002), ont été recherchés.

Les eaux du drain n°1 reconnu par sondage (échantillon COLLU) présentent des traces de dichloroanilines avec une concentration cumulée de ces espèces inférieures à 1 µg/l.

□ **Analyses ciblées du drain n°2**

Les eaux du drain n°2 présentent plusieurs composés caractéristiques des déchets de la chimie bâloise des années 50. Ces composés sont dominés par l'heptabarbital, les amines aromatiques, la 4-chlorphénylméthylsulfone, et les chlorobenzènes. Ces traceurs des déchets sont accompagnés par le trichloréthylène (composé fréquemment rencontrés dans les eaux dans ces gammes de concentration).

La Figure 29 présente les concentrations moyennes et maximales sur les 11 mesures réalisées entre juin 2002 et mars 2007, pour chacune des substances recherchées et détectées à des concentrations supérieures à la LIQ.

Cette signature hydrochimique, basée sur les analyses ciblées, est comparable à celle de Plet6bis avec néanmoins un abattement de 20 % à plus de 99 % environ de la concentration totale et un abattement préférentiel en composés les plus volatils (COHV et chlorobenzène) entre les eaux du compartiment bas des Alluvions anciennes (Plet6bis) et l'exutoire du drain n°2.

Dans ce graphique, les valeurs moyennes doivent être considérées comme des valeurs par excès, ne prenant pas en compte les valeurs inférieures à la limite de détection.

La charge organique totale mesurée sur la période d'observation oscille entre 4 µg/l et 107 µg/l. La concentration en bromures des eaux prélevées varie de 170 à 340 µg/l.

□ **Screenings de juillet et novembre 2002**

Trois recherches des liaisons organiques par CPG/MS ont été réalisées, avec une extraction neutre ou basique, sur les eaux du drain n°2 : les 09 juillet et 27 novembre 2002, le 13 juin 2006.

Les résultats des screening de juillet et novembre 2002 sont détaillés dans les tableaux joints en annexe H7 dans le volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]).

Ces empreintes montrent la présence de nombreuses liaisons organiques majoritairement en traces, composés pour l'essentiel apparentés aux amines aromatiques et aux sulfonamides.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

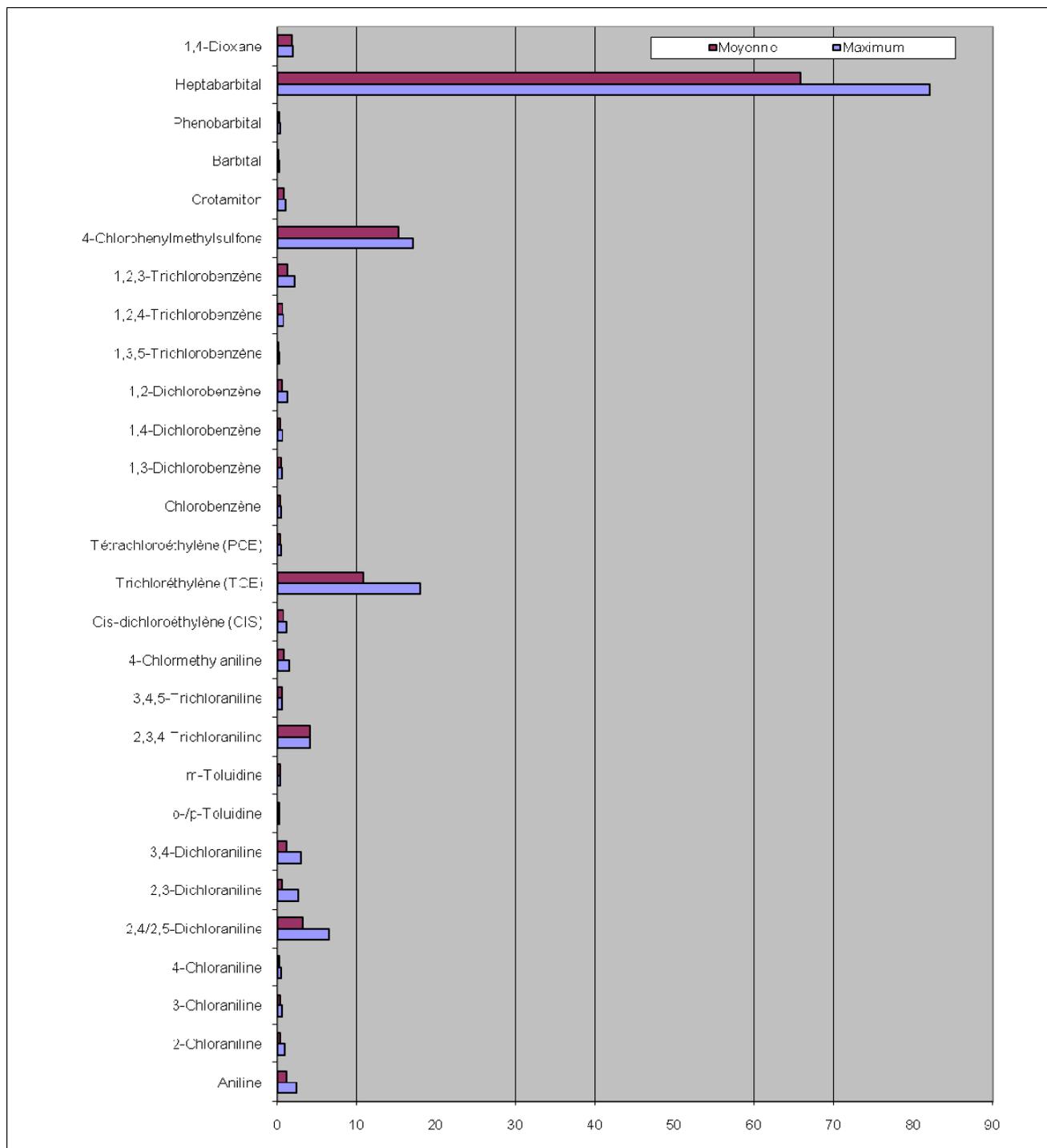
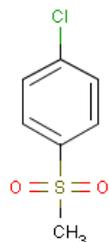
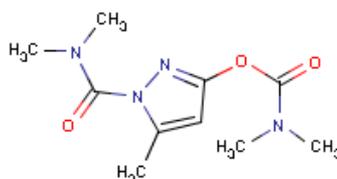


Figure 29 : Signature hydrochimique en composés organiques du drain n°2 (analyses entre juin 2002 et mars 2007)

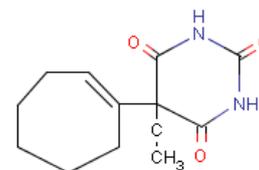
Les formules structurales de quelques composés détectés et identifiés par CPG/MS dans le drain n°2 en juillet et novembre 2002 sont présentées ci-après.



4-Chlorophenyl methyl sulfone
 CAS: 98-57-7

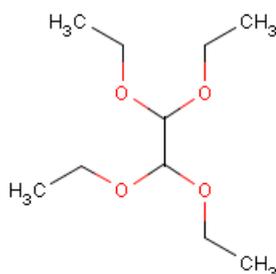


Dimetilan
 CAS: 644-64-4

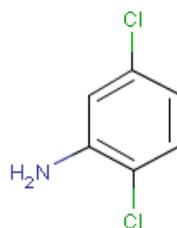


Heptabarbital
 CAS: 509-86-4

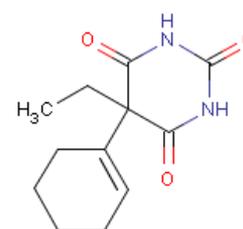
Formules structurales de quelques composés détectés et identifiés par CPG/MS dans le drain n°2 en juillet 2002



1,1,2,2-Tetraethoxyethane
 CAS: 3975-14-2



2,5-Dichloroaniline
 CAS: 95-82-9



Cyclobarbital [INN]
 CAS: 52-31-3

Formules structurales de quelques composés détectés et identifiés par CPG/MS dans le drain n°2 en novembre 2002

Des barbituriques (heptabarbital) et leurs métabolites ont été détectés avec des concentrations pouvant atteindre 80 µg/l. Ces composés constituent de bons traceurs des déchets de la chimie bâloise de cette époque.

Ces composés sont associés à un vaste panel d'autres substances aromatiques ou polyaromatiques, homocycliques ou N-hétérocycliques à fonction(s) cétone(s), amine(s) ou amide(s).

A l'exception des dichloranilines, de la chlorméthylaniline, du surfynol et des barbituriques, aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée.

Les eaux du drain n°1 dégagé au Nord du drain principal présentent des traces de dichloranilines à des concentrations inférieures à 1µg/l. Les COHV et CAV n'ont pas été détectés à des concentrations supérieures à la LID (0,5 µg/l).

□ Screening de juin 2006

Les résultats du screening réalisé après double extraction (pH 2 et 9) sur un échantillon du 13 juin 2006 sont détaillés dans les tableaux joints en annexe H7 dans le volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]). Une synthèse est présentée dans les tableaux suivants.

		Structure détectée et identifiée	Structure partiellement identifiée	Structure inconnu
pH 9	nombre de substances	6	9	11
	nombre total	26		
	proportion	23%	35%	42%
pH 2	nombre de substances	10	14	13
	nombre total	37		
	proportion	27%	38%	35%

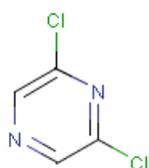
Tableau 25 : Résultats des screenings du drain n°2 de juin 2006 – Synthèse

Plage des concentrations estimées			
	Valeur basse	valeur équivalente. Surface du signal	valeur haute
Unité	µg/l	µg/l	µg/l
pH 9	30.4	41.5	68.1
pH 2	43.8	86.4	172.8

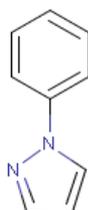
Tableau 26 : Plages de concentrations obtenues par screening du drain n°2 de juin 2006

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

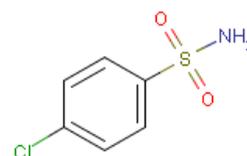
A 47000/A



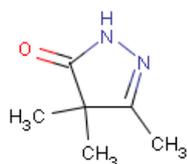
Pyrazine, 2,6-dichloro-
 CAS: 4774-14-5



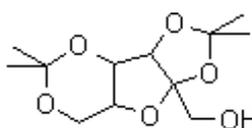
1-Phenylpyrazole
 CAS: 1126-00-7



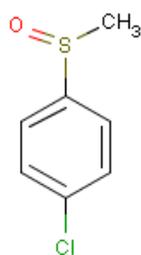
4-Chlorobenzylsulfonamide
 CAS : 7199-35-4



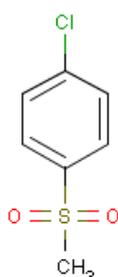
2,4-Dihydro-4,4,5-trimethyl-
 3H-pyrazol-3-on
 CAS : 3201-20-5



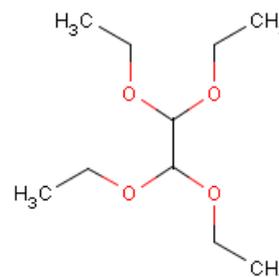
(2,2,5,5-Tetramethyl-tetrahydro-1,3,4,6,8-pentaoxa-
 cyclopenta[a]inden-8a-yl)-methanol



1-Chlor-4-(methylsulfinyl)-benzène
 CAS: 934-73-6



Chlor-methylsulfonylbenzène
 CAS: 98-57-7



1,1,2,2-Tetraoxyéthane
 CAS: 3975-14-2

Formules structurales de quelques composés détectés et identifiés par CPG/MS
 dans le drain n°2 en juin 2006

Les résultats du screening de juin 2006 appellent les commentaires suivants :

- 26 molécules détectées par screening à pH 9 et 37 à pH 2,
- environ un tiers des molécules détectées identifiées, les 2/3 étant inconnues ou partiellement identifiées,
- charge organique totale mise en évidence par screening comprise entre environ 45 µg/l et 190 µg/l. La charge organique totale mise en évidence par les analyses ciblées par famille de composés au printemps 2006 est de l'ordre de 70 – 80 µg/l,
- substances détectées par le screening de juin 2006, non détectées jusqu'à cette date dans les eaux du drain n°2, représentées par des amides, sulfones et sulfonamides aromatiques et des composés construits sur des cycles pyroles ou pyridines (N – hétérocycles),
- 2,2,5,5-tétramethyltétrahydro-1,3,4,6,8-pentaoxa-cyclopenta[a]-inden-8a-yl)-méthanol détecté à une plage de concentrations de [5-20] µg/l : cette molécule est un composé qui est utilisé comme intermédiaire pour la synthèse des sucres. Elle a fait l'objet de brevets déposés dans les années 80,
- 1,1,2,2-tétraoxyéthane qui est un solvant,
- confirmation de la présence de barbituriques apparentés à l'heptabarbital ou au cyclobarbital,
- à l'exception des amines aromatiques chlorées, de la 4-chlorphénylméthylsulfone, des barbituriques, du crotamiton, aucune tentative d'identification des signaux des screenings CPG/MS n'a été confirmée par une analyse ciblée,
- screenings confirmant la pertinence du programme analytique ciblé appliqué pour la surveillance périodique des eaux de l'environnement du site du Letten. Ces résultats sont cohérents avec les screenings obtenus en juillet et novembre 2002.

Interprétation des screenings

Les substances ici détectées par screening (non détectées par les analyses ciblées) sont représentées par des composés souvent complexes, essentiellement monoaromatiques à fonction(s) amide(s), sulfone(s) et sulfonamide(s). On y retrouve par ailleurs des composés construits sur des cycles pyroles ou pyridines (N – hétérocycles).

Certaines structures sont proches des barbituriques et de certains colorants de synthèse (molécules à liaisons doubles conjuguées et cycles insaturés, de type chromophores). Ce type de molécules a également été rencontré dans les eaux de Plet6bis. Jusqu'à 37 molécules ont été détectées à pH 2 dans le seul screening de juin 2006 sur le drain n°2. Environ un tiers des molécules détectées a été identifié, les 2/3 restant étant inconnus ou partiellement identifiés.

La charge organique totale mise en évidence par screening est comprise entre environ 45 µg/l et 190 µg/l (juin 2006), alors que la charge organique totale mise en évidence par les analyses ciblées par famille de composés au même moment est de l'ordre de 70 – 80 µg/l,

On retrouve dans les eaux du drain n°2 une partie des substances organiques identifiées dans le compartiment bas des Alluvions anciennes des plateaux mais avec des rapports de concentrations entre espèces différents : **les espèces dominantes dans le drain n°2 correspondent aux espèces les plus persistantes reconnues dans Plet6bis. L'abattement des concentrations observé est de 10 à 200 par rapport aux eaux de Plet6bis. Cet abattement est d'autant plus important que les espèces sont facilement dégradables (aniline, monochloroanilines) en conditions aérobies (les eaux du drain n°2 sont oxygénées).**

Le drain n°2 constitue clairement un exutoire des eaux contaminées du compartiment bas des Alluvions anciennes des plateaux. L'abattement des concentrations observé entre l'aquifère et les eaux du drain peut être lié à un effet de dilution et de dégradation aérobie le long du trajet du drain.

6.1.3. Autres eaux superficielles

6.1.3.1. Rejet Lertzbach

Il s'agit du fossé de déversement de la source Sud dans le Lertzbach, situé à 150 mètres au Sud-Ouest de la décharge du Letten. Ce fossé est raccordé au fossé du Moulin. Les eaux qui s'écoulent dans ce fossé (débit observé inférieur à 2-3 litres/minute) ont été prélevées le 18 juillet 2002.

S'agissant de contrôler l'occurrence de composés issus de la décharge dans un secteur où *a priori* aucun impact de l'ancienne décharge n'est supposé, seules les amines aromatiques et les COHV, substances mobiles et traceurs de la décharge (selon l'état des connaissances en 2002), ont été recherchées.

Les analyses réalisées n'ont pas mis en évidence de composés traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 à des concentrations supérieures à la LIQ appliquée (0,1 µg/l ou 0,5 µg/l selon les espèces).

6.1.3.2. *EcEPI*

Il s'agit d'eau des écoulements hypodermiques enoyant en période de hautes eaux les champs situés à l'Ouest de la décharge du Letten (entre Plet1 et Plet2). Les eaux ont été prélevées le 27 novembre 2002.

Les analyses ciblées réalisées n'ont pas mis en évidence la présence de composés traceurs des déchets de la chimie bâloise à des concentrations supérieures à la LIQ appliquée (0,1 µg/l ou 0,5 µg/l selon les espèces).

7. Mécanismes de transfert des substances contenues dans les déchets

7.1. Mise en évidence de transferts verticaux de polluants

Des composés traceurs des déchets de la chimie bâloise des aménés 50 ont été détectés dans la Molasse alsacienne dans des ouvrages captant cette formation entre 15 et 25 m de profondeur, soit 5 à 6 m sous la base des Alluvions et 20 m sous la base de la décharge. **La présence de ces composés est donc liée à un transfert de masse de polluants depuis l'ensemble Alluvions / décharge vers la Molasse alsacienne.**

Par ailleurs, le sondage Plet11, situé au pied et à l'Ouest de la décharge montre que les substances issues des déchets ont migré dans les sables et graviers des alluvions anciennes situés sous les argiles compactes sur lesquelles reposent l'essentiel des déchets chimiques (cf. Figure 11). Ces argiles ne sont pas polluées au niveau de ce sondage. Les graviers sont aquifères.

Cette configuration verticale de la pollution au pied de la décharge témoigne d'un transfert vertical des substances contenues dans les déchets au travers de zones perméables à ces substances. Le sondage Plet10, situé sur la plate forme de la décharge, apporte un élément de réponse.

Il est constaté au droit de ce sondage une absence des argiles compactes observées au droit de la décharge par où se déverse la nappe des Alluvions anciennes (compartiment haut) ayant transité en partie dans les déchets chimiques en hautes eaux¹⁵ (cf. Figure 11).

¹⁵ Plet10 sépare un domaine amont dans lequel les terrains et matériaux en remblais sont aquifères (Plet5ter, Plet5bis, Plet10) d'un domaine aval dans lequel les déchets reposant sur l'argile compacte sont secs.

Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer la présence de composés issus de la décharge dans la Molasse alsacienne et l'évolution des concentrations constatées :

- migration verticale d'une phase organique dense et non miscible (DNAPL¹⁶) sous l'effet de la gravité,
- migration verticale sous forme dissoute par convection, sous l'effet des gradients de pression entre les Alluvions / décharge et la Molasse alsacienne,
- migration verticale sous forme dissoute par diffusion, sous l'effet des gradients de pression entre les Alluvions / décharge et la Molasse alsacienne.

7.2. Mise en évidence de transferts latéraux de polluant

Les analyses effectuées dans l'environnement proche de la décharge du Letten ont mis en évidence la présence de composés traceurs des déchets de la chimie bâloise en aval hydraulique, mais également, sous forme de traces, en position latérale vis à vis de la décharge, dans les Alluvions anciennes et dans la Molasse alsacienne sous jacente.

Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer la présence de composés issus de la décharge et l'évolution des concentrations constatées :

- migration latérale d'une phase organique dense et non miscible (DNAPL) sous l'effet de la gravité, suivant les contrastes latéraux des perméabilités (effet de chenal),
- migration latérale sous forme dissoute par convection, sous l'effet des gradients de pression, et suivant les contrastes latéraux des perméabilités (effet de chenal). Il s'agit de l'hypothèse d'un dôme piézométrique centré sur la décharge et de ligne de courant temporairement divergentes,
- migration latérale sous forme dissoute par diffusion, sous l'effet des gradients de concentration.

7.3. Modèle hydrogéologique

Les investigations et observations effectuées depuis mars 2001 sur le site du Letten ont permis de créer le modèle hydrogéologique présenté sur la Figure 21.

¹⁶ Dense Non Aqueous Liquid Phase.

Le plan coté de terrain à l'échelle du site est placé en annexe E dans le volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]). Ce modèle constitue la base de travail pour la présente étude.

7.4. Discussions concernant les mécanismes de migration verticale

7.4.1. Discussion relative à la présence d'une phase libre plongeante

7.4.1.1. Description du phénomène

Les composés détectés dans la décharge et dans son proche environnement susceptibles de s'exprimer sous forme d'une phase organique dense à comportement de plongeant appartiennent aux familles des chlorobenzènes, des COHV (PCE et TCE) et des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

Ces composés sont moyennement à faiblement solubles et volatils à semi volatils. Le comportement d'une telle phase organique plongeante (supposée en masse suffisante pour pénétrer l'aquifère jusqu'à sa base) est le suivant :

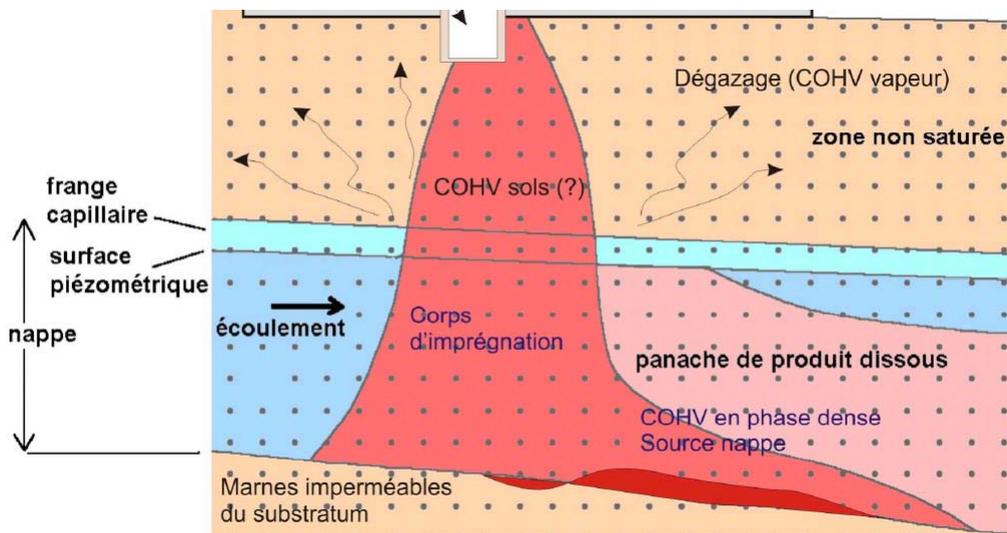


Figure 30 : Comportement d'une phase organique volatile DNAPL, schéma de principe

Le mécanisme est l'infiltration sous l'effet de la gravité. La migration verticale peut s'effectuer en escalier dans des terrains présentant une distribution verticale hétérogène des perméabilités.

7.4.1.2. L'apport des sondages et piézomètres

Aucune phase dense n'a été observée dans les différents piézomètres du secteur d'étude. Aucune phase n'a été reconnue lors des sondages effectués jusqu'à l'assise de la décharge ou la base argileuse des Alluvions anciennes.

Les sables et graviers situés sous les argiles du Letten saines, en aval hydraulique direct de la décharge (piézomètre Plet11) présentent une contamination organique sur toute sa hauteur, témoignant de transferts horizontaux dans les graviers et verticaux au travers d'une fenêtre dans les argiles.

Cette fenêtre graveleuse (Plet10) est saturée en eau. Dans cette configuration, la contamination de plus de 6 m (cf. coupe hydrogéologique Figure 21) de zone non saturée par une phase organique dense et sa migration latérale suivant la pente du substratum peut être avancée comme une hypothèse *a priori* pertinente.

7.4.1.3. L'apport des gaz du sol

Les plus fortes concentrations en chlorobenzène et COHV dans les gaz du sol se rencontrent en Plet11, dans les sables et graviers situés sous les argiles du Letten, formant l'assise de la décharge.

La présence de fortes concentrations en PCE, TCE et chlorobenzènes, en aval hydraulique de la décharge, sous les argiles compactes de l'assise de la décharge, à proximité immédiate de la zone saturée, peut constituer un indice d'une migration verticale, puis latérale d'une phase organique chlorée issue des déchets.

7.4.1.4. L'apport des eaux souterraines au sein de la décharge

Les analyses des eaux au sein de la décharge du Letten montrent que le sondage Plet10 est sous l'influence de la partie ancienne de la décharge avec des amines aromatiques et des chlorobenzènes. Le piézomètre Plet11, situé au pied de la partie récente, est plus chargé en amines aromatiques alors que les concentrations en chlorobenzène varient peu par rapport au Plet 10. Par ailleurs, on constate sur le Plet11 la présence de substances médicamenteuses (barbituriques et 4-chlorophénylméthylsulfone), accompagnés par les solvants chlorés.

Ceci confirme qu'il y a deux types de chimies au sein de la décharge du Letten. Ce serait surtout la partie récente de la décharge qui altérerait la qualité des eaux souterraines.

7.4.1.5. *En conclusion*

Aucune phase organique chlorée DNAPL n'a été observée. Sa présence sous forme résiduelle et piégée à petite échelle dans la porosité des terrains n'est toutefois pas à exclure.

7.4.2. *Transfert convectif sous forme dissoute*

Il s'agit d'un transfert de masses d'eau sous l'effet de gradients de potentiels piézométriques. Les molécules organiques dissoutes sont véhiculées par ce flux. L'hétérogénéité du milieu poreux dans lequel s'effectue l'écoulement des eaux conduit à une dispersion des masses de polluants (et donc à une dilution des concentrations).

Les interactions des molécules avec la surface des particules solides, constituant le squelette du réservoir, et notamment les phénomènes de sorption/désorption, conduit à des effets de retard des molécules par rapport à l'eau.

La nappe de la Molasse, sous couverture argileuse au droit de la décharge, possède un comportement de nappe captive à semi-captive. La charge ascensionnelle estimée est de l'ordre de + 5,0 m. La différence des niveaux piézométriques observée entre la Molasse et les Alluvions anciennes des plateaux (différences de potentiel) est de l'ordre de + 9,0 m. La différence de charge résultante pourrait être à l'origine de flux de drainance per descensum des Alluvions anciennes vers la Molasse.

Les vitesses effectives d'écoulements déduites de la loi de Darcy sont données par la relation :

$$Vé = k_v \times i / w$$

Avec :

- Vé : Vitesse effective en m/s
- k_v : Perméabilité verticale de Darcy en m/s
- i : Gradient hydraulique moyen (sans unité)
- w : porosité cinématique (sans unité)

On rappelle que la perméabilité verticale d'une formation est inférieure à sa perméabilité horizontale.

En considérant les hypothèses suivantes :

- alluvions séparées par au moins 15,0 m d'argiles (perméabilité horizontale entre 10^{-9} m/s et 10^{-11} m/s) des premiers horizons aquifères de la Molasse,
- différence de charge verticale de 9 m,
- porosité cinématique des argiles de 10 %,

il est possible d'approcher les vitesses de drainance *per descensum*.

On rappelle que la perméabilité verticale d'une formation est inférieure à sa perméabilité horizontale (d'un facteur 10 environ). Un calcul des vitesses de drainance *per descensum* est proposé dans le cf. Tableau 27 ci après.

Lithologie	Argile	Argile sableuse	Sables fins argileux/limons	Sables fins
Perméabilité horizontale de Darcy Kh (m/s)	$1.0 \cdot 10^{-11}$	$1.0 \cdot 10^{-09}$	$1.0 \cdot 10^{-07}$	$1.0 \cdot 10^{-05}$
Rapports des perméabilités Kh/Kv (-)	10	10	10	10
Perméabilité verticale de Darcy Kv (m/s)	$1.0 \cdot 10^{-12}$	$1.0 \cdot 10^{-10}$	$1.0 \cdot 10^{-08}$	$1.0 \cdot 10^{-06}$
Porosité cinématique, w (-)	0.1	0.1	0.1	0.1
Différence de charge, i (m)	9	9	9	9
Epaisseur de l'horizon (m)	15	15	15	15
Gradient vertical des pressions (-)	0.6	0.6	0.6	0.6
Vitesse effective (m/s)	$6.0 \cdot 10^{-12}$	$6.0 \cdot 10^{-10}$	$6.0 \cdot 10^{-8}$	$6.0 \cdot 10^{-6}$
Vitesse effective (m/jour)	$5,2 \cdot 10^{-7}$	0.000052	0.0052	0.52
Temps nécessaire pour parcourir 5 m	(env. 80000 ans)	289 352 j (env. 800 ans)	2 893 j (env. 8 ans)	29 j

Tableau 27 : Vitesses verticales de drainance estimées

On constate que les vitesses et les flux verticaux au sein des horizons argileux sont très faibles, voire négligeables. Pour des niveaux plus perméables, une vitesse de l'ordre de 0,5 m/jour peut être atteinte, à supposer que le gradient de charge observé se maintient. Dans ce cas, un flux vertical peut exister entre les Alluvions / décharge et la partie supérieure de la Molasse alsacienne, par exemple à la faveur de fenêtres de perméabilité (lentilles de sables fins par exemple).

Ces flux de drainance *per descensum* peuvent entraîner avec eux des polluants présents dans les Alluvions anciennes des plateaux et/ou le corps de la décharge.

Si on considère la configuration de l'ancienne décharge du Letten suivante :

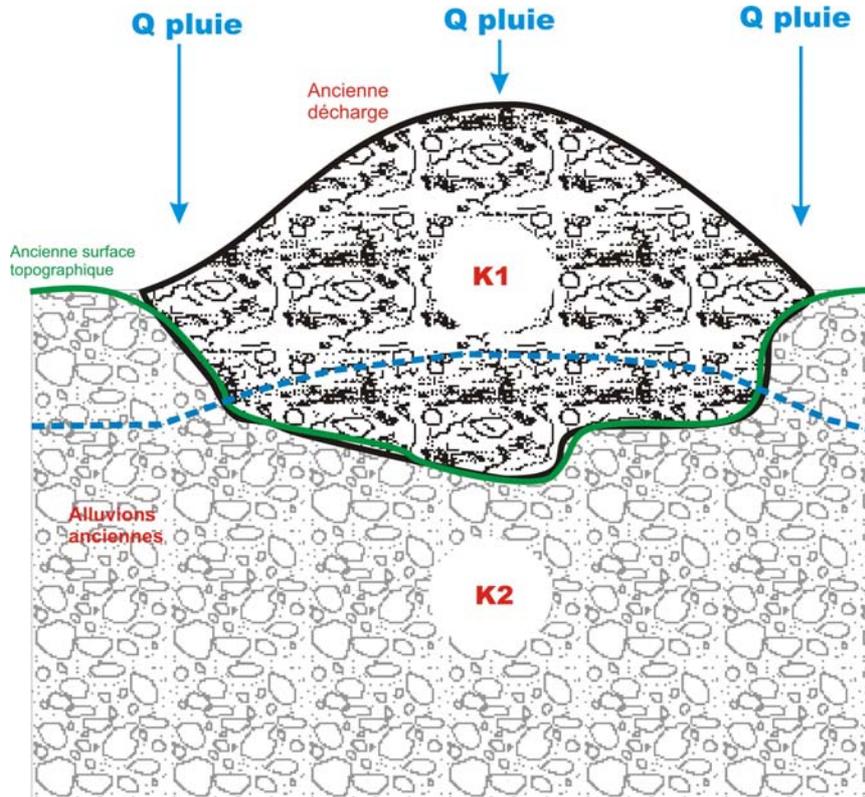


Figure 31 : Effet de mise en charge des Alluvions et de la décharge en période de pluie, hypothèse du dôme piézométrique

- décharge comblant l'ancienne exploitation du Letten, puis s'avancant sur la pente vers le Nord,
- pluie efficace considérée comme identique sur l'ensemble de la surface du site (on néglige le ruissellement),
- décharge présentant une perméabilité de Darcy k_1 inférieure à la perméabilité des Alluvions encaissantes k_2 ,
- Q_1 étant le débit infiltré sur la surface A de la décharge et Q_2 le débit infiltré sur une surface A équivalente des Alluvions au contact de la décharge,

- i_1 , le gradient des écoulements au sein de la décharge et i_2 le gradient des écoulements au sein des Alluvions au contact de la décharge,

On a $Q_1 = Q_2$

$$k_1.A.i_1 = k_2.A.i_2$$

$$k_1.i_1 = k_2.i_2 \text{ qui avec } k_1 < k_2$$

$$i_2 < i_1$$

En période de forte pluviométrie, l'hypothèse d'un dôme piézométrique dans la nappe des Alluvions, centré sur la décharge du Letten est envisageable. De ce dôme divergent les lignes de courant, accentuant les différentiels de charge entre l'ensemble Alluvions / décharge et la Molasse alsacienne sous jacente.

Dans ces conditions, le flux de drainance *per descensum* généré par cette situation est susceptible d'induire un apport supplémentaire d'eau dans la partie supérieure de la Molasse alsacienne, ce qui se traduira par un dôme piézométrique dans la Molasse avec pour conséquence des écoulements temporairement divergents dans le proche environnement de la décharge.

Aucune inversion de flux n'a été observée jusqu'à présent entre la Molasse alsacienne et les Alluvions anciennes.

7.4.3. *Transport et flux diffusif sous forme dissoute*

7.4.3.1. *Expression du flux diffusif*

Le flux diffusif traversant un milieu poreux saturé est donné par la loi de FICK. Celle-ci est détaillée en annexe I.

D'une manière générale

- en milieu alluvial, le flux diffusif est en général négligeable devant le flux convectif, celui-ci l'emportant largement sur le flux dispersif.
- à l'inverse, en milieu argileux, le flux diffusif est en principe prépondérant sur les flux convectifs et dispersifs.

7.4.3.2. Application

Le calcul suivant a été effectué pour les composés organiques pour lesquels un coefficient de diffusion moléculaire est renseigné dans la littérature. On peut considérer ces composés comme de bons traceurs des déchets de la chimie bâloise du Letten.

Les paramètres suivants ont été retenus pour le transfert vertical des alluvions vers la molasse, en supposant l'existence d'un horizon très peu perméable entre les alluvions et les horizons perméables ou semi-perméables captés par les piézomètres de contrôle :

Perméabilité verticale (m/s) : $1,0 \cdot 10^{-10}$

Gradient hydraulique vertical (-) : 0,6

Porosité efficace (%) : 10%

Soit une vitesse verticale de l'eau (m/s) : $6 \cdot 10^{-10}$ (1,9 cm/an)

Tortuosité (-) : 0,5

Dispersivité (m) : 1,5 (hypothèse classique : distance à parcourir / 10)

	Coefficient de diffusion dans l'eau m ² /s	Coefficient de diffusion effectif (m ² /s)	Epaisseur à traverser (m)	Nombre de Peclet (-)
Aniline	$8,3 \cdot 10^{-10}$	$7,2 \cdot 10^{-10}$	15	6,8
Benzène	$9,8 \cdot 10^{-10}$	$7,9 \cdot 10^{-10}$	15	6,5
Chloroaniline 4-	$1,01 \cdot 10^{-9}$	$8,1 \cdot 10^{-10}$	15	6,4
Chlorobenzène	$8,7 \cdot 10^{-10}$	$7,4 \cdot 10^{-10}$	15	6,7
Dichlorobenzène (1,2) (-o)	$8,97 \cdot 10^{-10}$	$7,5 \cdot 10^{-10}$	15	6,7
Dichlorobenzène, (1,4) (-p)	$7,9 \cdot 10^{-10}$	$7,0 \cdot 10^{-10}$	15	6,9
Dichloroéthène, cis-1,2-	$1,13 \cdot 10^{-9}$	$8,7 \cdot 10^{-10}$	15	6,1
Dinitrotoluène 2,4 et 2,6	$8,74 \cdot 10^{-10}$	$7,4 \cdot 10^{-10}$	15	6,7
Nitrobenzène	$1,03 \cdot 10^{-9}$	$8,2 \cdot 10^{-10}$	15	6,4
Tétrachloroéthène	$8,2 \cdot 10^{-10}$	$7,1 \cdot 10^{-10}$	15	6,9
Trichlorobenzène, 1,2,4-	$8,23 \cdot 10^{-10}$	$7,1 \cdot 10^{-10}$	15	6,9
Trichloroéthène	$9,1 \cdot 10^{-10}$	$7,6 \cdot 10^{-10}$	15	6,6

Tableau 28 : Calcul des nombres de Peclet

Pour les hypothèses retenues, c'est le phénomène de diffusion qui domine par rapport au phénomène de convection pour le transfert vertical vers la molasse alsacienne.

7.4.3.3. Phénomène de rétrodiffusion

La Figure 32 montre la distribution des concentrations du TCE ayant migré par diffusion dans un horizon semi perméable comme des argiles sableuses (à une distance x de la zone de contact et après 5, 15, 30, 100 et 200 ans).

Cette figure illustre l'effet de retrodiffusion dont la cinétique est marquée par une pseudo hystérisie à savoir que la vitesse de diffusion vers l'horizon peu perméable est supérieure à celle de la rétrodiffusion depuis cet horizon. Cette retrodiffusion est un phénomène très lent qui peut s'étaler sur des dizaines d'années.

Ainsi, dès lors que les horizons peu perméables de la Molasse alsacienne et/ou des Alluvions anciennes ont été contaminées par diffusion et/ou par convection, ces horizons peuvent constituer des sources secondaires durables de composés organiques sous forme dissoute sur plusieurs années voire dizaines d'années.

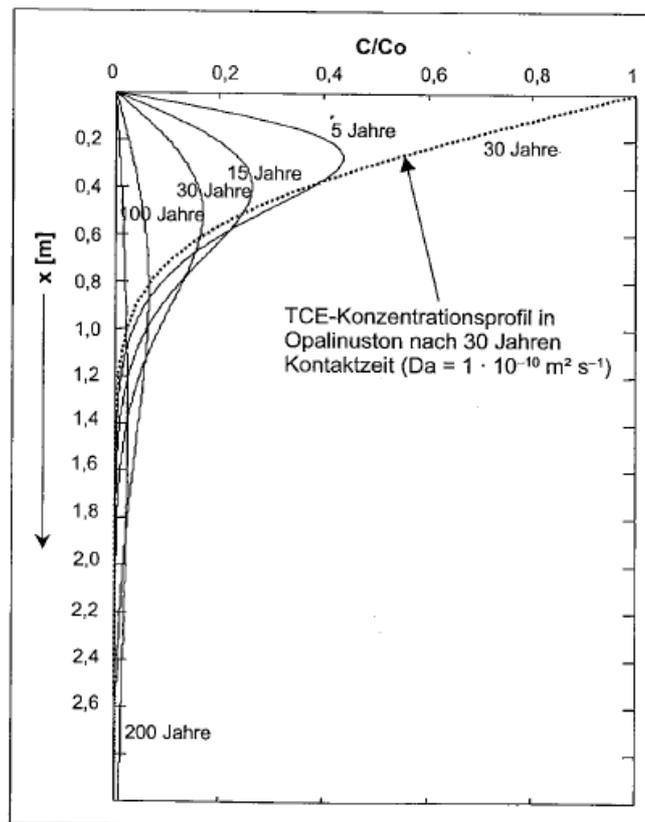


Figure 32 : Rétrodiffusion (FÖRSTNER & GRATHWOHL, 2003).

7.5. Discussions concernant les mécanismes de migration latérale

7.5.1. Migration sous forme de phase libre plongeante ou flottante

Dans le cas du site du Letten, la migration des composés issus des déchets sous forme de phase organique non miscible n'est pas envisageable compte tenu des éléments suivants :

- phase libre non observées dans les sondages de reconnaissance au sein de la « zone source » (décharge) et dans les piézomètres d'observations¹⁷,
- concentrations en composés organiques dissous observées sur la période de mars 2001 à mars 2007 ne permettent pas de rendre compte de la présence d'une phase libre dans l'environnement des piézomètres d'observation.

7.5.2. Transfert et flux convectif sous forme dissoute

7.5.2.1. Définition et caractérisation

Il s'agit du transfert de masses d'eau sous l'effet de gradients de potentiels piézométriques. Les molécules organiques dissoutes sont véhiculées par ce flux. L'hétérogénéité du milieu poreux dans lequel s'effectue l'écoulement des eaux conduit à une dispersion des masses de polluants (et donc à une dilution des concentrations). Les interactions des molécules avec la surface des particules solides, constituant le squelette du réservoir, et notamment les phénomènes de sorption/désorption, conduit à des effets de retard des molécules par rapport à l'eau.

Le flux convectif est le produit de la vitesse de Darcy V_D par la concentration C .

¹⁷ On rappelle que ces ouvrages sont parfaits, c'est à dire qu'ils captent toute la hauteur des Alluvions anciennes et que les niveaux d'eau sont rabattus par pompage pendant les prélèvements sous le niveau haut des crépines, permettant de diagnostiquer la présence ou non de phase flottante.

7.5.2.2. Vitesses d'écoulement au sein de la Molasse alsacienne

Le Tableau 29 présente un calcul des vitesses dans la Molasse alsacienne (superficielle et profonde) dans la gamme des gradients, des perméabilités et des porosités efficaces observées ou supposées réalistes dans le contexte du secteur d'étude (hétérogénéités des faciès). On rappelle qu'il s'agit des vitesses moyennes de particules d'eau non retenues (non retardées) et non dispersées. En ce sens, ces vitesses sont majorantes par rapport à la migration de solutés.

		Gradient	5 %	7.5 %	10 %
Porosité cinématique	5 %	Perméabilité (m/s)	Vitesses réelles (m/j)		
		5.00E-05	4.3	6.5	8.6
		1.00E-05	0.9	1.3	1.7
	7 %	5.00E-06	0.4	0.7	0.9
		Perméabilité (m/s)	Vitesses réelles (m/j)		
		5.00E-05	3.1	4.6	6.2
	10 %	1.00E-05	0.6	0.9	1.2
		5.00E-06	0.3	0.5	0.6
		Perméabilité (m/s)	Vitesses réelles (m/j)		
	10 %	5.00E-05	2.2	3.2	4.3
		1.00E-05	0.4	0.7	0.9
		5.00E-06	0.2	0.3	0.4

Tableau 29 : Vitesses effectives d'écoulement au sein de la Molasse

Selon les hypothèses retenues, les vitesses d'écoulement des eaux souterraines au sein de la molasse alsacienne perméable sont de l'ordre de quelques décimètres par jour à 1 ou quelques mètres par jour. Ces écoulements s'effectuent dans une direction Sud-Est -> Nord-Ouest à Sud -> Nord.

Sur la base de ces vitesses, le Tableau 30 donne une estimation théorique du temps nécessaire à une particule d'eau non retardée pour effectuer un trajet horizontal de 600 mètres au sein de la molasse.

Cette distance correspond approximativement à celle séparant la décharge du forage AEP Kappelmatten, mais précisons qu'il ne s'agit en aucun lieu d'un calcul du temps nécessaire pour *atteindre* ce captage, puisque les données disponibles tendent à montrer :

- que les transferts verticaux des alluvions et/ou de la molasse superficielle vers la molasse profonde sont probablement tout à fait négligeables aux abords de la décharge (cf. infra) ;
- que les eaux ayant transité au sein de la molasse profonde sous la décharge ne peuvent atteindre le captage (cf. § 9.3.2).

		Gradient	5 %	7.5 %	10 %
Porosité cinématique	5 %	Perméabilité (m/s)	<i>Temps en années</i>		
		5.00E-05	0.4	0.3	0.2
		1.00E-05	1.9	1.3	1.0
	7 %	5.00E-06	3.8	2.5	1.9
		Perméabilité (m/s)	<i>Temps en années</i>		
		5.00E-05	0.5	0.4	0.3
	10 %	1.00E-05	2.7	1.8	1.3
		5.00E-06	5.3	3.6	2.7
		Perméabilité (m/s)	<i>Temps en années</i>		
	10 %	5.00E-05	0.8	0.5	0.4
		1.00E-05	3.8	2.5	1.9
		5.00E-06	7.6	5.1	3.8

Tableau 30 : Estimation du temps nécessaire à une particule d'eau non retardée pour effectuer un trajet horizontal de 600 mètres dans la molasse alsacienne (en années)

Le temps nécessaire à une particule d'eau non retardée, abstraction faite de la dispersion, pour parcourir horizontalement dans la molasse profonde une distance équivalente à celle séparant la décharge du puits AEP « Kappelmaten » (soit 600 m) est de l'ordre de quelques mois (dans les horizons les plus perméables) à quelques années (horizons les moins perméables).

Concernant les transferts verticaux au sein de la Molasse (transferts des horizons superficiels de la molasse vers des horizons plus profonds), rappelons que :

- la molasse constitue un aquifère stratifié, multicouches, avec alternances d'horizons perméables productifs et d'horizons moins perméables, voire de niveaux imperméables ;
- en l'absence de pompages, le gradient hydraulique entre horizons supérieurs et horizons plus profonds est très faible à nul : avant le pompage d'essai du 7 août 2007, les niveaux mesurés sur Plet9 et Plet9bis étaient très proches avec pour conséquence une possibilité quasi-nulle de transferts verticaux par convection. Le niveau était même légèrement plus élevé sur le piézomètre Plet9 (profond) par rapport au Plet9bis, et le forage AEP « Kappelmaten » est artésien en absence de pompages ; manifestement, en conditions naturelles (absence de pompages), les gradients hydrauliques entre parties profondes et superficielles de la molasse sont ascendants dans les secteurs topographiquement bas (approximativement en deçà d'une ligne Plet1 / Plet2 / Plet 9) ;

- lorsque le pompage fonctionne sur l'AEP « *Kappelmatten* », le niveau s'abaisse dans la molasse profonde (rabattement induit de 8 à 9 mètres au Plet9), alors qu'on ne détecte pas de variation significative du niveau sur les piézomètres captant les horizons supérieurs de la molasse (en particulier sur Plet9bis situé à quelques mètres de Plet9)¹⁸. Il en était de même lors du pompage d'essai effectué sur Plet9 en août 2007. Le gradient hydraulique vertical induit par le pompage permet théoriquement des transferts verticaux descendants entre horizons supérieurs et profonds de la molasse, mais le fait que les niveaux piézométriques dans les horizons supérieurs de la molasse ne soient pas influencés de manière significative par les pompages dans la molasse profonde traduit un certain cloisonnement hydraulique entre ces horizons. En outre, ce gradient vertical décroît à mesure que l'on s'éloigne du puits et que l'on s'approche de la décharge.

En conséquence, les transferts verticaux par convection entre la partie supérieure de la molasse et les parties profondes sont probablement négligeables aux abords de la décharge.

7.5.2.3. Vitesses d'écoulement au sein des Alluvions anciennes

Le Tableau 5 (§ 3.3.4.1) présente une estimation des vitesses d'écoulement au sein de des Alluvions anciennes du proche environnement de la décharge.

7.6. Facteurs d'atténuation

Le terme d'atténuation naturelle regroupe donc tous les processus faisant intervenir des phénomènes, physiques et chimiques, destructifs (biodégradation,...) et non destructifs (immobilisation, adsorption, dilution, dispersion,...) du milieu souterrain (nappe(s), sol(s)) et ayant pour effet de réduire la masse, le volume, la concentration, la disponibilité, la toxicité, la mobilité d'une pollution.

L'atténuation naturelle s'applique aux composés organiques (pour lesquels les mécanismes destructifs et non destructifs peuvent être à l'œuvre) et aux composés inorganiques (pour lesquels les processus mis en jeu sont essentiellement non destructifs).

¹⁸ Le bureau d'études HOLINGER [62] considère que le pompage sur l'AEP Kappelmatten induit une incidence de 1 cm sur Plet5 et de 7 mm sur Plet8 ; mais l'examen des enregistrements nous conduit à considérer qu'ils ne montrent aucune incidence significative

7.6.1. Dispersion et dilution

Le flux dispersif traversant un milieu poreux saturé se calcule en appliquant la loi de FICK, similaire à la loi de DARCY, à ceci près que le gradient de charge hydraulique est remplacé par le gradient de concentration :

$$\Phi_{\text{DISP}} = - \omega_C \cdot S \cdot D_L \cdot \text{Grad C où :}$$

ω_C : porosité cinématique

S : section de passage

D_L : coefficient de dispersion longitudinal

Grad C : gradient de concentration

$$\text{avec } D_L = \alpha_L u$$

et α_L : dispersivité longitudinale

u : vitesse effective de l'eau (= V_D / ω_C)

$$\text{D'où : } \Phi_{\text{DISP}} = - \omega_C \cdot S \cdot \alpha_L \cdot u \cdot \text{Grad C}$$

$$\Rightarrow \Phi_{\text{DISP}} = - V_D \cdot S \cdot \alpha_L \cdot \text{Grad C}$$

Il est généralement admis que la dispersion transverse est égale à 1/10 de la dispersion longitudinale.

La dispersion se traduit par une dilution des concentrations sur le trajet des pollutions sous forme dissoute (panache). Les taux de dilution au sein des Alluvions anciennes des plateaux est difficile à établir pour le site du Letten compte tenu du degré de complexité du système hydrogéologique.

7.6.2. Phénomène de sorption et facteur de retard

7.6.2.1. Définitions et caractérisation du phénomène

L'adsorption repose sur la propriété qu'ont les surfaces solides de fixer certaines molécules de manière **réversible**, par des liaisons faibles de type VAN DER WAALS (liée à la structure même du solide, des dissymétries dans la répartition des atomes). Elle dépend des propriétés physico chimiques du milieu, de la nature du polluant et de la nature de la matrice solide.

On caractérise ainsi l'adsorption par des coefficients de partage :

- **Kd** entre un polluant et le sol ou en sédiment,
- **Koc** entre un polluant et la matière organique solide.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

Les Kd et les facteurs de retard ont été calculés pour les composés organiques traceurs des émissions de l'ancienne décharge du Letten. Ces valeurs sont rassemblées dans le Tableau 31.

Substance	Solubilité (mg/l)	log Kow (-)	Kow (-)	Porosité efficace (-)	Densité (kg/m ³)	Log Kd (-)	Coefficient d'adsorption Kd (l/kg)	logKoc (selon QSAR)	Koc (l/kg)	Fraction de matière organique, foc (-)	Facteur de retard R (-)
1.4-dioxane	1E+06	-0.3	0.5	0.05	2000	-2.39	0.011	0.730	5.37	0.002	1.43
Aniline	36000	0.9	7.9	0.05	2000	-1.55	0.059	1.467	29.31	0.002	3.34
4-chlorphénylméthylsulfone	6070	1.06	11.5	0.05	2000	-1.44	0.074	1.568	36.97	0.002	3.96
Phenobarbital	1110	1.47	29.5	0.05	2000	-1.14	0.109	1.735	54.34	0.002	5.35
Heptabarbital	250	1.69	49.0	0.05	2000	-0.98	0.128	1.808	64.22	0.002	6.14
Butalbital	1700	1.87	74.1	0.05	2000	-0.85	0.147	1.867	73.64	0.002	6.89
o-/p-Toluidine	16600	1.62	41.7	0.05	2000	-1.03	0.167	1.921	83.29	0.002	7.66
m-Toluidine	17000	1.62	41.7	0.05	2000	-1.03	0.167	1.921	83.29	0.002	7.66
2,4-Dimethylaniline	6070	1.68	47.9	0.05	2000	-0.99	0.182	1.958	90.87	0.002	8.27
2-Chloraniline	5000	1.9	79.4	0.05	2000	-0.83	0.250	2.097	125.03	0.002	11.00
3-Chloraniline	6000	1.9	79.4	0.05	2000	-0.83	0.250	2.097	125.03	0.002	11.00
4-Chloraniline	2620	1.9	79.4	0.05	2000	-0.83	0.250	2.097	125.03	0.002	11.00
Benzène	1790	2.13	134.9	0.05	2000	-0.67	0.349	2.242	174.54	0.002	14.96
2-Nitrotoluène	650	2.3	199.5	0.05	2000	-0.54	0.447	2.349	223.36	0.002	18.87
Trichloréthylène	1070	2.42	263.0	0.05	2000	-0.46	0.532	2.425	265.83	0.002	22.27
3,4-Dichloraniline	92	2.69	489.8	0.05	2000	-0.26	0.787	2.595	393.28	0.002	32.46
Crotamiton		2.73	537.0	0.05	2000	-0.23	0.834	2.620	416.77	0.002	34.34
2,5-Dichloraniline	230	2.75	562.3	0.05	2000	-0.22	0.858	2.633	429.04	0.002	35.32
2,4-Dichloraniline	620	2.78	602.6	0.05	2000	-0.20	0.896	2.651	448.13	0.002	36.85
2,3-Dichloraniline	262	2.82	660.7	0.05	2000	-0.17	0.950	2.677	474.90	0.002	38.99
Chlorobenzène	498	2.84	691.8	0.05	2000	-0.15	0.978	2.689	488.88	0.002	40.11
Mésidine	40	3.52	3311.3	0.05	2000	0.34	2.622	3.118	1310.99	0.002	105.88

Tableau 31 : Estimation des facteurs de retard pour les composés organiques traceurs des émissions de l'ancienne décharge du Letten

7.6.2.2. Application au site du Letten

On constate que d'une manière générale, les substances détectées sont facilement adsorbées sur les particules solides et que cette sorption est susceptible de limiter le transport des polluants sous forme dissoute en nappe.

Le retard induit par les phénomènes d'adsorption/désorption est généralement proche de 10 pour les composés à moins de deux atomes de chlore, de 30 à 40 pour les composés à deux chlores et plus de 100 pour les trichloranilines. Ce facteur a tendance à diminuer lorsque la solubilité augmente (cf. Figure 33).

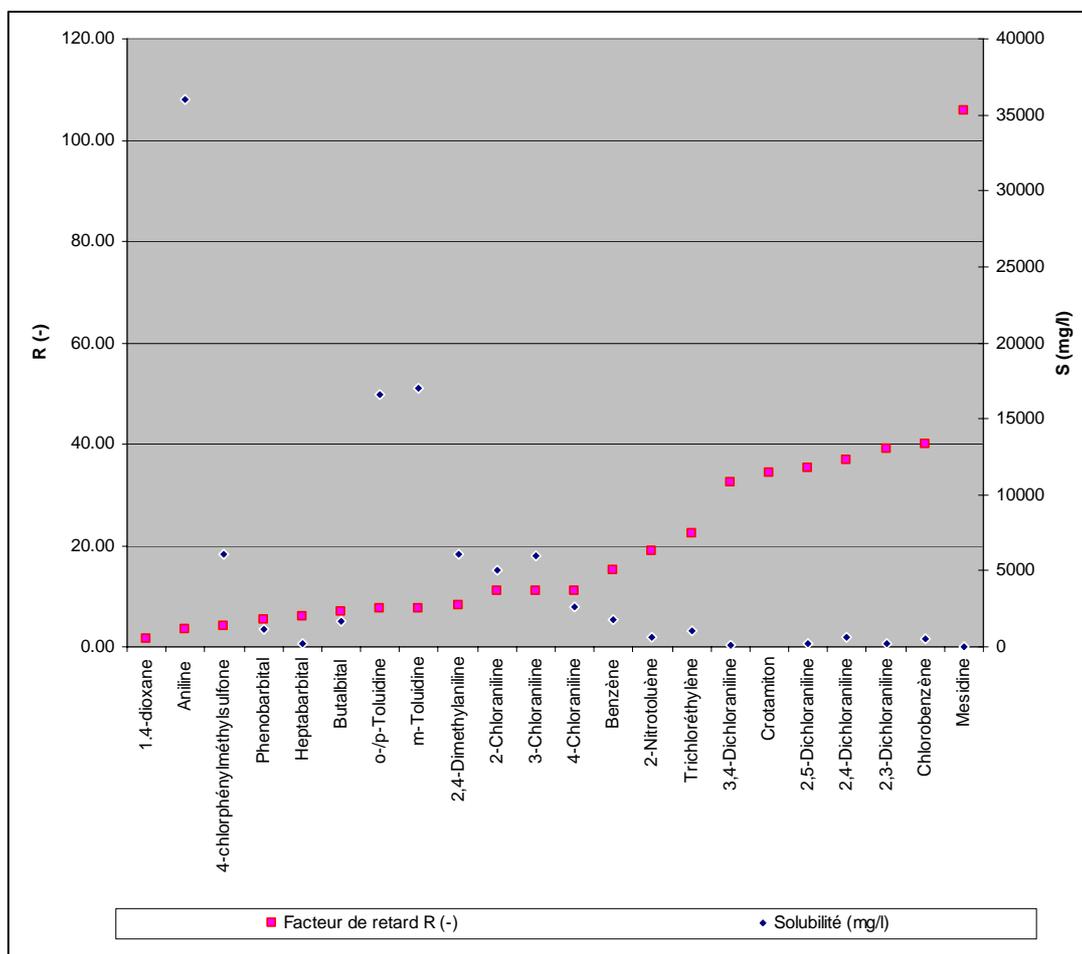


Figure 33 : Estimation des facteurs de retard pour les composés organiques traceurs des émissions de l'ancienne décharge du Letten

Les vitesses de transfert d'une molécule sous forme aqueuse, dans un flux d'eau mu par convection, sont donc réduites d'un facteur 10 à 100 par rapport au transfert des molécules d'eau. On peut raisonnablement estimer que les vitesses de transfert par convection des polluants issus de la décharge du Letten, dans la Molasse alsacienne, sont inférieures au m/j.

7.6.3. Phénomènes de biodégradation

7.6.3.1. Définition des phénomènes

Le principal mécanisme entrant en jeu dans l'atténuation naturelle (cf. Figure 34) est la biodégradation, c'est à dire à l'utilisation des polluants comme substrat, source d'énergie et source de carbone pour la biomasse. Le gain d'énergie s'effectue par une réaction d'oxydoréduction, par le transfert d'électrons depuis le substrat (le donneur d'électrons) vers l'accepteur d'électrons (O_2 , Fe^{III} , NO_3^- , SO_4^{2-} , etc.) via les micro-organismes.

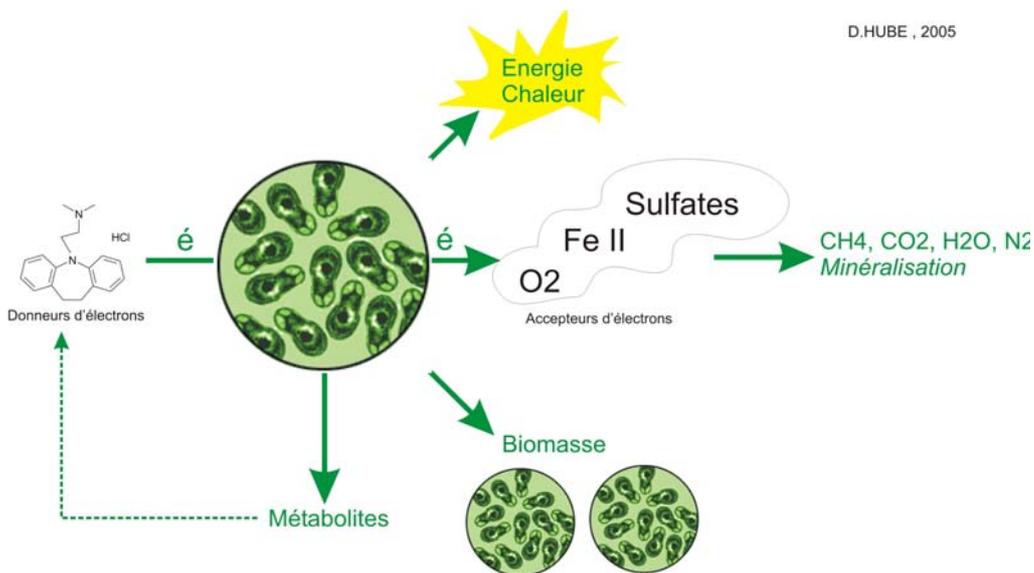


Figure 34 : Mécanismes de biodégradation

Les facteurs limitants sont les masses de donneurs et d'accepteurs d'électrons, la toxicité des polluants vis à vis des micro-organismes, la nature du polluant (les composés xénobiotiques, produits uniquement par l'homme sont difficilement ou pas biodégradables) et la nature du consortium bactérien.

La biodégradabilité d'un composé s'apprécie par des indices DT_{50} et le DT_{90} correspondent au temps nécessaire pour dégrader 50 et 90 % de la substance (directive CEE 95/36 et 91/414) dégradation primaire ou totale :

- une substance est persistante si DT_{50} est supérieure à 90 jours.
- une substance est moyennement persistante si DT_{50} est compris entre 30 jours et 90 jours.
- une substance est non persistante si DT_{50} est inférieure à 30 jours.

7.6.3.2. Application au site du Letten

Les mesures d'oxygène dissous et de potentiel redox des des Alluvions anciennes, compartiment haut, montrent des conditions aérobies (supérieures à 0,5 mgO₂/l). Par ailleurs, le pH est proche de la neutralité et aucun élément toxique pour les micro organismes (métaux par exemple), susceptibles d'inhiber l'activité bactérienne, n'a été détectée dans les eaux des Alluvions. Ces conditions sont favorables à la biodégradation (aérobie).

Dans les Alluvions anciennes, compartiment bas et le corps de la décharge, l'activité bactérienne est certainement limitée (faibles vitesses de biodégradation anaérobie), voire inhibée par le déficit en oxygène des eaux et des matériaux constituant les réservoirs et/ou la toxicité des mélanges en présence. Les conditions anaérobies et la biodégradation anaérobie au sein de la décharge ont été démontrées par les mesures des concentrations en O₂, CO₂ et CH₄ dans les gaz du sol de la décharge.

Enfin, dans la Molasse alsacienne, les concentrations en oxygène dissous étant plus faibles que celles des Alluvions anciennes, il est vraisemblable que la biodégradation qui y trouve place soit moins efficace et plus lente que dans les Alluvions.

7.6.3.3. Des indices d'atténuation naturelle détectés

Les investigations réalisées au sein de la décharge du Letten montrent les points suivants :

- les gaz du sol présentent un déficit en oxygène et des concentrations élevées en méthane et en CO₂. La présence de ces gaz à des concentrations élevées dans la zone saturée est un indice d'activité biologique au sein de la décharge et en particulier d'une biodégradation en conditions anaérobie (fermentation).

- les COHV primaires comme les PCE et TCE détectés dans les gaz, les sols et les eaux souterraines au Letten sont accompagnés de CIS, qui est un métabolite de biodégradation des deux espèces mères précédemment citées. Les conditions anaérobies sont favorables à la production de CIS à partir de PCE et TCE,
- les conditions anaérobies qui règnent au cœur de la décharge sont vraisemblablement associées à des conditions aérobies en périphérie, par apport latéral d'oxygène. Dans ces conditions, des molécules comme les amines aromatiques, les BTEX, le CIS peuvent être rapidement dégradées et minéralisées. On n'observe en revanche de chlorure de vinyle sur aucun des points de prélèvement (analyses de mars 2007 sur tous les points sauf Plet10 et Plet11).

8. Emissions vers l'air atmosphérique via les gaz du sol ou les eaux de surface

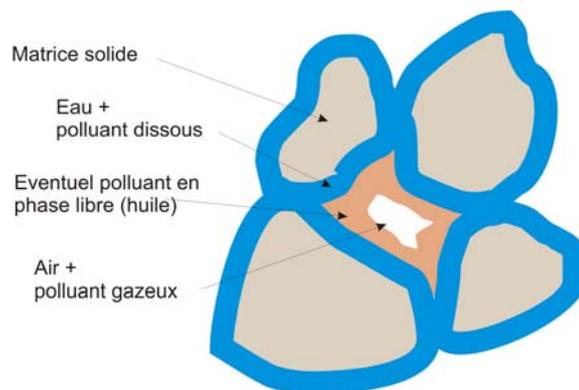
8.1. Caractérisation des gaz du sol

Un diagnostic des gaz du sol a été effectué sur les ouvrages Plet5ter, Plet6bis, Plet10, Plet11, Le-MSG1 et Le-MSG4 les 20 et 29 mars 2007. Ce diagnostic s'appuie sur des tests d'extraction des gaz du sol couplés à des mesures sur site (laboratoire mobile) et des prélèvements appropriés pour analyses au laboratoire. Ce diagnostic a été réalisé par VILLIGER SYSTEMTECHNIK AG sous le contrôle et la supervision d'ANTEA.

Les courbes d'extraction et les tableaux de résultats correspondants sont placés en annexe F dans le volet4 (rapport ANTEA A47556/A [51]).

8.1.1. Dynamique des gaz du sol et des composés sous forme gazeuse

On désigne par gaz du sol, le mélange gazeux présent dans la zone non saturée, comprise entre 1 m sous la surface du sol et 1 m au dessus de la zone vadose. La Figure 35 ci-dessous précise la position des gaz du sol dans le milieu poreux.



Dans le cas des gaz du sol, la dynamique des polluants gazeux s'apprécie dans un système di-voire triphasique (gaz/eau/huile): la perméabilité relative à l'air dépend du degré de saturation en eau/huile et de la structure de la matrice solide.

Figure 35 : Les gaz du sol à l'échelle du pore

La dynamique des gaz du sol est complexe car régie par un système diphasique eau / gaz. Les principaux mécanismes de migration des composés sous forme gazeuse dans les sols sont :

- la diffusion (10 000 à 100 000 fois plus rapide que dans les eaux),
- la convection sous l'effet de gradients de pression (gradients de pression entre atmosphère et gaz du sol notamment, d'une grande variabilité dans le temps à un point donné),
- la densité du gaz par rapport à l'air joue également un rôle central dans les mécanismes de transport des gaz du sol.

Les sources de gaz sont les suivantes :

- dégazages de composés volatils primaires depuis la nappe phréatique, un sol pollué et/ou un corps de déchets,
- dégazages de composés volatils secondaires (métabolites) depuis la nappe phréatique, un sol pollué et/ou un corps de déchets (exemple chlorure de vinyle, cis dichloréthylène, chloroforme, phénols, etc.),
- production de gaz issus de l'activité biologique au sein d'un environnement pollué par des substances biodégradables (produits ultimes, minéralisation) CH₄, CO₂, CO et H₂S.

D'une manière générale, compte tenu de la dynamique des gaz du sol et du comportement physico chimiques des espèces volatiles sous forme gazeuse, la métrologie des gaz du sol et son interprétation reste délicate. Les concentrations et la nature des mélanges gazeux présentent une grande variabilité dans le temps et dans l'espace pour un site donné.

En absence de phase libre non miscible dans la décharge, il conviendra d'estimer la volatilité des composés en considérant pour une substance l'équilibre $C_{\text{air}}/C_{\text{eau}}$.

Cet équilibre est régit par la constante de Henry $H = C_{\text{air}}/C_{\text{eau}}$ qui dépend de la température, de la pression et du chimisme de l'eau. Elle s'exprime de deux manières: sans unité ou en Pa m³/mol.

Un rapide calcul (avec les hypothèses du point « drain 2 », cf. § 8.2.3 : transfert à partir d'un plan d'eau, de dimensions 1m x 1m, vitesse du vent 1 m/s, hauteur de la zone de mélange 1 m) montre que pour une substance présentant une constante de Henry de 1 Pa.m³/mol (environ 9,9.10⁻⁶ atm.m³/mol), une concentration de 100 µg/l dans les eaux correspond théoriquement à une concentration dans l'air faible, de l'ordre de 0,1 µg/m³.

En conséquence, pour les scénarios mettant en jeu l'inhalation de vapeurs (cf. volet 3 [55]), on ne retiendra dans la présente étude que les substances présentant une constante de Henry supérieure à 1 Pa.m³/mol, considérant qu'en deçà de cette valeur, elles sont peu volatiles. Cette hypothèse est cohérente avec l'appréciation donnée l'US-EPA (http://www.epa.gov/athens/learn2model/part-two/on-site/i2h_onsite.htm) :

- $H > 10^{-3}$ atm.m³/mol substance très volatile,
- $10^{-5} < H < 10^{-3}$ atm.m³/mol volatilité significative,
- $10^{-7} < 10^{-5}$ atm.m³/mol substance faiblement volatile
- $H < 10^{-7}$ atm.m³/mol substance faiblement à non volatile.

Les constantes de Henry des principales molécules détectées et reconnues dans les eaux et les gaz du sol sont rassemblées en annexe K dans le volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]).

Par ailleurs, la directive européenne 1999/13/CE du 11 mars 1999 définit les composés organiques volatiles comme ceux présentant une pression de vapeur de 0,1 hPa ou plus à une température de 293,15 K).

8.1.2. Résultats de la reconnaissance des gaz du sol

8.1.2.1. Caractéristiques chimiques des gaz du sol

Les concentrations en méthane, CO₂ et O₂ mesurées durant les essais montrent que les gaz investigués sont des gaz du sol et attestent l'absence de court-circuit par l'air atmosphérique durant les essais et par là même la représentativité des mesures des gaz du sol (cf. Figure 36).

□ Composés détectés et quantifiés par analyses au laboratoire

Ces résultats sont obtenus par l'analyse des supports adsorbant au laboratoire. Ces masses mesurées sont rapportées au flux d'air ayant transité au travers du support.

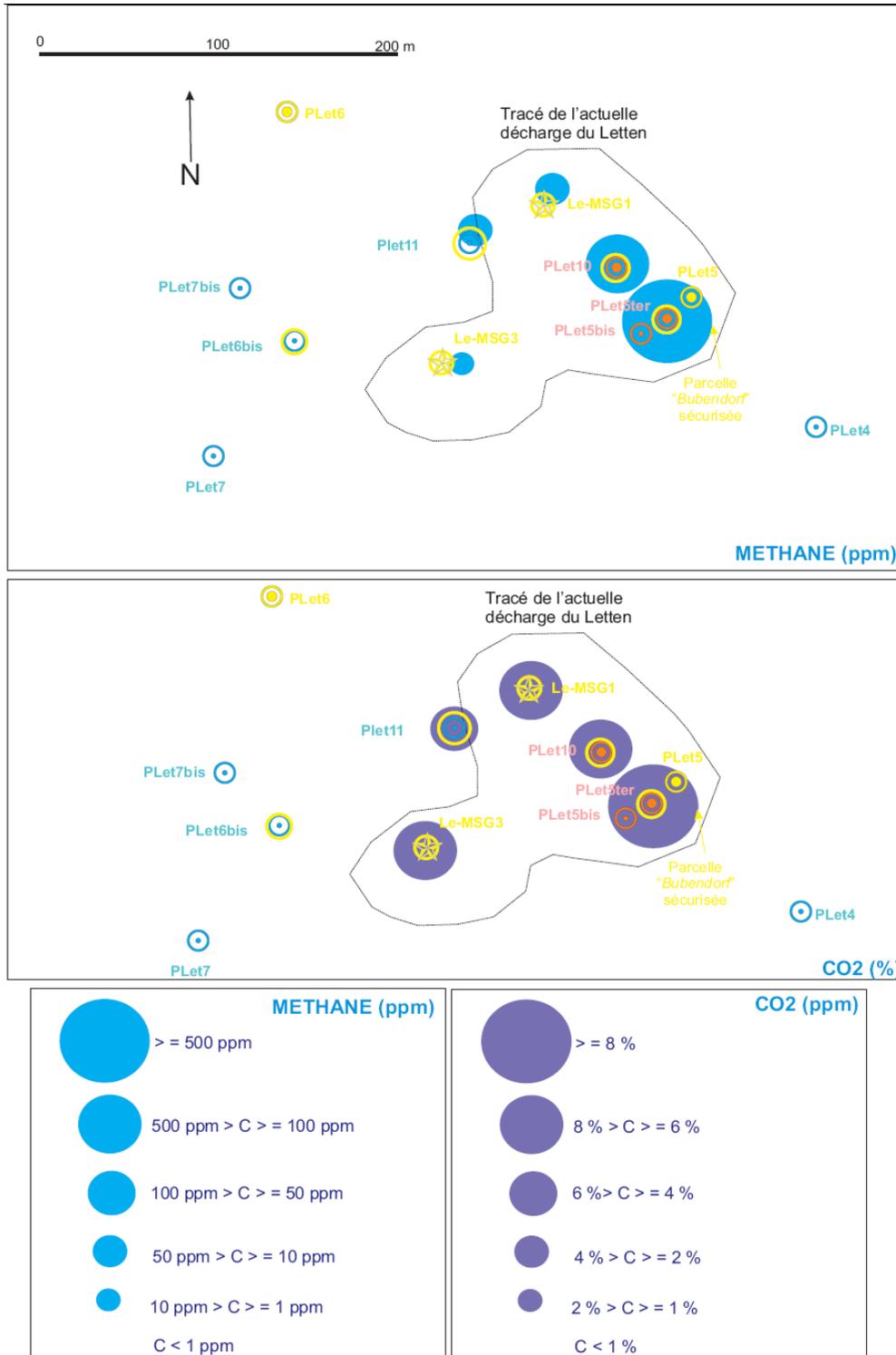


Figure 36 : Distribution des concentrations en méthane et CO₂ dans les gaz du sol (mars avril 2007) – source : VILLIGER Systemtechnik AG (cf. annexe G4 volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51])

Les résultats des analyses sur les gaz du sol sont synthétisés dans le Tableau 32 :

	Unité	LE MSG 1	Plet10	LE MSG 3	PLET 5 ter	Plet11	PLET 6 bis
Chlorobenzènes	µg/m ³	803.7	5 067	659	5 343	10 063	150
Nitrobenzène	µg/m ³	<2	<2	<2	10 000	<2	<2
BTEX	µg/m ³	64.8	3 241	<33	390	1 437	<33
COHV	µg/m ³	740.7	981	592.6	603	9 000	230
CH ₄	ppm	14	282	2	500	10	<1
O ₂	%	11.0	11.0	13.8	7.0	8.3	20.8
CO ₂	%	7.4	7.7	6.4	9.8	4.9	0.1

< : inférieur à la limite de quantification

Tableau 32 : Synthèse des résultats des analyses sur les gaz du sol (mars avril 2007)

Les COHV détectés sont :

- majoritairement des chloréthènes et en particulier le TCE et le PCE à des concentrations jusqu'à 7900 µg/m³ (TCE). Le CIS, métabolite du PCE et/ou TCE apparaît également (jusqu'à 204 µg/m³) attestant de la présence de mécanismes de biodégradation dans le cœur de la décharge.

Le chlorure de vinyle n'a pas été détecté par CPG on site ni par screening sur les échantillons au laboratoire.

- plus ponctuellement, des chlorométhane avec le trichlorométhane (ou chloroforme) jusqu'à 167 µg/m³ et le tétrachlorométhane (TTCM) (détecté au seul point Plet5ter avec 20 µg/m³).

Parmi les chlorobenzènes (cf. Figure 37), c'est le monochlorobenzène qui est largement prédominant sur les autres représentants de cette famille, détectés. Sa concentration maximale observée est de 8667 µg/m³ en Plet11 (qui capte des sables et graviers sous la couverture argileuse).

Viennent ensuite les isomères du dichlorobenzène (jusqu'à 1000 µg/m³ en 1,3-dichlorobenzène en Plet5ter), les isomères du trichlorobenzène (jusqu'à 241 µg/m³ pour le 1,2,4-trichlorobenzène en Plet11) et enfin, ponctuellement du dichlorotoluène (jusqu'à 33 µg/m³ en Le MSG3). Tout comme pour les COHV, les chlorobenzènes dans les gaz du sol se répartissent surtout en aval hydraulique direct de la décharge (Plet11) et dans la partie axiale de la décharge (Plet5ter – Plet11).

Enfin, le nitrobenzène se rencontre uniquement dans la partie « ancienne » de la décharge, en Plet5ter avec 10 000 µg/m³ (cf. Figure 37).

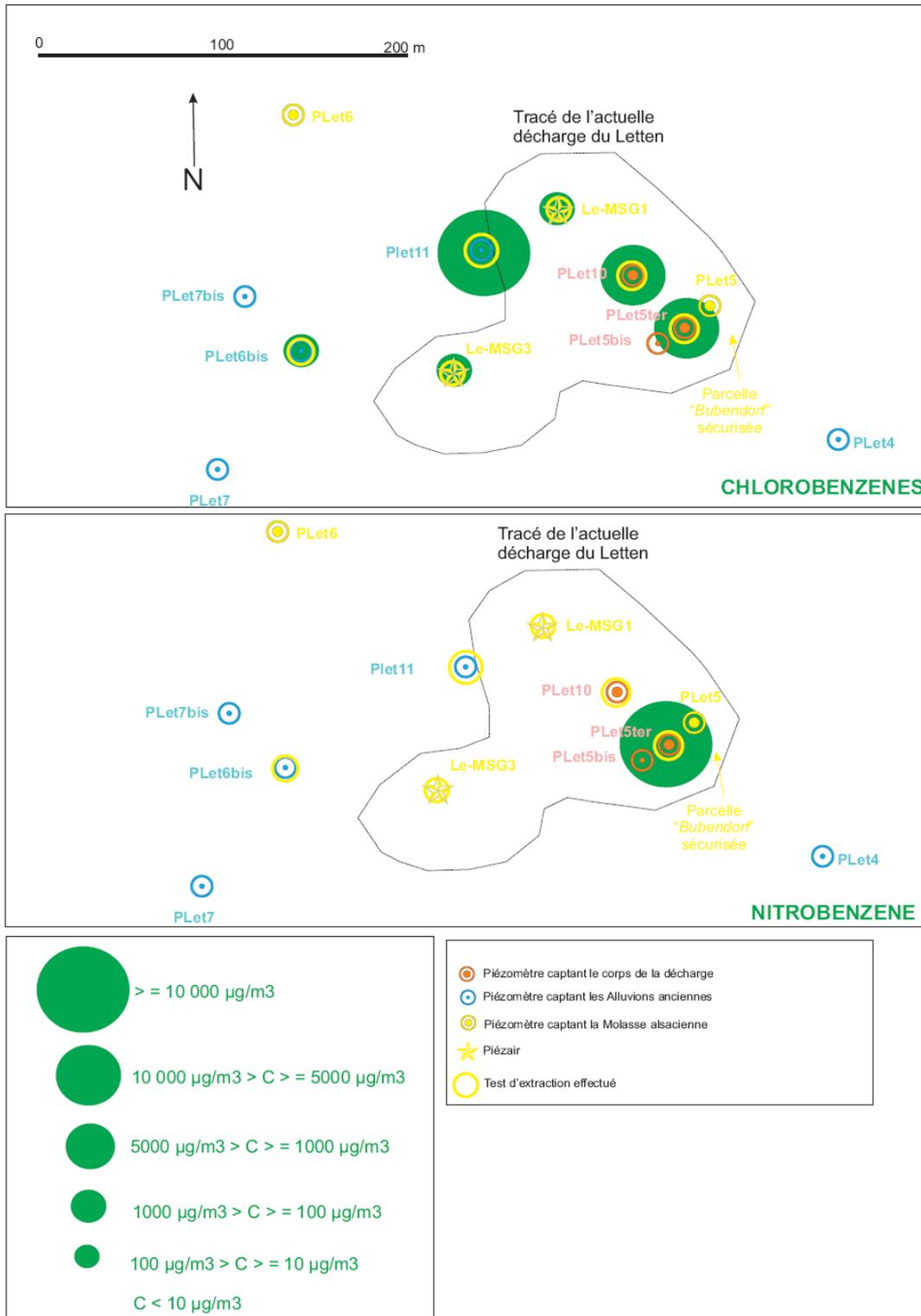


Figure 37 : Distribution des concentrations en chlorobenzènes et nitrobenzène dans les gaz du sol (mars avril 2007) - source : VILLIGER Systemtechnik AG (cf. annexe G4, volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51])

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

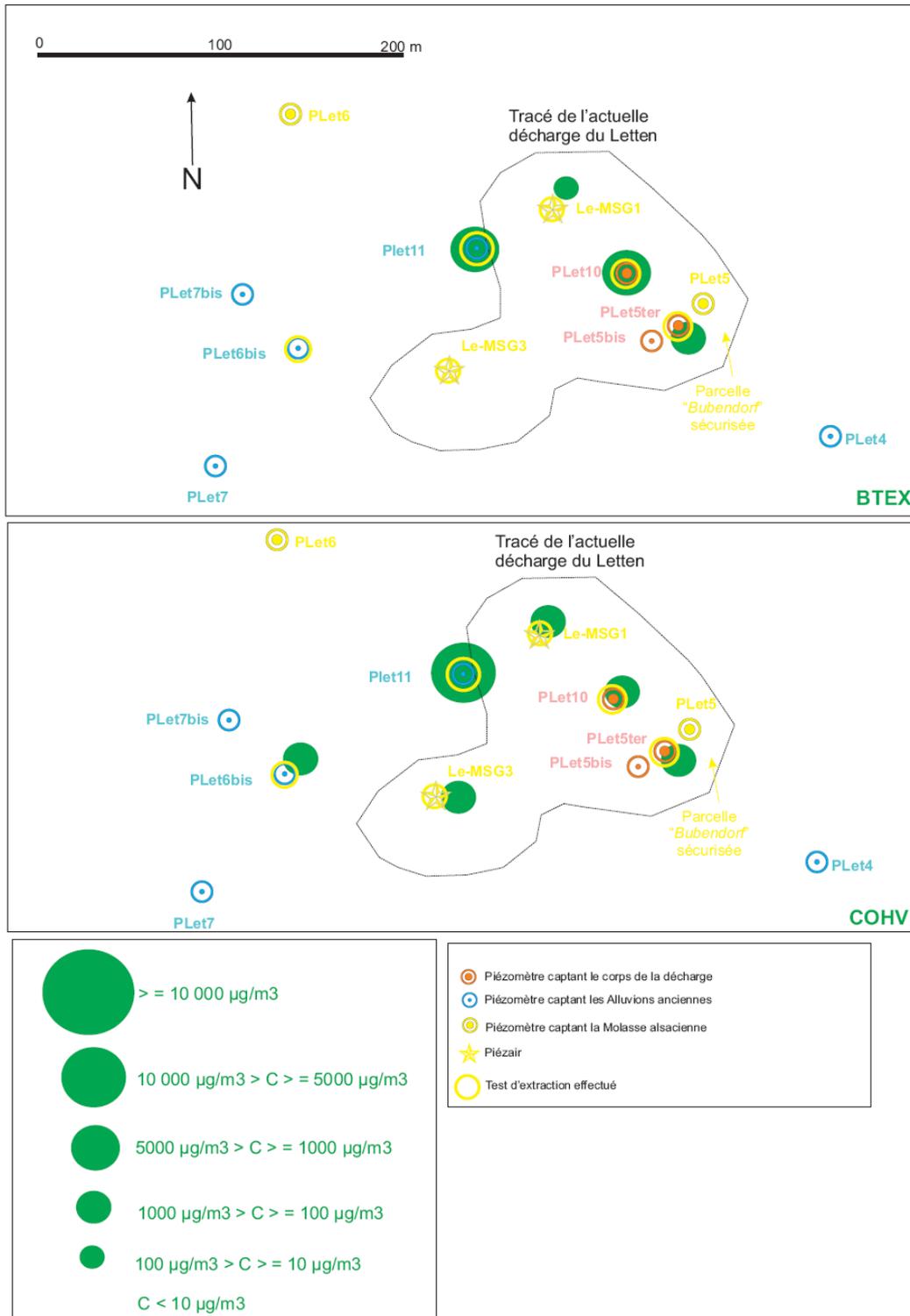


Figure 38 : Distribution des concentrations en BTEX et COHV dans les gaz du sol (mars avril 2007) - source : VILLIGER Systemtechnik AG (cf. annexe G4 volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51])

Les concentrations les plus élevées en COHV ont été reconnues en aval hydraulique direct de la décharge, sous la couverture d'argile du Letten, dans les sables et graviers captés par Plet11 (cf. Figure 38).

En ce qui concerne les BTEX, l'espèce majoritaire est le benzène avec une concentration maximale observée de 3241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Plet10. Le benzène est accompagné, lorsque les autres BTEX ont été détectés, majoritairement par les isomères du xylène (jusqu'à 267 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ces BTEX se répartissent dans la partie axiale de la décharge (Plet5ter – Plet11), cf. Figure 38.

Les échantillons de gaz ont en outre fait l'objet d'un screening : il n'a notamment pas été détecté d'amines aromatiques, de composés nitroaromatiques autres que le nitrobenzène, de dérivés phénolés autres que le phénol (cf. annexe H9, volet 4).

□ Analyses par CPG sur site (laboratoire mobile)

Les résultats des analyses par CPG effectuées sur site au moyen du laboratoire mobile sont rassemblés dans le Tableau placé en annexe G4 (la LIQ des analyses sur site, plus élevée que celle des analyses en laboratoire, et de 0,1 mg/m^3) :

On constate que les analyses sur site convergent avec celles effectuées au laboratoire sur support adsorbant : concentrations localement élevées en chlorobenzène (jusqu'à 8400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), en benzène (jusqu'à 8300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et en trichloréthylène (jusqu'à 14 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

On constate par ailleurs les points suivants :

- concentrations en méthane localement élevés, jusqu'à 500 ppm,
- concentrations en CO_2 localement élevées, jusqu'à 9,8 %,
- fortes concentrations en méthane et en CO_2 s'accompagnent d'un déficit en oxygène.

8.1.2.2. En conclusion

Les essais et les analyses effectués en mars et avril 2007 sur les gaz du sol de la décharge du Letten montrent :

- la présence de composés organiques volatils dans les gaz du sol à des concentrations excédant 10 mg/m^3 ,
- les composés organiques prédominants sont les chlorobenzènes, localement le nitrobenzène et le TCE,
- les gaz du sol reflètent l'hétérogénéité chimique de la décharge entre la partie « ancienne » au sein de laquelle le COV prédominant dans les gaz du sol est le nitrobenzène et la partie « récente » au sein de laquelle les chlorobenzènes sont majoritaires.

8.2. Modélisation des transferts par voie gazeuse

8.2.1. Concept général

La concentration en substances sous forme gazeuse au point d'exposition considéré peut être :

- ❶ issue d'émissions vers l'air ambiant atmosphérique **depuis les gaz du sol** à travers la surface du sol. Cette modalité concerne l'environnement au droit et à proximité immédiate de la décharge,
- ❷ issue d'émissions vers l'air ambiant atmosphérique **depuis les eaux superficielles** à travers la surface du plan d'eau. Cette modalité concerne ES3 et le drain n°2,
- mesurée (❸) ou dérivée depuis l'air du sol ❹, les eaux souterraines ❺ et/ou les eaux superficielles ❻ par des modèles de transfert.

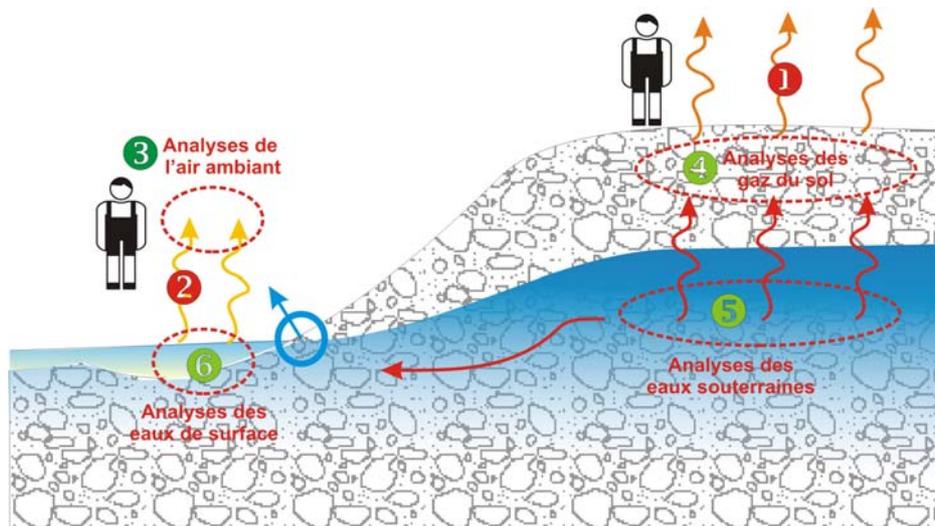


Figure 39 : Schéma conceptuel des transferts pour les émissions gazeuses dans l'environnement de la décharge

La méthodologie suivie et les différentes formules utilisées sont détaillées dans l'annexe L du volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]).

8.2.2. Transfert des déchets et des gaz du sol vers l'air ambiant

8.2.2.1. Le choix des substances et des concentrations

Ont été prises en compte :

- toutes les substances détectées et quantifiées dans les gaz du sol. Les concentrations prises en compte pour le calcul du transfert vers l'air ambiant sont les concentrations maximales mesurées dans les gaz du sol sur Le-MSG1, Le-MSG3, Plet5ter, Plet6bis, Plet10, et Plet11 ;
- pour les autres substances considérées comme volatiles ($H > 1 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{mole}$), détectées dans les déchets :
 - lorsqu'elles ont été recherchées mais non détectées dans les gaz du sol, ou détectées faiblement sur seulement une partie des échantillons : elles n'ont pas été prises en compte ;
 - lorsqu'elles n'ont pas été analysées dans les gaz du sol, ou détectées sur tous les échantillons de gaz du sol mais non quantifiées (scan qualitatif) : il a été réalisé un calcul préalable de transfert des substances des déchets vers les gaz du sol, à partir de la moyenne des concentrations observées dans les déchets.

Par ailleurs, le mercure (Hg) a été détecté dans les déchets à des teneurs pouvant atteindre jusqu'à 2500 mg/kg MS. Il est vraisemblable que le mercure ait été utilisé dans l'industrie chimique des colorants comme un agent oxydant (Hg^{2+}). La probabilité de présence de mercure sous forme métal Hg^0 n'est pas à exclure.

Le mercure métal est en équilibre avec sa phase vapeur dans les conditions standard P, T des sols. Aussi, dans une approche sécuritaire, il convient de considérer le mercure total mesuré comme mercure métal source de mercure vapeur. Le mercure vapeur n'ayant pas été recherché par analyses dans les gaz du sol, les émissions de mercure ont été caractérisées par un modèle de transfert sécuritaire teneurs sols \rightarrow gaz du sol \rightarrow air ambiant.

Dans la présente approche sécuritaire, la teneur en mercure des sols/déchets prise en compte est la teneur moyenne observée dans les déchets (mars 2007), à savoir 644 mg/kg MS.

Pour les substances organiques, les concentrations retenues pour le calcul sont reprises dans le Tableau 34.

8.2.2.2. Choix des paramètres de transfert

On considère dans le bois du Letten, une vitesse du vent relativement faible de 1 m/s. La largeur de la décharge dans la direction des vents dominants (Nord-Sud) est de 50 m maximum.

La zone non saturée est formée par des remblais et gravats perméables à l'air avec une teneur en air de 15% et une teneur en eau de 15%. La profondeur de la source est fixée à 2 m, représentative de la profondeur minimale de la partie supérieure des crépines.

Les paramètres de transfert sont les suivants (cf. Tableau 33).

Paramètre	Libellé	Valeur	Unité
Teneur en air du non saturé	Oair-sol	0.15	-
Teneur en eau du non-saturé	Oeau-sol	0.15	-
Fraction de C organique	foc	0.002	-
Vitesse du vent	vair	1	m/s
Profondeur de la source	hsol	2	m
Hauteur de la zone de mélange adulte	hair	1.5	m
Longueur de la zone polluée	l	50	m
Densité du sol	Ds	1.7	kg/l
Hauteur de la zone de mélange enfant	hair	1	m

Tableau 33 : Paramètre de transfert gaz du sol/air ambiant retenus

Les valeurs des constantes de Henry retenues pour les calculs et leurs sources documentaires sont détaillées dans le volet 5 [52].

Les paramètres retenus pour le mercure sont les suivants :

S solubilité : 0,0567 mg/l ;
 d_{sol} densité du sol : 1,7 g/cm³ ;
 K_{oc} coef. de partage du carbone organique, spécifique du sol : 170 cm³/g ;
 foc fraction de carbone organique dans le sol, prise par défaut : 0,002 (-) ;
 H constante de Henry : 0,31 (-).

Les feuilles de calcul correspondantes sont placées en annexe M dans le volet 4 (rapport ANTEA A47556/A [51]).

8.2.2.3. Résultats

Le Tableau 34 résume les résultats obtenus et donne les concentrations retenues pour les calculs de risques (concentrations au point d'exposition (CPE) du scénario inhalation au droit de la décharge dans l'EDR Santé, cf. volet 3 de la présente étude, rapport ANTEA A47862A [50]).

Ces concentrations sont reportées sur la Figure 40. Les concentrations dans l'air ambiant résultant de ce calcul sont très faibles : la concentration la plus élevée est celle du nitrobenzène avec $4,4 \cdot 10^{-5} \text{ mg/m}^3$ ($0,044 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). Suivent de près les concentrations en trichloréthylène et monochlorobenzène. Les concentrations en naphthalène et mercure sont du même ordre de grandeur, mais l'incertitude sur ces valeurs est forte car elles résultent d'un calcul à partir des concentrations dans les déchets et non à partir de mesures dans les gaz du sol.

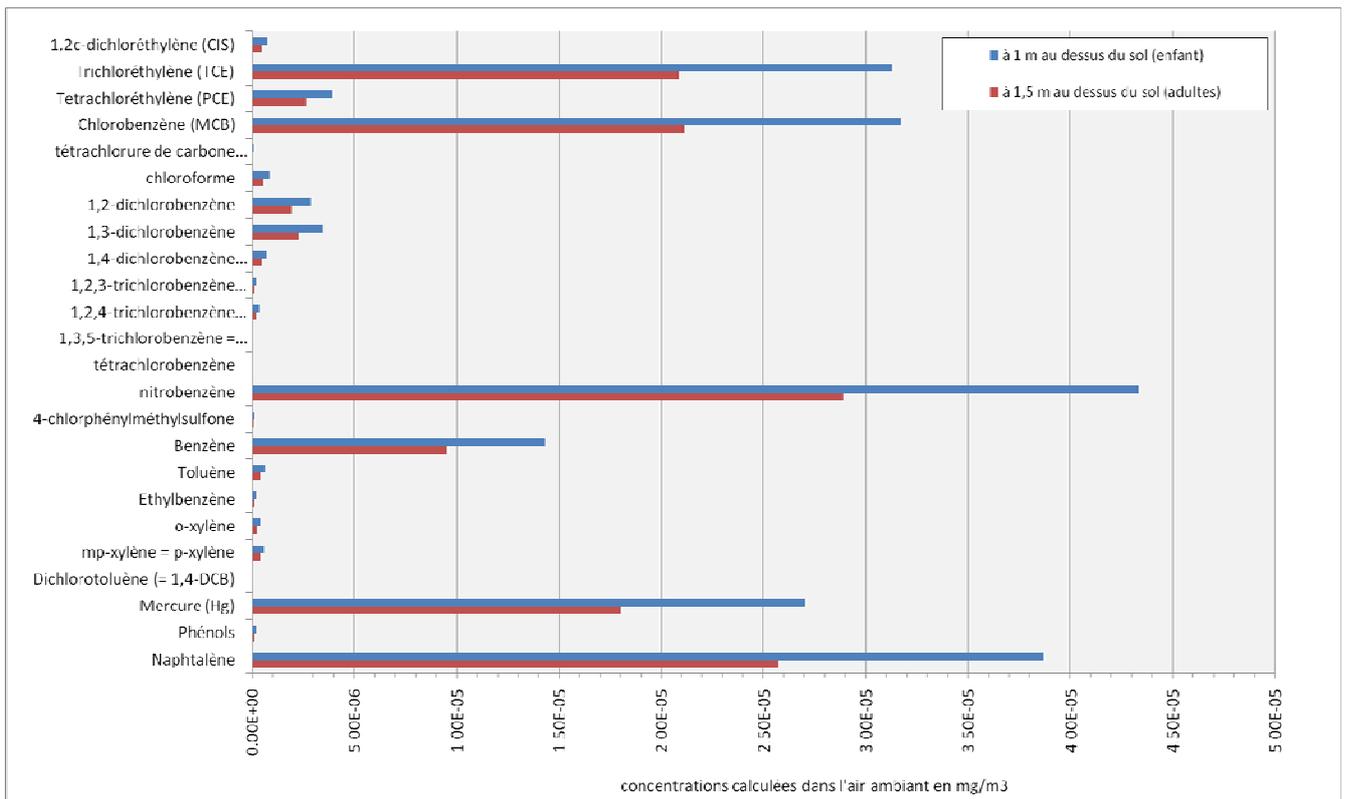


Figure 40 : Concentration calculée dans l'air ambiant par transfert des gaz du sol et/ou des déchets

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

Substances	Constante de Henry	Teneur moyenne dans les déchets	C air du sol calculée (d'après les teneurs sols)	C air du sol mesurée	Ccalc / Cmes	Concentration dans l'air ambiant calculée	
						Adulte (1,5 m / sol)	Enfant (1 m / sol)
Unité	atm.m3/mole	mg/kg MS	mg/m3-air	mg/m3-air		mg/m3-air	mg/m3-air
1,2-c-dichloréthylène (CIS)	4.08E-03	0.31	1.50E+00	2.04E-01	7.3	5.02E-07	7.54E-07
Trichloréthylène (TCE)	1.03E-02	11.4	2.83E+01	7.90E+00	3.6	2.09E-05	3.13E-05
Tétrachloréthylène (PCE)	1.77E-02	2.03	2.79E+00	1.10E+00	2.5	2.65E-06	3.97E-06
tétrachlorure de carbone (CCl4)	2.76E-02	0.1	1.36E-01	2.00E-02	6.8	5.21E-08	7.82E-08
chloroforme	3.67E-03	0.1	8.69E-02	1.67E-01	0.5	5.81E-07	8.72E-07
Chlorobenzène (MCB)	3.11E-03	147	6.89E+01	8.67E+00	7.9	2.12E-05	3.18E-05
1,2-dichlorobenzène	1.92E-03	0.6	1.10E-01	8.28E-01	0.1	1.91E-06	2.87E-06
1,3-dichlorobenzène	2.63E-03	5.7	1.25E+00	1.00E+00	1.2	2.31E-06	3.46E-06
1,4-dichlorobenzène (1,4-DCB)	2.41E-03	58	8.81E+00	2.07E-01	42.6	4.78E-07	7.17E-07
1,2,3-trichlorobenzène=1,2,4 TCB	1.25E-03	111	1.88E+00	1.53E-01	12.3	1.53E-07	2.30E-07
1,2,4-trichlorobenzène (1,2,4-TCB)	1.42E-03	116	3.78E+00	2.41E-01	15.7	2.42E-07	3.63E-07
1,3,5-trichlorobenzène = 1,2,4-TCB	1.89E-03	2.4	5.99E-02	2.10E-02	2.9	2.11E-08	3.16E-08
tétrachlorobenzène	1.00E-03	-	-	5.00E-03		5.02E-09	7.52E-09
nitrobenzène	2.40E-05	10	6.30E-02	1.00E+01	0.006	2.89E-05	4.33E-05
Benzène	5.55E-03	31	7.32E+01	8.30E+00	22.6	9.54E-06	1.43E-05
Toluène	6.64E-03	4.25	6.96E+00	1.47E-01	47.4	4.28E-07	6.41E-07
Ethylbenzène	8.10E-03	1.31	7.59E-01	6.30E-02	12.1	1.58E-07	2.37E-07
o-xylène	7.50E-03	2.78	1.46E+00	9.70E-02	15.0	2.73E-07	4.09E-07
mp-xylène = p-xylène	5.20E-03	5.59	6.43E+00	1.70E-01	37.8	4.09E-07	6.14E-07
Chlorotoluène = MCB	2.09E-03	-	-	nd		substance non prise en compte	
Dichlorotoluène (= 1,4-DCB)	4.15E-03	-	-	3.30E-02		1.68E-08	2.51E-08
Mercuré (Hg)	-	644.0	1.76E+01	na		1.80E-05	2.71E-05
Phénol	3.33E-07	36.7	8.57E-03	détecté +++		1.53E-07	2.30E-07
Crésols (somme des isomères) = o-crésols	1.20E-06	10.7	1.66E-01	nd		substance non prise en compte	
Naphtalène	4.40E-04	630.00	1.30E+01	détecté +++		2.58E-05	3.87E-05
Acénaphthylène	1.14E-04	10.00	1.22E-02	nd		substance non prise en compte	
Acénaphthène	1.84E-04	85.70	1.77E-01	nd		substance non prise en compte	
Fluorène	9.62E-05	38.00	3.11E-02	na		substance non prise en compte	
Phénanthrène	4.23E-05	103.40	8.95E-03	na		substance non prise en compte	
Anthracène	5.56E-05	786.00	7.20E-02	na		substance non prise en compte	
Fluoranthène	8.86E-06	146.2	2.19E-03	na		substance non prise en compte	
Pyrène	1.19E-05	30.1	4.35E-04	na		substance non prise en compte	
Benzo(a)anthracène	1.20E-05	3.50	8.03E-06	na		substance non prise en compte	
Chrysène	5.23E-06	5	1.11E-05	na		substance non prise en compte	
Benzo(b)fluoranthène	6.57E-07	1.61	1.62E-05	na		substance non prise en compte	
Benzo(k)fluoranthène	5.84E-07	1.26	6.73E-08	na		substance non prise en compte	
Benzo(a)pyrène	4.57E-07	2.2	3.12E-07	na		substance non prise en compte	
Dibenzo(ah)anthracène	1.23E-07	0.1	6.15E-10	na		substance non prise en compte	
Benzo(ghi)peryène	3.31E-07	1.0	9.74E-08	na		substance non prise en compte	
Indéno(123-cd)pyrène	3.48E-07	3.0	7.76E-14	na		substance non prise en compte	
heptabarbital	6.81E-13	1.9	4.93E-10	na		substance non prise en compte	
4-chlorophénylméthylsulfone	9.24E-07	2.6	8.48E-03	na		substance non prise en compte	
Aniline	2.02E-06	118	2.29E-01	nd		substance non prise en compte	
4-chlorméthylaniline	1.99E-06	48.8	2.86E-01	nd		substance non prise en compte	
N,N diméthylaniline	5.68E-05	3.8	4.32E-02	nd		substance non prise en compte	
Monochloranilines (assimilées 2-MCA)	5.39E-06	23.3	1.52E-02	nd		substance non prise en compte	
Dichloranilines (assimilées 3,4-DCA)	1.46E-05	133.7	1.78E+00	nd		substance non prise en compte	
Trichloroanilines (assimilées 2,4,6-DCA)	1.34E-06	2.8	3.72E-02	nd		substance non prise en compte	
o,m,p-toluidines	8.20E-05	1.4	3.40E-03	nd		substance non prise en compte	
Diméthylacetamide	?	-	-	nd à détecté ++		substance non prise en compte	
chlornaphtalène	?	-	-	nd à détecté +		substance non prise en compte	
3-chlor-benzotrifluorid	?	-	-	nd à détecté +		substance non prise en compte	
				na	non analysé		
				nd	non détecté		
				détecté +	non quantifié précisément - traces dans le scan		
				détecté ++	non quantifié précisément - existant dans le scan		
				détecté +++	non quantifié précisément - valeur élevée dans le scc		

Tableau 34 : Transfert des déchets et/ou des gaz du sol vers l'air ambiant
 Résultats des calculs et mesures

8.2.3. Transfert eau de surface / air ambiant

□ Exutoire du drain n°2

On considère de façon sécuritaire un mélange virtuel de substances dont les concentrations sont égales aux teneurs maximales observées entre juin 2002 et mars 2007, pour les substances dont la constante de Henry est supérieure ou égale à $1 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{mole}$ ($9,99\cdot 10^{-6} \text{ atm}\cdot\text{m}^3/\text{mole}$).

On constate qu'à l'exception du TCE (concentration dans l'air ambiant : $5,6\cdot 10^{-4} \text{ mg}/\text{m}^3$, soit $0,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cf. Figure 41), les concentrations unitaires en composés organiques dans l'air ambiant à 1 m au dessus de la flaque du drain n°2 sont inférieures à $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La grande majorité des composés volatils à semi volatils comme les chlorobenzènes et les amines aromatiques génèrent des concentrations dans l'air dans la gamme de $1\cdot 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le restant des composés, peu ou pas volatils, conduisent à des concentrations négligeables bien inférieures à $1\cdot 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$.

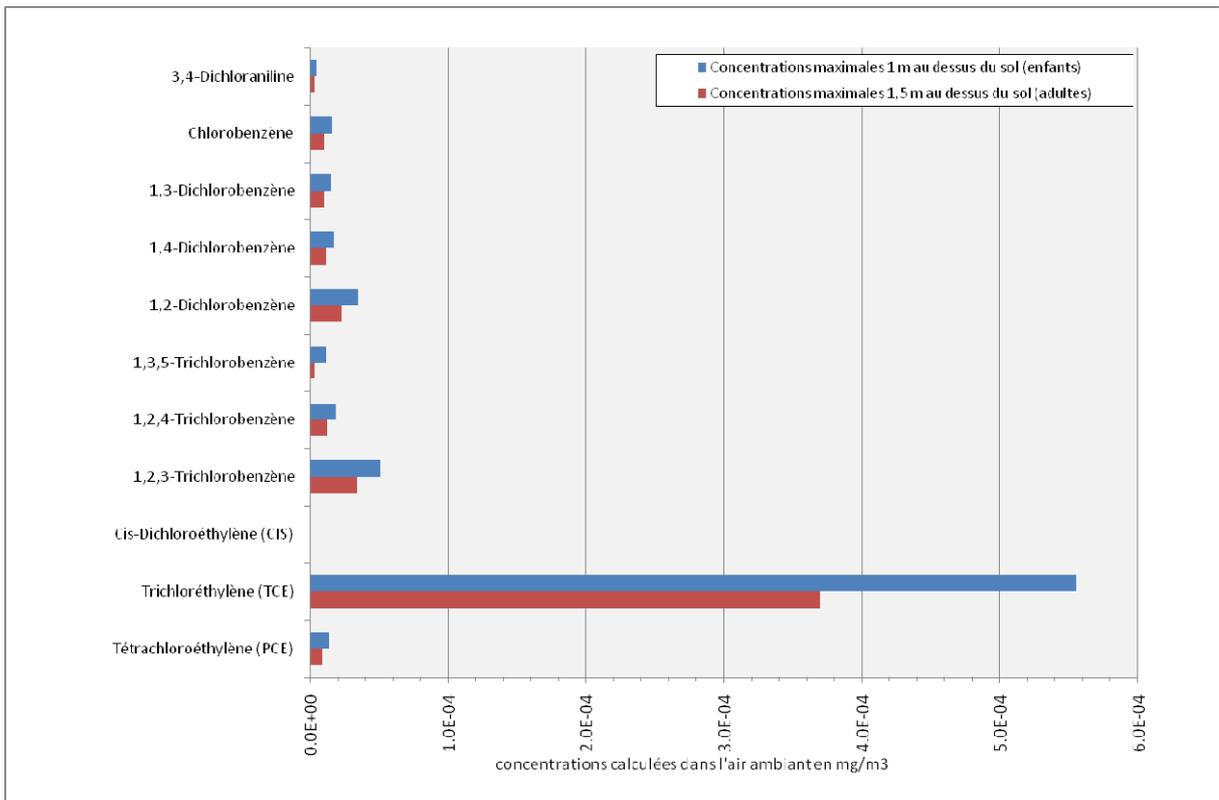


Figure 41 : Calcul des concentrations dans l'air ambiant par transfert depuis l'eau du drain n°2

□ **Source ES3**

Une approche conservatoire similaire à celle employée pour le drain n°2 a été appliquée à la source ES3, pour les substances dont la constante de Henry est supérieure ou égale à $1 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{mole}$ ($9,99\cdot 10^{-6} \text{ atm}\cdot\text{m}^3/\text{mole}$).

On constate que les concentrations dans l'air ambiant à 1 m au dessus du plan d'eau de ES3 sont très faibles et inférieures à $0,003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (cf. Figure 42).

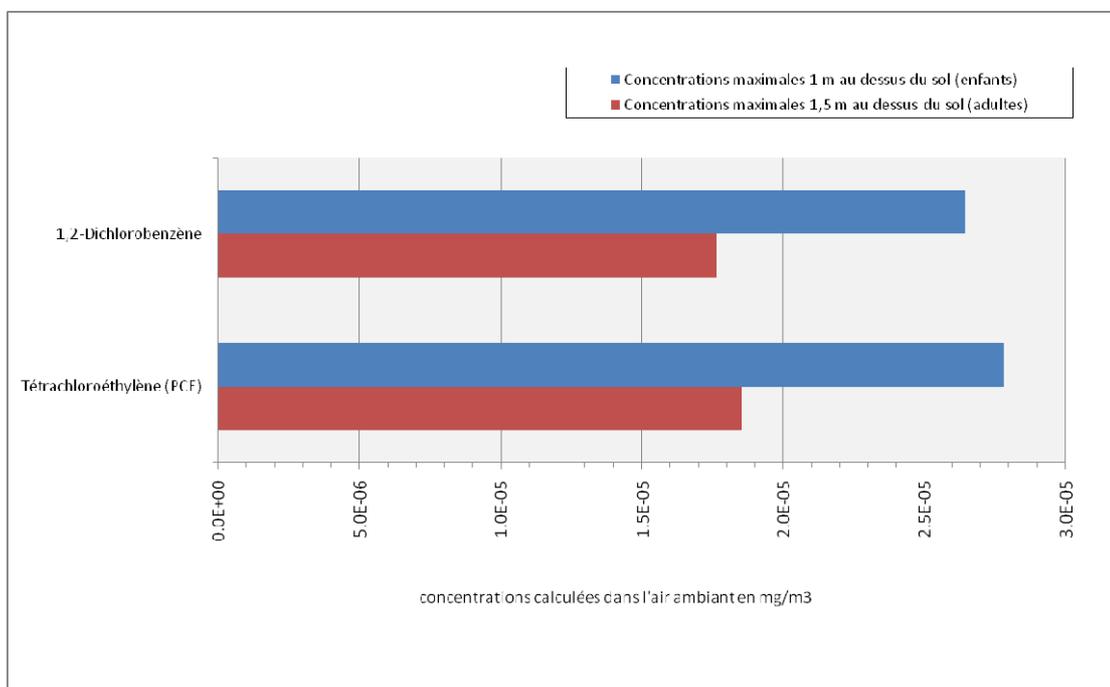


Figure 42 : Calcul des concentrations dans l'air ambiant par transfert depuis l'eau de la source ES3

9. EDR Ressources en eau

9.1. Usages des eaux superficielles

Aucun usage avéré des eaux du Lertzbach n'a été reconnu dans le secteur d'étude et sur la période d'observation. On rappelle par ailleurs que ces eaux sont contaminées par les rejets domestiques (eaux usées) des villages et habitations situés en amont de l'ancienne décharge du Letten.

Deux points de résurgence des eaux souterraines sous influence de la décharge du Letten ont été identifiés dans le secteur d'étude :

- la source ES3, dont les eaux peuvent être utilisées par des enfants dans le cadre de leurs jeux en forêt,
- la flaqué temporaire au débouché du drain n°2. On ne peut exclure que ces eaux, comme celles de la source ES3, soient utilisées par des enfants du village limitrophe dans le cadre de jeux.

9.2. Usages des eaux souterraines

9.2.1. Usages de la nappe et de puits captant la Molasse alsacienne

9.2.1.1. Usages et puits AEP

La Molasse est sollicitée pour l'AEP à SCHÖNENBUCH par le forage dit « *Kappelmatte* » (indice national suisse 25.A.1), présentant une profondeur de 75 m, situé au Nord Nord-Est du village, à la frontière franco-suisse. La décharge du Letten est localisée à 600 m au Sud-Ouest du captage et à 250 m du périmètre de protection (cf. Figure 43).

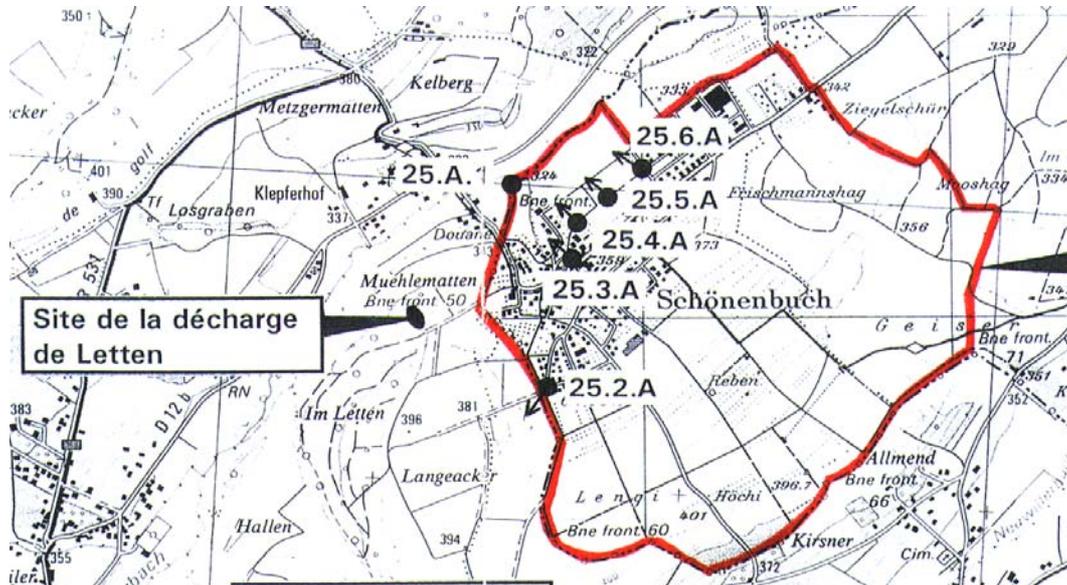


Figure 43 : Position de la décharge du Letten, du captage AEP « Kappelmaten » et du périmètre de protection associé

Il s'agit, historiquement, du premier forage de la région qui capte la nappe de la Molasse alsacienne. L'ouvrage est crépiné de 42 à 67 m au regard d'une alternance métrique à plurimétrique de sables, d'argiles et de grès.

Les formations formant la tranche de terrain de 0 à 42 m sont de nature argileuse et argilo sableuses, peu perméables correspondant aux Marnes à Cyrènes. Le puits a été créé en 1973 (cf. coupe géologique du puits présentée en annexe C du volet 4, rapport ANTEA A47556/A [51]).

Le débit moyen d'exploitation était de 24 m³/h (200 000 m³/an en moyenne sur les 20 dernières années d'exploitation). Le puits et la pompe ont été dimensionnés pour un débit nominal maximal de 450 litres/minutes (7,5 litres/seconde).

L'exploitation est encadrée par l'autorisation RR n° 184 du 13 janvier 1976 qui précise le périmètre de protection rapprochée (« Schutzzone S1 »). Le puits AEP « Kappelmaten » ne dispose d'aucun périmètre de protection éloignée.

Le bassin versant minimum nécessaire pour assurer les débits moyens de l'AEP Kappelmaten est estimé par le bureau d'étude HOLINGER (rapport E-1563.1000 de janvier 2006), sur la base de la méthode de bilan et de 10 litres par km² « Bilanzgebiet 10-680 gem. Hydrol. Atlas der Schweiz » : il serait de 0,6 km².

Le niveau dynamique relevé le 28 mars 2001 est de $-41,7$ m / sol. Le rapport du bureau d'étude HOLINGER E-1563.1000/BID du 16 janvier 2006 précise à partir de données statistiques le régime d'exploitation du puits.

Il est actuellement exploité par les communes d'Allschwil et de Schönenbuch pour l'AEP. Le puits est intégré à un réseau maillé comprenant les sources Milchhüsli et Brunnenmatten située à Schönenbuch. Sur la période d'exploitation de 1980 à 1984 (annexe du rapport HOLINGER du 16 janvier 2006), le puits AEP Kappelmaten contribue à seulement 5 % de l'alimentation en eau potable du district d'ALLSCHWIL.

9.2.1.2. Autres usages et autres puits

□ Puits Calonego

Le puits « *Calonego* » est situé à 500 m au Nord-Est de la décharge, Zollstrasse à SCHÖNENBUCH. Sa position est précisée sur le plan de la Figure 46, ainsi que sur le plan de la figure 7 du volet 1 (rapport ANTEA A46162/A [48]).

La formation aquifère captée par ce puits reste incertaine compte tenu de l'absence de coupe géologique et technique de cet ouvrage. Profond de 9 m, il capte vraisemblablement les horizons supérieurs peu aquifères de la formation de la Molasse (et/ou le contact avec le manteau loessique).

Il s'agit d'un puits privé agricole pourvu d'une pompe électrique immergée. Ce puits n'est plus utilisé pour l'alimentation en eau agricole (AEA).

□ Puits du Golf

La position de ce puits est précisée sur le plan de la Figure 46.

Il s'agit du puits inventorié sous l'indice national 445-8X-0089 (X : 987500, Y : 2294820 Lambert II étendu, Z : 385 m NGF) situé sur le ban de la commune de HAGENTHAL-LE-BAS au lieudit Losgraben. Ce puits de 75 m de profondeur est équipé d'un tubage PVC de diamètre interne 125 mm, crépiné de 61 m à 75 m de profondeur au regard de grès fortement altérés et aquifères.

Le niveau statique s'établissait à -7 m/sol en août 1992. Le rabattement induit par un pompage de 7 à 8 m³/h est de 34 m (données PRECIFORAGES SARL).

Le puits est exploité par le Golf Club de BALE pour l'arrosage des green.

Aucun autre puits captant la Molasse pour des usages AEP, AEA ou AEI n'a été porté à notre connaissance dans le secteur de SCHÖNENBUCH / HAGENTHAL-LE-BAS concerné par la décharge.

9.2.1.3. *La Molasse alsacienne en tant que ressource en eau*

Né de la loi française sur l'eau de 1992, le SDAGE¹⁹ couvre des domaines plus larges que ceux prescrits par la Directive-Cadre sur l'Eau. Il fixe pour chaque bassin hydrographique les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau dans l'intérêt général. Le SDAGE sera mis à jour au 1er janvier 2009.

Etablis à l'échelle d'un sous-bassin ou d'un aquifère, les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE²⁰) définissent les orientations, les objectifs et les aménagements pour une gestion équilibrée de la ressource en eau. Une commission locale de l'eau, rassemblant les représentants des collectivités locales, des usagers et des services de l'Etat est chargée de l'élaboration du SAGE et du suivi de sa mise en œuvre.

Sur les 33 périmètres de SAGE identifiés dans le SDAGE Rhin-Meuse, six ont vu à ce jour une demande de mise en œuvre de SAGE se matérialiser.

La nappe de la Molasse alsacienne ne fait l'objet actuel d'aucun SAGE.

9.2.2. *Usages de la nappe des Alluvions anciennes*

9.2.2.1. *Usages AEP*

La nappe des Alluvions anciennes est exploitée pour l'alimentation en eau potable de SCHÖNENBUCH par le captage (par puits et drains) d'une série de sources d'indice national suisse 25.3.A, "Milchhüsli", 25.4.A, 25.5.A et 25.6.A (AEP « Brunnenmatten »). Il s'agit d'un ensemble d'une vingtaine de captages tous situés dans le village de SCHÖNENBUCH, généralement entre la cote + 347 m NGF et + 350 m NGF.

La source la plus proche de la décharge, 25.3.A "Milchhüsli" est située à 550 m à l'Est de la décharge du Letten.

¹⁹ SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

²⁰ SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

Les sources se déversent librement par trop plein à l'exception de la source dite « *Milchhüsli* » où un pompage est effectué. L'essentiel de ces captages a été mis en place entre 1905 et 1942. Ces sources sont exploitées pour l'AEP par les communes d'ALLSCHWIL et de SCHOENENBUCH. L'ensemble de ces sources forme un réseau AEP maillé, auquel appartient également le puits AEP « *Kappelmaten* ». Ces sources assurent plus de 90 % du débit du réseau de captage maillé exploité.

Le bassin versant minimum nécessaire pour assurer les débits moyens de la source « *Milchhüsli* » (1,7 l/s, soit 6,1 m³/h, entre 1980 et 2004) est estimé par le bureau d'étude HOLINGER (rapport E-1563.1000 de janvier 2006) sur la base de la méthode de bilan et de 10 litres par km² « *Bilanzgebiet 10-680 gem. Hydrol. Atlas der Schweiz* » : il serait de 0,2 km². Pour les sources de la ligne de l'AEP « *Brunnmatten* » (débit moyen de 5,8 l/s, soit 20,9 m³/h, entre 1980 et 2004), il serait de 0,6 km².

La source AEP dite *Grien* d'indice 25.1.A a été définitivement déconnectée du réseau AEP en 2000 du fait de la dégradation de la qualité de ses eaux (bactériologique).

9.2.2.2. *Autres usages*

Aucun autre puits captant les Alluvions anciennes pour des usages AEP, AEA ou AEI n'a été renseigné dans le secteur de SCHÖNENBUCH / HAGENTHAL-LE-BAS concerné par la décharge.

9.2.2.3. *Les Alluvions en tant que ressource en eau*

La nappe des Alluvions anciennes des plateaux ne fait actuellement l'objet d'aucun SAGE.

D'une manière générale, on constate à l'échelle régionale, dans le Sundgau, une dégradation de la qualité chimique et bactériologique des eaux des Alluvions anciennes du fait de l'activité humaine (rejets domestiques, agriculture). Les concentrations les plus préoccupantes concernent les produits phytosanitaires et les nitrates (source APRONA).

9.3. Impact sur la ressource en eau et vulnérabilité des puits et captages actuels

9.3.1. Notion de vulnérabilité

La notion de vulnérabilité repose sur l'idée que le milieu physique en relation avec la nappe d'eau souterraine procure un degré plus au moins élevé de protection vis à vis de contaminations suivant les caractéristiques de ce milieu et des contaminants.

En matière de pollution des eaux souterraines, on doit considérer à la fois :

- l'introduction d'une pollution, c'est-à-dire le transit selon un trajet vertical de corps polluants entraînés par les eaux d'infiltration, de fluides polluants migrant par gravité depuis la surface du sol jusqu'au toit de la nappe ou encore de migration inter nappe selon les gradients piézométriques (drainance) (**vulnérabilité verticale**),
- la propagation de la pollution (convection et dispersion), c'est-à-dire l'écoulement de l'eau polluée entraînée par le mouvement naturel de la nappe atteinte. La persistance plus ou moins prolongée de la zone contaminée est liée au renouvellement naturel de l'eau dans le réservoir souterrain (**vulnérabilité horizontale**),
- la pollution de la nappe par infiltration des eaux superficielles contaminées.

Les composés organiques sont soumis à divers processus lors de leur migration en nappe ou dans les eaux superficielles :

- dégradation biologique ou abiotique (hydrolyse, photolyse...),
- adsorption, absorption sur les éléments de la matrice du sol, des sédiments, matières en suspension ou du réservoir aquifère,
- volatilisation,
- dilution / hydrodispersion / diffusion moléculaire.

Ces phénomènes d'atténuation ont un effet sur les concentrations, masses, mobilités et toxicités des substances organiques présentes dans le milieu souterrain.

9.3.2. Vulnérabilité du puits AEP « Kappelmaten » à SCHÖNENBUCH

9.3.2.1. Hypothèses de travail

Des études réalisées par le bureau d'études HOLINGER pour le compte de l'AUE BL (référence E-1563.1000/BID, rapport « *Beurteilung Exposition und Beeinflussung durch Deponien im angrenzenden Elsass* » du 16 janvier 2006, [61], et rapport « *Ergebnisse ergänzender hydrogeologischer Untersuchungen* » du 23 octobre 2007, [62]) montrent, sur la base d'analyses hydrogéochimiques et isotopiques (tritium) que les eaux pompées au niveau du puits profond, entre 45 m et 65 m de profondeur, possèdent une composante d'eau « jeune » qui peut s'expliquer par l'apport d'eaux souterraines issues d'horizons plus superficiels que les horizons sollicités au regard de la crépine du puits.

Deux hypothèses peuvent être émises pour expliquer la composante eau « jeune » (cf. Figure 44) :

- ❷ Drainance *per descensum* d'eaux souterraines des horizons plus superficiels de la Molasse alsacienne, à proximité immédiate du puits, dans l'emprise du cône de rabattement piézométrique induit par le pompage dans les horizons profonds (« *downwelling* »). Cette hypothèse est, au vu des éléments disponibles très peu probable (séparation des horizons supérieurs et inférieurs perméables de la molasse par plus de 30 mètres de formations argileuses au niveau du forage).
- ❸ Défauts d'étanchéité de l'équipement du puits et infiltration directe dans le puits d'eau souterraine provenant d'horizons superficiels de la Molasse alsacienne. L'inspection caméra réalisée par le bureau d'études HOLINGER confirme cette hypothèse [62].

Un composé chimique présent dans l'environnement du puits AEP peut donc rejoindre la pompe du puits et le réseau de distribution d'eau potable par trois voies hypothétiques :

1. **Hypothèse A (❶)**: Par transfert direct depuis la décharge dans les horizons profonds captés spécifiquement par l'AEP. Ceci suppose :
 - qu'il y ait eu au préalable un transfert vertical des polluants des alluvions et/ou des horizons supérieurs de la molasse vers les horizons profonds de la molasse au droit de la décharge ;
 - que la décharge soit située dans la zone d'emprunt du forage.

2. **Hypothèse B1** : Par le transfert de substances depuis la décharge via le Lertzbach (drainage des eaux souterraines par le cours d'eau), puis réinfiltration des eaux du Lertzbach dans les eaux souterraines au niveau du cône de rabattement du puits AEP (❶) et entrée dans le puits par des défauts de l'équipement (❷),
3. **Hypothèse B2** : Par le transfert de substances depuis la décharge dans les horizons aquifères superficiels de la Molasse alsacienne, et infiltration par des défauts de l'équipement du puits (❸).

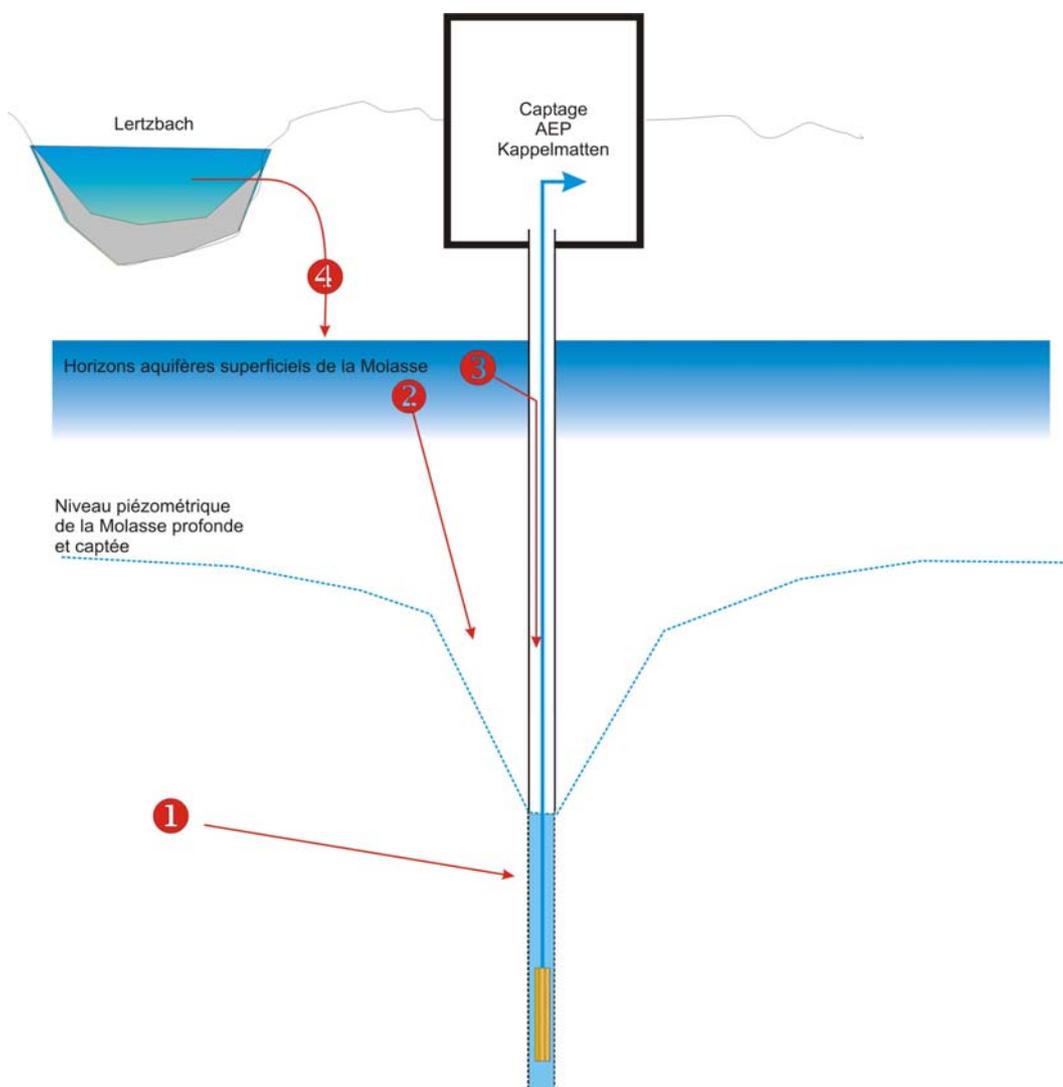


Figure 44 : Vulnérabilité horizontale et verticale du puits AEP de Kappelmaten

9.3.2.2. Analyse de l'hypothèse A

□ Possibilités de transferts verticaux de polluants au droit de la décharge

Compte tenu des informations disponibles et des développements sur les mécanismes de migration donnés dans le § 7, en particulier dans le § 7.5.2.2, il apparaît que les transferts verticaux par convection et diffusion (au travers d'une vingtaine, voire d'une trentaine de mètres de formations argileuses) entre la partie supérieure de la molasse et les horizons profonds captés sont infimes voire négligeables.

Ceci tend à être confirmé par les résultats des analyses réalisées sur le piézomètre profond Plet9, captant les horizons exploités par l'AEP « Kappelmatten », et situé à mi chemin entre l'AEP et la décharge, qui n'ont pas mis en évidence la présence de composés organiques traceurs des déchets de la chimie bâloise.

Rappelons par ailleurs que durant la période d'observation de mars 2001 à mars 2007, aucun composé traceur des déchets de la chimie bâloise n'a été détecté sur le puits AEP Kappelmatten, ni par analyses ciblées, ni par screening.

□ Possibilités de transferts horizontaux vers le puits Kappelmatten

Ceci suppose que la nappe de la molasse profonde s'écoule de la décharge vers le captage (soit sensiblement du Sud-ouest vers le Nord-Est), soit naturellement, soit sous l'effet du pompage sur le puits (c'est à dire si la décharge est située dans la zone d'emprunt du captage).

Concernant l'écoulement de la nappe, l'analyse hydrogéologique et les mesures piézométriques disponibles (bien que délicates à interpréter vu le caractère stratifié de l'aquifère, et le peu de mesures directes dans la molasse profonde), tendent à montrer qu'il se produit plutôt vers le nord, voire le nord nord-ouest. Dans cette configuration, les eaux ayant transité sous la décharge ne peuvent atteindre le forage.

Concernant la géométrie de la zone d'emprunt du puits, elle peut être estimée à partir des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (transmissivité, gradient de l'écoulement) et du débit de pompage.

Les calculs ont été réalisés en première approximation au moyen de la formule de Wyssling, sur la base des résultats des pompages d'essai (transmissivité comprise entre $2,5 \cdot 10^{-4}$ et $7,5 \cdot 10^{-4}$ m²/s) et des mesures piézométriques disponibles (gradient de quelques %).

Le Tableau 35 présente les résultats de ces calculs sous forme d'analyse de sensibilité. Le débit retenu pour les calculs correspond à la capacité maximale actuelle du puits, soit 26 m³/h (le débit d'exploitation est habituellement de 24m³/h).

Largeur amont du front d'emprunt en mètres		Transmissivité en m ² /s		
		2,5.10 ⁻⁴	5,0.10 ⁻⁴	7,5.10 ⁻⁴
Gradient	2%	1444	722	481
	4%	722	361	241
	6%	481	241	160

Tableau 35 : Estimation de la largeur amont du front d'emprunt du puits Kappelmaten (Analyse de sensibilité)

Selon ce tableau, la décharge ne serait située dans la zone d'emprunt que dans le cas de l'association d'un gradient faible avec une transmissivité faible. Il est néanmoins considéré que l'association de ces hypothèses extrêmes est improbable puisqu'en pratique, pour un flux donné, le gradient d'écoulement d'une nappe est fort si la perméabilité est faible et inversement (application de la loi de Darcy $V=K.i$). La figure 46 présente en conséquence les résultats calculés pour les hypothèses extrêmes avec une association de paramètres jugée réaliste. **Selon les résultats présentés sur cette figure, la décharge resterait en dehors de la zone d'emprunt du pompage sur l'AEP Kappelmaten.**

La géométrie « moyenne » probable de la zone d'emprunt déduite de ces calculs (largeur amont d'environ 500 mètres) et intégrant la direction d'écoulement de la nappe est représentée sur la Figure 46.

Ainsi, compte tenu de la direction d'écoulement de la nappe, les calculs réalisés tendent à montrer que l'ancienne décharge du Letten est probablement située en dehors de la zone d'emprunt du puits AEP « Kappelmaten ».

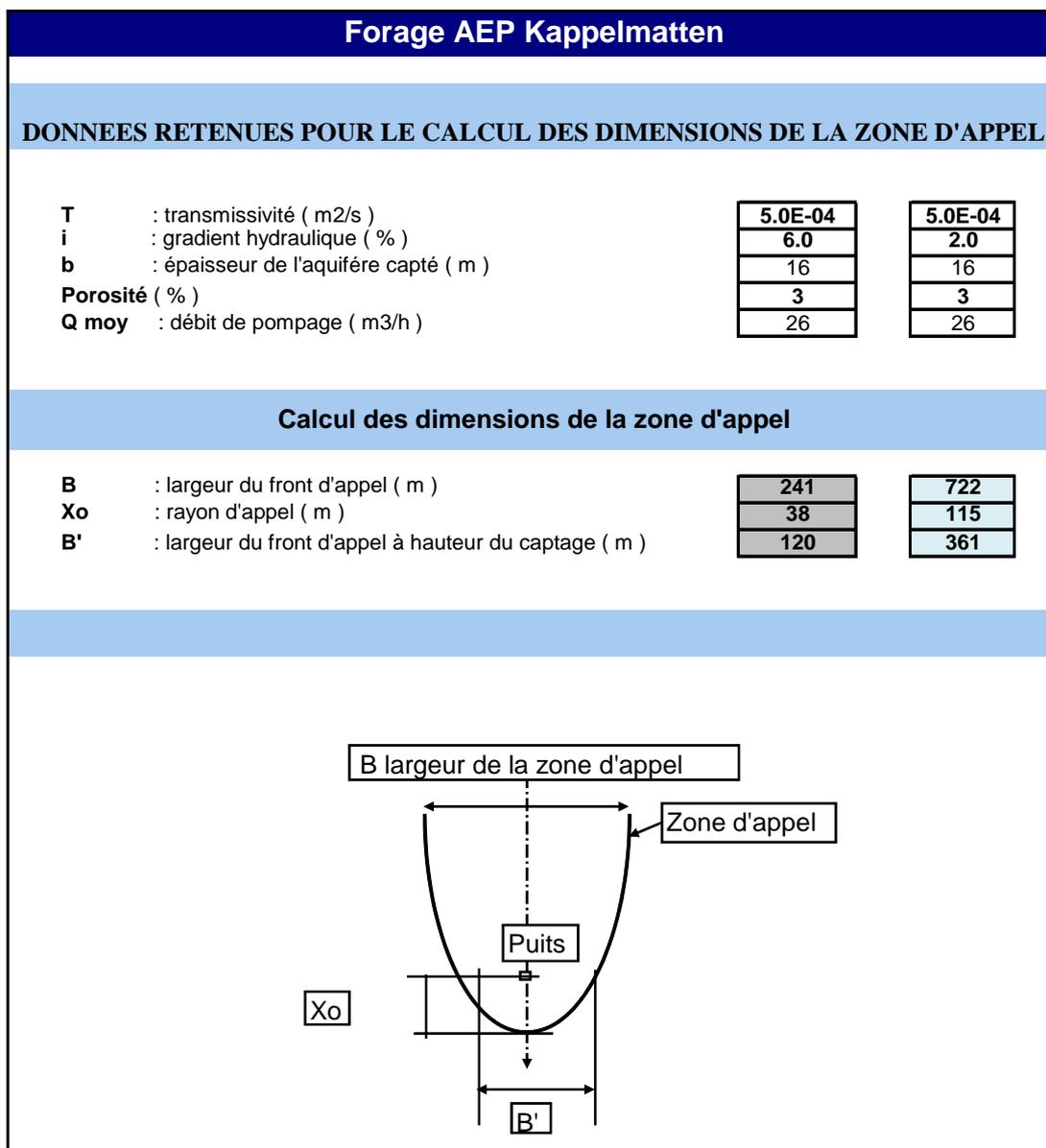


Figure 45 : Estimation de la géométrie de la zone d'appel pour le puits AEP
 « Kappelmaten »

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

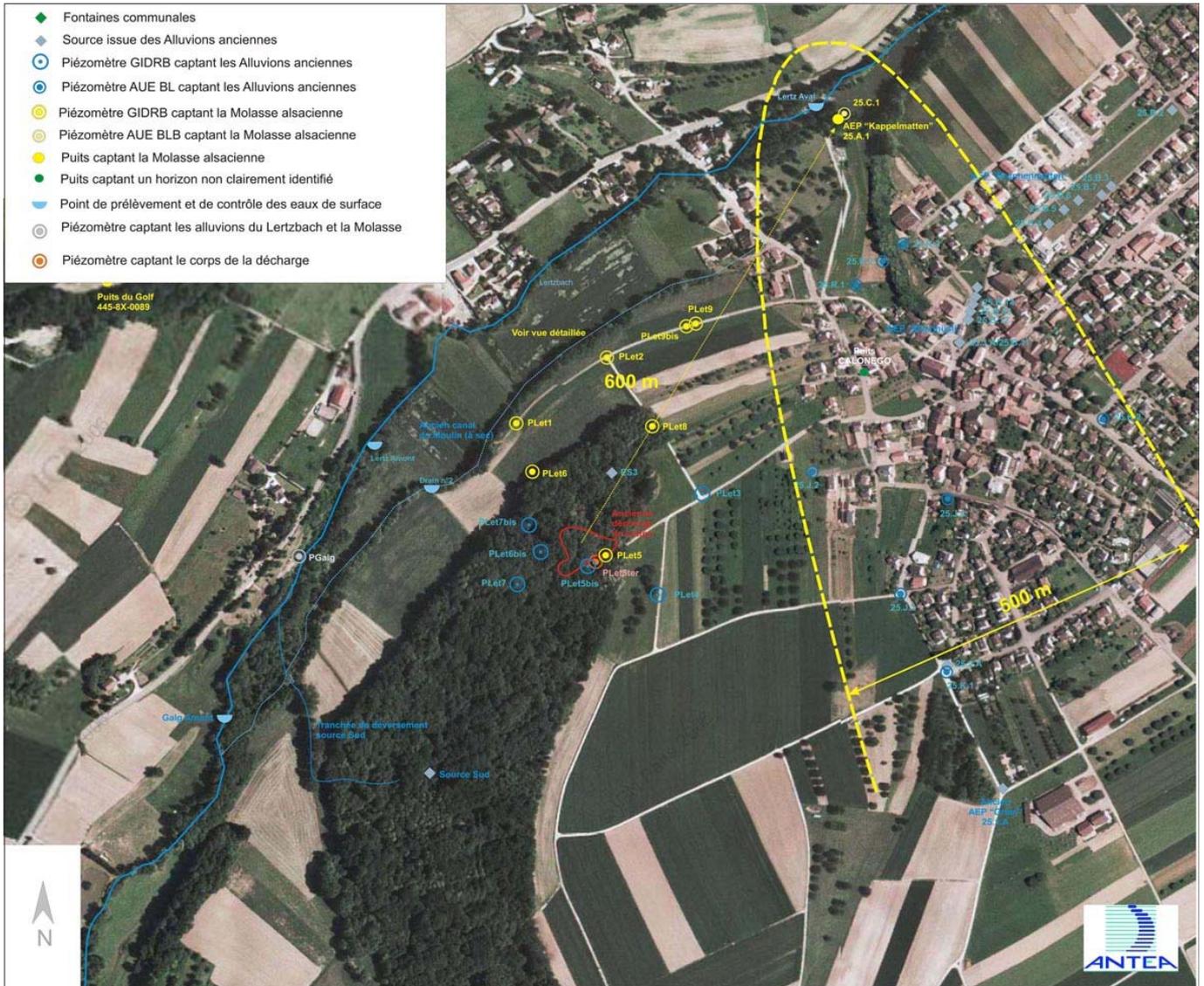


Figure 46 : Estimation « moyenne » de la géométrie de la zone d'emprunt de l'AEP « Kappelmaten » et position de la décharge du Letten

9.3.2.3. Analyse de l'hypothèse B1

□ **Transfert de polluants vers le Lertzbach**

Le Lertzbach constitue manifestement l'exutoire naturel des eaux souterraines circulant dans les horizons géologiques peu profonds. Les données disponibles montrent une atténuation des concentrations déjà forte entre les eaux souterraines au pied de la décharge (Plet6bis) et le drain 2, atténuation qui se poursuit sans doute vers l'aval.

En outre, le débit de nappe drainé par le cours d'eau au niveau de la section correspondant à l'extention du panache est très faible par rapport au débit provenant du drainage des eaux souterraines en dehors de cette section, et plus faible encore par rapport au débit transitant dans le cours d'eau (apports amont, ruissellement). Il en résulte une très forte dilution des substances qui parviendraient jusque là dans le cours d'eau.

Ceci est corroboré par les analyses effectuées régulièrement sur le Lertzbach (absence de traceurs de la décharge).

□ **Réinfiltration vers la nappe et atteinte du captage**

L'hypothèse B1 suppose ensuite la migration des polluants dans le cours d'eau, puis la réinfiltration des eaux du Lertzbach vers la molasse supérieure aux abords du captage, et enfin l'infiltration vers le captage, qui pompe des eaux provenant de la molasse profonde. Il en résulterait d'importantes dispersions, dégradations et dilutions supplémentaires.

En conséquence, il apparait très peu réaliste d'envisager une contamination du captage par cette voie.

9.3.2.4. Analyse de l'hypothèse B2

Cette hypothèse suppose la migration, en direction du captage et en concentrations suffisamment élevées, de substances dissoutes dans les eaux souterraines circulant dans les formations géologiques peu profondes.

Les données piézométriques disponibles montre que l'écoulement de ces eaux souterraines se produit plutôt vers le nord-ouest ou le nord nord-ouest (drainage par la vallée du Lertzbach), et non pas en direction du captage, ce qui est corroboré par les résultats d'analyses sur les piézomètres latéraux Plet2, Plet8, et surtout Plet9bis (absence de traceurs de la décharge sur ce dernier).

Par ailleurs, et bien que l'on ne dispose pas de point de mesure entre le fossé du moulin et le Lertzbach, ou le long du cours d'eau en aval du panache, il est très peu probable que l'écoulement des eaux souterraines s'incurve de 90° au niveau du Lertzbach pour suivre une direction parallèle à celle du cours d'eau (ce qui permettrait ensuite à ces eaux d'atteindre le captage par infiltrations au niveau de l'équipement défectueux du puits.

En outre, à supposer que ce transfert puisse tout de même s'effectuer, l'atténuation des concentrations sur la distance puis par dilution dans le forage serait très importante.

En conséquence, il apparaît également peu réaliste d'envisager une contamination du captage par cette voie.

9.3.2.5. Conclusion

Compte tenu :

- **des concentrations maximales en composés organiques traceurs des déchets enfouis au Letten (traces, concentrations inférieures à 5 µg/l) observées dans la partie supérieure de la Molasse alsacienne,**
- **des résultats analytiques sur le doublet piézométrique Plet9/Plet9bis (juin 2007),**
- **du comportement physico chimique de ces composés (biodégradation),**
- **du contexte géologique et hydrogéologique (en particulier de l'hydrodynamique des horizons AEP profonds, des horizons superficiels et des relations de drainance présumées),**
- **des mécanismes de transport des composés en jeu,**
- **des relations nappe / rivière,**
- **du mode d'exploitation du forage AEP « Kappelmaten »,**

la Molasse alsacienne, sollicitée pour l'AEP « Kappelmaten », n'est pas vulnérable vis à vis de la décharge du Letten.

Cette appréciation est cohérente avec celle de la société d'ingénierie HOLINGER [62], qui a étudié la question de manière indépendante pour le compte de l'administration du canton de Bâle campagne.

9.3.3. Vulnérabilité des sources AEP « Milchhüsli » et « Brunnenmatten » à SCHÖNENBUCH

Durant la période d'observation de mars 2001 à mars 2007, on note l'absence de composés traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 à des concentrations supérieures à 0,1 µg/l (Limite Inférieure de Quantification) dans les eaux de la source AEP « Milchhüsli ».

Les concentrations maximales en composés traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50, constatées au niveau des points de contrôle situés entre la décharge du Letten et les sources AEP, à savoir Plet3 et la source ES3, contrôlés semestriellement depuis 2001, sont les suivantes :

- traces occasionnelles n'excédant pas 1 µg/l, la pertinence du programme analytique appliqué à cette surveillance étant validée par le screening CPG/MS réalisé sur ES3 en avril 2006,
- ces faibles concentrations excluent toute possibilité de corps de composés organiques non miscibles, flottants (LNAPL) ou plongeants (DNAPL) susceptibles de migrer avec ou indépendamment de l'hydrodynamique locale, à proximité des points de contrôle sur la durée de l'observation.

Les seules possibilités d'émission des composés présents dans la décharge vers les sources AEP de SCHÖNENBUCH sont :

- la convection / dispersion (migration sous forme aqueuse selon les écoulements),
- la diffusion (migration sous forme aqueuse selon les gradients de concentration).

9.3.3.1. Migration sous forme dissoute par convection/dispersion

Les cartes piézométriques de la nappe des Alluvions anciennes des plateaux établies par ANTEA depuis mars 2001 (cf. rapports ANTEA de surveillance semestriels, liste donnée en annexe B dans le volet 4 [51]), et en particulier celle de mars 2007 (cf. Figure 12), la plus complète du lot de cartes, et celle diffusées par le bureau d'étude HOLINGER (rapport E-1563.1000 de janvier 2006 [61]) amènent les commentaires suivants :

- le vallon orienté Nord Nord-Est/Sud Sud-Est, au débouché duquel est implanté SCHÖNENBUCH, et entaillant le massif des Alluvions anciennes perchées constitue un axe de drainage de la nappe des Alluvions. Les sources AEP de SCHÖNENBUCH se situent en aval de cet axe de drainage,

- l'ancienne décharge du Letten est séparée du village de SCHÖNENBUCH et de ses sources AEP par une crête piézométrique. La décharge du Letten et la source AEP la plus proche (« *Milchhüsli* ») ne sont pas situées dans le même bassin versant.

9.3.3.2. Migration sous forme dissoute par diffusion

Comme pour la Molasse alsacienne, la diffusion peut avoir lieu au contact des plus fortes concentrations (eaux des Alluvions anciennes fortement contaminées et/ou au contact des déchets saturés en eau), dans les horizons de faible perméabilité (argiles sableuses, sables argileux).

Cette diffusion est vraisemblablement de faible portée. Ce mécanisme ne concerne que le proche environnement de la décharge et ne peut être pris en compte de façon réaliste comme mécanisme de transport en aval de la décharge.

9.3.3.3. Conclusion

Compte tenu :

- **des concentrations maximales observées en composés organiques traceurs des déchets enfouis au Letten (traces, concentrations < 1 µg/l) dans les Alluvions anciennes, entre l'ancienne décharge et SCHÖNENBUCH,**
- **du comportement physico chimique de ces composés (biodégradation),**
- **du contexte géologique et hydrogéologique (en particulier la géométrie des bassins versants des sources et les écoulements),**
- **des mécanismes de transport des composés en jeu,**
- **du mode d'exploitation des captages (écoulement passif),**

la nappe des Alluvions anciennes, sollicitée pour les AEP « Milchhüsli » et « Brunnematten » à SCHÖNENBUCH, n'est pas vulnérable vis à vis de la décharge du Letten.

Cette appréciation est cohérente avec celle de la société d'ingénierie HOLINGER [62], qui a étudié la question de manière indépendante pour le compte de l'administration du canton de Bâle campagne.

9.3.4. Vulnérabilité du puits CALONEGO

Les hypothèses considérées et les arguments avancés pour ce puits sont les mêmes que pour les sources AEP de SCHÖNENBUCH. Le puits n'est actuellement plus sollicité par pompage et de fait est sans effets sur les écoulements locaux de la nappe captée.

Compte tenu :

- **des concentrations maximales observées en composés organiques traceurs des déchets enfouis au Letten (traces, concentrations < 1 µg/l) dans les Alluvions anciennes, entre l'ancienne décharge et SCHÖNENBUCH,**
- **du comportement physico chimique de ces composés (biodégradation),**
- **du contexte géologique et hydrogéologique (en particulier la géométrie des bassins versants des sources et les écoulements),**
- **des mécanismes de transport des composés en jeu,**
- **de l'absence de pompage dans le puits et du caractère superficiel du puits,**
- **de l'absence de substances attribuables à la décharge dans les eaux du puits**

le puits CALONEGO n'est pas vulnérable vis à vis de la décharge du Letten.

Cette appréciation est cohérente avec celle de la société d'ingénierie CSD [63], qui a étudié la question de manière indépendante pour le compte du GIDRB.

La contamination observée dans ce puits depuis mars 2001 présente la signature d'influence d'eau de ruissellement sur chaussées (hydrocarbures, chlorures et sulfates des sels de déneigement, etc.) qui ne peut être imputée à l'ancienne décharge du Letten.

9.3.5. *Vulnérabilité de la Ressource en Eau*

9.3.5.1. *Compatibilité avec le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux)*

Les termes superficiels de la Molasse alsacienne sont marqués dans le proche environnement de la décharge par une contamination diffuse par des traces de composés organiques traceurs de déchets de la chimie bâloise des années 50. Le degré de contamination a tendance à augmenter depuis le retour des conditions de hautes eaux, c'est à dire depuis 2005.

Les analyses effectuées en mai 2007 sur le piézomètre Plet9 captant la partie profonde de la Molasse alsacienne (sous la cote +340 m NGF), sollicité pour l'AEP « *Kappelmatten* » à Schönenbuch (CH), n'a pas mis en évidence la présence de composés traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 (concentrations toutes inférieures à la LIQ appliquée).

L'impact de l'ancienne décharge du Letten sur la qualité des eaux de la Molasse alsacienne va à l'encontre des objectifs du SDAGE.

10. Schéma conceptuel de transfert du site du Letten

L'objectif du schéma conceptuel de transfert dans le cadre de l'Evaluation Détaillée des Risques est de préciser selon la relation Source (D) / Vecteur (T) / Cible (C), le potentiel d'émissions et de nuisance des déchets de la décharge du Letten.

Le potentiel d'émissions et de nuisances des déchets est contraint par :

- ✓ la mobilité, la persistance et la toxicité des composés présents dans les déchets,
- ✓ les conditions physico chimiques du milieu dans lequel elles évoluent,
- ✓ de la dynamique des eaux souterraines et/ou des gaz du sol dans le milieu poreux souterrain (zone saturée ou non saturée),
- ✓ de la présence ou pas d'usages de ces milieux.

Sur la base des investigations et des études réalisées entre janvier 2000 et avril 2007, on peut proposer le schéma conceptuel de transfert et d'exposition suivant sur lequel s'appuie l'EDR Santé et Ressource en eau, objet du volet 3 de la présente étude.

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

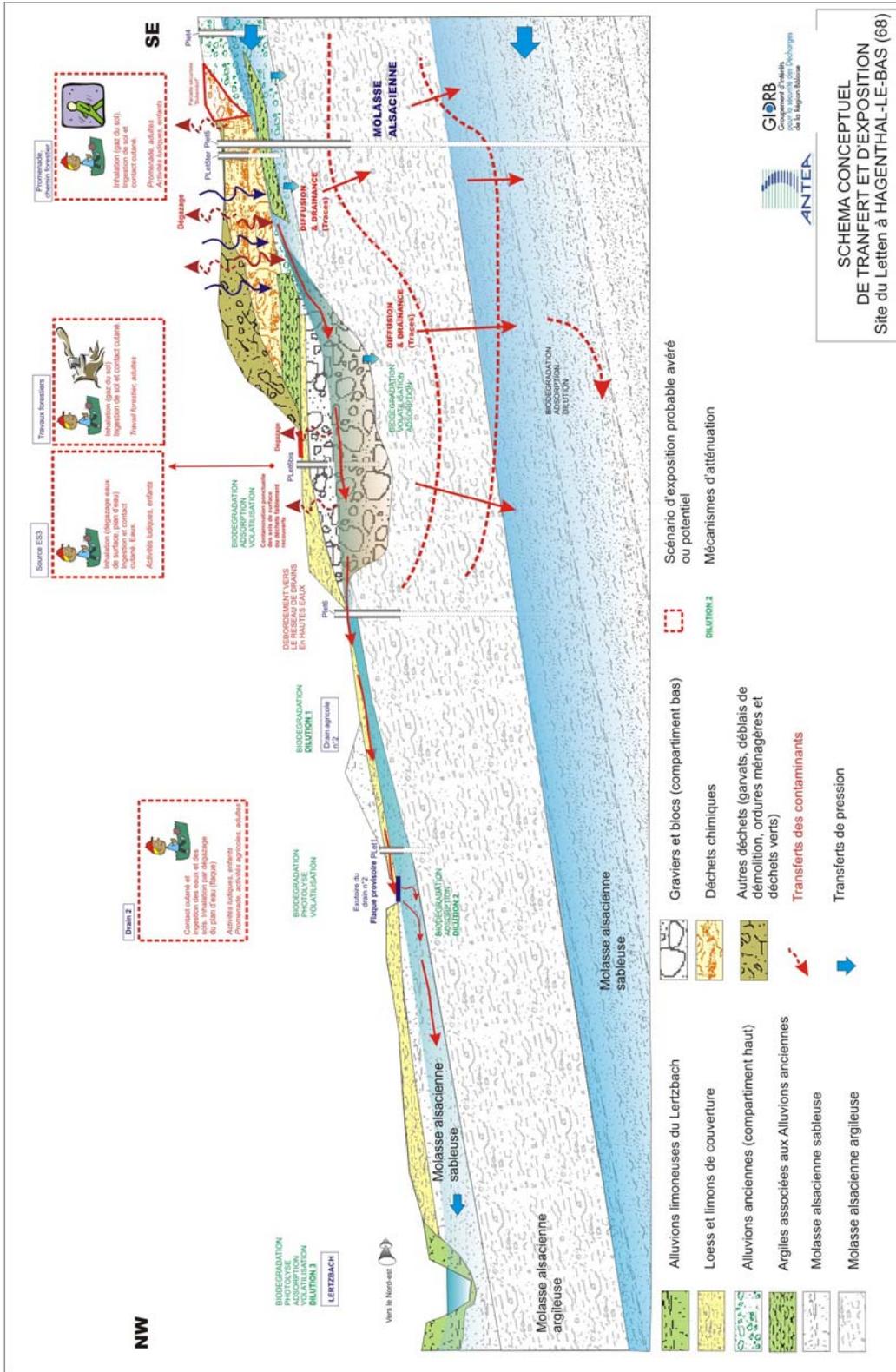


Figure 47 : Schéma conceptuel de transfert du site du Letten (coupe)

Groupement d'Intérêt pour la sécurité des Décharges de la Région de Bâle (GIDRB)
 Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68)
 Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau
 Volet 2 : Etat des connaissances

A 47000/A

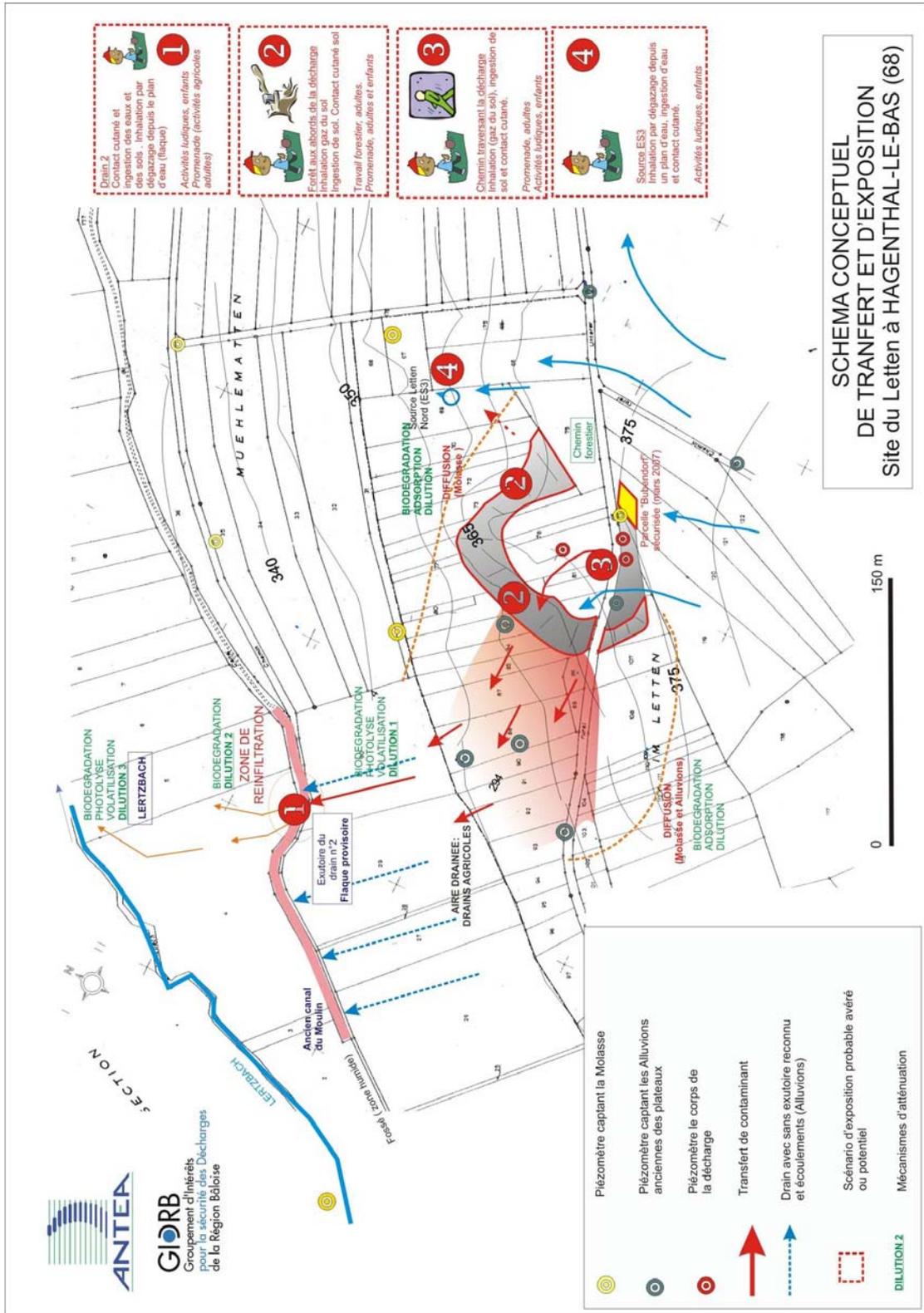


Figure 48 : Schéma conceptuel de transfert du site du Letten (plan)

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations d'ANTEA ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage et que ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du milieu naturel ou artificiel étudié.



Fiche signalétique

Rapport

Titre : *Site de l'ancienne décharge du Letten à HAGENTHAL LE BAS (68) - Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau*
Volet 2 : *Etat des connaissances*

Numéro et indice de version : A47000/A

Date d'envoi : *Mai 2008*

Nombre d'annexes dans le texte : 0

Nombre de pages : 198

Nombre d'annexes en volume séparé :

Diffusion (nombre et destinataires) : *10 ex. client*

1 ex. service de documentation

2 ex. agence

Client

Coordonnées complètes : Groupement d'Intérêts pour la sécurité des
Décharges de la Région Bâloise (GIDRB)

Postfach

CH - 4002 BALE (Suisse)

Téléphone : 00 41 61 636 32 66

Télécopie : 00 41 61 636 60 95

Nom et fonction de l'interlocuteur : *Dr R. HÜRZELER, chef de projet*

ANTEA

Unité réalisatrice : Agence EST

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Alain TALBOT, responsable du projet

Daniel HUBE, auteur

Yolande KINDMANN, secrétaire

YK

Qualité

Contrôlé par : *Alain TALBOT*

Date : *14 mai 2008 - Version A*

N° du projet : STRP060316

Références et date de la commande : *n° 3-4911763324 du 21/02/2007*

Mots-clés : PIEZOMETRE, ANALYSES, EAUX SOUTERRAINES, DECHETS
CHIMIQUES, EDR, HAGENTHAL LE BAS, HAUT-RHIN.