Ancienne décharge du Roemisloch à NEUWILLER (68) – Evaluation détaillée de risques pour la santé humaine et la ressource en eau

Volet 1 : Investigations réalisées

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

Mai 2008 – A46195/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

ANTEA

Sommaire

Page

1. Enjeux et objectifs 1

2. Méthodologie et démarche suivie 5
2.1. Phasage de l'étude : une approche pas à pas 5
2.2. Méthodologie 6
2.2.1. Cadre réglementaire 6
2.2.2. Cadre méthodologique 7
2.2.3. Une approche concertée 7
2.3. Valeurs de références 8

3. Etudes, travaux et investigations réalisés 11
3.1. Synthèse hydrogéologique préliminaire (janvier 2000) 11
3.2. Forages, sondages et pose de piézomètres 11
3.2.1. Objectifs recherchés 11
3.2.2. Investigations exploratoires (janvier 2000 à août 2001) 12
3.2.3. Renforcement du réseau de surveillance en septembre 2005 13
3.2.3.1. Contexte et objectifs 13
3.2.3.2. Techniques mises en œuvre 14
3.2.3.3. Ouvrages exécutés 15
3.2.4. Mise en place d'un piézomètre supplémentaire et d'un piézomètre air en mars 2007 16
3.2.4.1. Piézomètre et sondage Proe8 16
3.2.4.2. Piézomètre « air » et sondage Roe-MSG1 17
3.2.4.3. Piézomètre air complémentaire (Roe-MSG2) 19
3.2.4.4. Divers 19
3.3. Travaux d'aménagement du pied de la décharge 20
3.3.1. Contexte et objectifs des travaux 20
3.3.2. Caractérisation de la qualité des sols au droit de la mare 20
3.3.2.1. Programme et méthodologie de prélèvement 21
3.3.2.2. Description des coupes lithologiques 21
3.3.2.3. Travaux réalisés 23
3.3.2.4. Prélèvement de sédiments du fond de la mare (septembre 2001) 23
3.4. Diagnostic complémentaire des sols de surface (mars 2007) 24
3.4.1. Objectifs 24
3.4.2. Echantillonnage réalisé 24

3.5. Diagnostic des gaz du sol et de l'air ambiant....25
3.5.1. Objectifs....25
3.5.2. Mesures des paramètres aérologiques....26
3.5.3. Tests d'extraction des gaz du sol on-site....27
3.5.3.1. Tests et échantillonnage réalisés....27
3.5.3.2. Méthodologie mise en œuvre....27
3.5.3.3. Informations recherchées et justification de la méthode....31
3.5.4. Prélèvements des gaz de l'air ambiant pour analyses au laboratoire....31

4. Campagnes de prélèvements des eaux souterraines et des eaux de surface....35
4.1. Campagnes de prélèvement périodique....35
4.1.1. Dimensionnement des programmes de surveillance....35
4.1.1.1. Choix des points de surveillance....35
4.1.1.2. Points de surveillance retenus....37
4.1.2. Choix des fréquences....41
4.1.3. Campagnes de prélèvements réalisées....42
4.1.3.1. Premières campagnes exploratoires....42
4.1.3.2. Campagnes généralisées de surveillance....42
4.2. Echantillonnage des eaux dans la décharge (mars 2007)....42

5. Analyses réalisées et choix des substances....45
5.1. Analyses des sols et de déchets....45
5.1.1. La chimie des colorants et ses conséquences en terme de programme analytique....45
5.1.2. Choix des analyses au laboratoire des sols et déchets....48
5.1.2.1. Sédiments du fond de la mare (septembre 2001)....48
5.1.2.2. Caractérisation des sols au droit de la mare en préliminaire aux travaux d'aménagement du thalweg du Roemisloch (2005)....48
5.1.2.3. Caractérisation des sols et déchets (mars 2007)....50
5.2. Analyses des eaux souterraines et superficielles....51
5.2.1. Les différents types de programmes analytiques....51
5.2.2. Justification et évolution du programme analytique ciblé standard 51
5.2.3. Programme analytique des campagnes de mars à août 2001....53
5.2.4. Programme analytique des campagnes d'août 2001 à octobre 2005 53
5.2.5. Programme analytique des campagnes d'avril 2006 à mars 2007.57
5.2.6. Analyses ponctuelles complémentaires....59
5.2.7. Screening CPG/MS....60
5.2.7.1. Screenings effectués....60
5.2.7.2. Principe et méthode....60
5.2.7.3. Limites de la méthode et écarts entre résultats des analyses ciblées et screening....61

5.3. Analyses bactériologiques (janvier 2002) 62
5.4. Analyses des gaz du sol et d'air ambiant 62
5.4.1. Choix des substances et des LIQ 62
5.4.2. Programme analytique appliqué (mars 2007) 64

6. Protocoles opératoires et qualité des prélèvements 67
6.1. Prélèvement et analyses des eaux 67
6.2. Incertitudes inhérentes au piézomètre et au mode de prélèvement dynamique 70
6.3. Charte qualité 72
6.4. Contrôle qualité des analyses des sols et des gaz 72

7. Approche écotoxicologique 73
7.1.1. Biotests écotoxicologiques 73
7.1.2. Indice Biologique Généralisé Normalisé 73

Liste des figures

Figure 1 : Délimitation du secteur d'étude 2
Figure 2 : Implantation des sondages et ouvrages réalisés dans le proche environnement de la décharge du Roemisloch 10
Figure 3 : Localisation des points de prélèvement des sols au droit de l'ancienne mare du Roemisloch 22
Figure 4 : Points d'accès aux nappes et réseau de surveillance du site du Roemisloch (vue générale) 34
Figure 5 : Points d'accès aux nappes et réseau de surveillance du site du Roemisloch (vue rapprochée) 36
Figure 6: Formules structurales des composés complétant le programme analytique depuis avril 2006 52
Figure 7 : Volatilité des substances potentiellement présentes dans les déchets (Coefficients de Henry) 63
Figure 8 : Prélèvement des eaux souterraines au moyen d'une pompe électrique immergée 69
Figure 9 : Réalisation d'un échantillon moyen d'eau de la nappe par pompage 71
Figure 10 : Localisation des stations de prélèvements de l'IBGN des cours du Neuwillerbach et du Roemislochbach 75

Liste des tableaux

Tableau 1 : Echantillonnage des sols de surface (mars 2007) 24
Tableau 2 : Tests d'extraction et échantillonnage des gaz du sol réalisés 27
Tableau 3 : Protocole opératoire pour les prélèvements des gaz du sol 30
Tableau 4 : Programme analytique destiné à la caractérisation des sols au droit de la mare 49
Tableau 5: Programmes analytiques appliqués pour les échantillons de sols et matériaux issus de la décharge du Roemisloch 50
Tableau 6 : Protocole analytique suivi pour la campagne de mars-mai 2001 (BRGM ANALYSES) 54
Tableau 7 : Protocole analytique suivi lors des campagnes de contrôle de mai-août 2001 54
Tableau 8 : Matrice points de surveillance / échantillonnage 55
Tableau 9 : Matrice analyses / échantillonnage 56
Tableau 10 : Programme analytique (avril 2006 – mars 2007) 58
Tableau 11 : Screenings CPG/MS réalisés 60
Tableau 12 : Screenings CPG/MS réalisés au printemps 2006, seuils de détection appliqués 61
Tableau 13 : Analyse de présence / mobilité prévalant à la sélection des substances recherchées dans les gaz du sol 65

1. Enjeux et objectifs

Le GROUPEMENT D'INTERETS POUR LA SECURITE DES DECHARGES DE LA REGION DE BALE (GIDRB) contribue de manière volontaire aux points suivants :

- analyse, au travers d'un représentant unique, de la situation découlant de l'existence d'anciennes décharges, dans lesquelles ont été déposés, pour partie, des déchets en provenance de leurs établissements,

- évaluation des conséquences éventuelles pour la santé humaine et l'environnement afin de définir les conditions de leur sécurisation.

Concernant le site du Roemisloch (cf. Figure 1), situé sur le territoire de la commune de NEUWILLER (68), il est rappelé qu'une étude historique réalisée en 1999 [60] [1] par des membres du GI DRB a montré que des déchets en provenance des établissements des membres du GI DRB ont été déposés entre 1957 et 1960 sur ce site, des déchets provenant d'autres origines, indépendantes des sociétés membres du GI DRB, étant également stockés dans cette décharge en même temps que ceux des membres du GIDRB et ultérieurement.

Cette décharge a été utilisée bien après 1960, date à laquelle les membres du GI DRB ont cessé tout envoi de déchets vers elles.

Les déchets provenant des usines des membres du GI DRB ne représentent qu'une faible part des dépôts effectués, environ 10% de la quantité totale des déchets stockés [26].

Dans ce cadre, le GI DRB s'est proposé d'évaluer sur la base de l'outil méthodologique de l'EDR la compatibilité du site du Roemisloch avec les usages actuels et futurs de ce dernier et de son environnement, d'orienter d'éventuelles mesures visant à supprimer, réduire et/ou supprimer ses impacts sur les cibles environnementales que sont la Santé humaine et la Ressource en eau.

Le présent document constitue **le premier 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 Roemisloch à NEUWILLER (68). Il expose les moyens et les méthodes mis en œuvre entre janvier 2000 et mai 2007 dans le cadre de l'EDR Santé et Ressource en eau du site du Roemisloch.

[1] *Le numéro entre crochets renvoie aux références données dans la liste des études, fournie en annexe B dans le volet 4*

L'étude comprend cinq volets indissociables :

- **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.

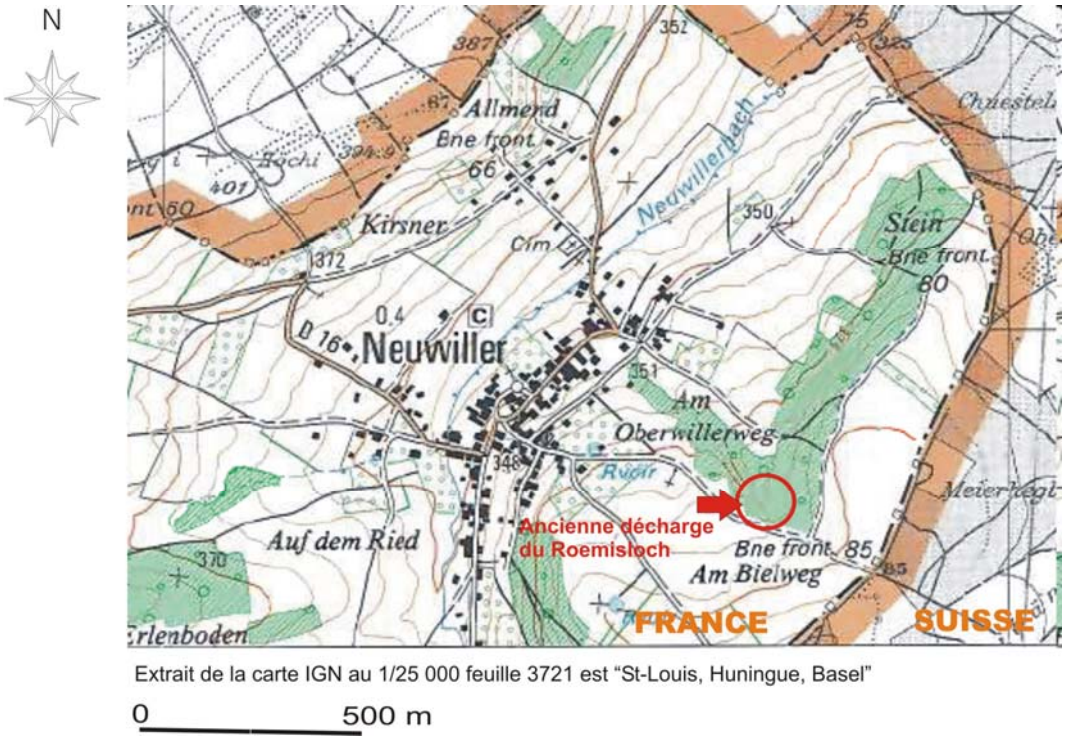


Figure 1 : Délimitation du secteur d'étude

Le présent document constitue le premier volet de l'étude ; il expose les moyens et les méthodes mis en œuvre dans le cadre de L'EVALUATION DETAILLEE DES RISQUES POUR LA SANTE ET LA RESSOURCE EN EAU du site du Roemisloch, réalisée entre janvier 2000 et mai 2007.

Cette 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 des déchets de la chimie bâloise des années 50, déposés sur le site de l'ancienne décharge du Roemisloch.

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 la présente étude. 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.

Le secteur d'étude est présenté sur la Figure 1. 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 dans le volet 4 (rapport ANTEA A47555/A [56]). La liste des rapports relatifs au site du Roemisloch constitue l'annexe B (volet 4, rapport ANTEA A47555/A [56]).

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

2. Méthodologie et démarche suivie

2.1. Phasage de l'étude : une approche pas à pas

Compte tenu de la complexité du contexte hydrogéologique et du caractère très singulier des émissions issues de l'ancienne décharge du Roemisloch qui ont pu être mises en évidence, une approche spécifique pas à pas, s'inscrivant sur plusieurs années, nécessaires à l'observation et à la compréhension des phénomènes, s'est rapidement imposée pour mener à bien, de façon raisonnée et techniquement cohérente, ces études.

La présente EDR finalise un processus initié par le GIDRB en 1999 et qui se décompose en 6 phases :

1. **Phase 1** : étude hydrogéologique documentaire préliminaire (janvier 2000),

2. **Phase 2** : investigations exploratoires (pose de piézomètres) et campagnes de surveillance généralisées semestrielles (mars 2001 à décembre 2004). Cette phase s'est conclue par la remise d'un rapport de synthèse [24] et d'une EDR pour la Santé et la Ressource en eau, version provisoire d'avril 2005 [26],

3. **Phase 3** : renforcement du réseau de surveillance des eaux souterraines (aout 2005), renforcement du programme de surveillance semestriel et campagne de screening CPG/MS (avril 2006) suivis d'une actualisation de l'EDR [44],

4. **Phase 4** : tierce expertise des EDR et des études réalisées durant les phases 1, 2 et 3. La tierce expertise sur le volet Santé est réalisée par l'INERIS. La tierce expertise sur le volet hydrogéologie et Ressource en eau est effectuée par le BRGM.

   L'avis des tiers expert a été rendu le 30 janvier 2007 lors d'une réunion de concertation DRIRE, GIDRB, ANTEA, BRGM, INERIS qui s'est tenue à la DRIRE Alsace à MULHOUSE. Le travail des tiers experts a apporté un éclairage externe, indépendant et objectif à l'étude, qui a pu être valorisé par le GIDRB et ses experts afin de finaliser la présente étude.

C'est pourquoi le GIDRB a effectué une campagne généralisée de surveillance en mars 2007 en étendant le programme analytique et en réalisant des investigations complémentaires (sondages et pose de piézomètre dans la décharge, essais d'extraction des gaz du sol, prélèvement de sol de surface),

5. **Phase 5** : compilation de l'ensemble des données acquises (volet 1 de la présente étude) et interprétation en terme de risques sanitaires chroniques et de risques pour la Ressource en eau, pour les usages actuels (volets 2, 3 et 4 de la présente étude). Ce constat servira de base pour élaborer des propositions permettant de gérer et maîtriser aux mieux, de façon pérenne, les éventuels risques liés à la décharge du Roemisloch,

6. **Phase 6** : remise des documents de la phase 5 à l'Administration compétente (DRIRE) et tierce expertise finale par l'INERIS et le BRGM. Avis de l'Administration française sur les propositions avancées par le GIDRB et classement du site du Roemisloch.

2.2. Méthodologie

2.2.1. Cadre réglementaire

Il est ici rappelé que les études que les membres du GIDRB font et ont fait réaliser sur cette décharge s'inscrivent dans un cadre purement volontaire.

En effet, les sociétés membres du GIDRB ne sont pas soumises à la législation française sur les INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE), puisque les activités de production qui ont généré les déchets en cause ne sont pas et n'ont pas été exercées sur le territoire français et qu'aucune de ces sociétés n'a été ni n'est propriétaire, exploitante, opératrice, ni même détentrice de cette décharge.

C'est donc uniquement en tant qu'entreprises citoyennes que ces Sociétés apportent, en concertation avec les autorités administratives concernées, leur contribution à l'étude de l'impact potentiel de leurs activités passées et présentes sur l'environnement.

Les modalités de cette contribution ont d'ailleurs fait l'objet d'une convention en date du 23 février 2005 conclue entre l'état français et le GI DRB.

2.2.2. Cadre méthodologique

Le GI DRB s'est proposé d'évaluer les effets actuels et à long terme d'anciennes décharges sur les eaux de surface, la nappe phréatique et les captages d'eau potable, en mettant en œuvre la méthodologie de l'EVALUATION DETAILLEE DES RISQUES (EDR) pour la Santé humaine et la Ressource en eau au sens de la politique française en matière de gestion des sites et sols (potentiellement) pollués.

Cette démarche suit les recommandations du livret guide *DIAGNOSTIC APPROFONDI ET EVALUATION DETAILLEE DES RISQUES* (version 0 de juin 2000 du MATE / MEDD - Editions du BRGM) se résumant comme suit :

- principe de précaution,
- de spécificité (chaque site devant être abordé au cas par cas),
- de proportionnalité (les moyens, les modalités de l'étude et le degré d'approfondissement, sont adaptés aux enjeux et au contexte),
- de concertation,
- de transparence.

Précisons que l'approche française a connu des évolutions récentes à compter du 8 février 2007, et que les études sur le site Roemisloch ont été finalisées suivant l'ancienne méthodologie, dans la continuité des études qui étaient déjà en cours lors de cette évolution réglementaire.

2.2.3. Une approche concertée

Une cellule de concertation a été créée dans le but de coordonner les investigations sur les différents sites. A cet effet, les principales entreprises chimiques de la région de Bâle se sont rapprochées des autorités BALOISES (AMT FÜR UMWELTSCHUTZ UND ENERGIE BASEL-LANDSCHAFT - A.U.E BL) et françaises (DIRECTION REGIONALE DE L'INDUSTRIE, DE LA RECHERCHE ET DE L'ENVIRONNEMENT - DRIRE).

Un groupe de travail a été créé au sein du GIDRB le 24 septembre 2001, afin de poursuivre les investigations suivant une démarche concertée et réfléchie d'évaluation des risques sanitaires et environnementaux.

Ce groupe de travail (sites du Haut-Rhin) intègre des représentants des Sociétés de la chimie bâloise ainsi que des compétences complémentaires, internes et externes, des domaines de l'hydrogéologie, de la toxicologie (Monsieur WEIDELI, ECOTOX Consulting), des techniques analytiques (Professeur OEHME de l'Université de BALE) et de l'analyse des risques.

La communication publique sur l'avancement des études a été effectuée lors de rassemblements de la Commission Locale d'Information et de Sécurité (CLIS).

2.3. Valeurs de références

Le contexte géographique frontalier et donc particulier du secteur d'étude, situant certaines voies de transfert éventuelles des polluants potentiels et les cibles environnementales en France et en Suisse, les différences d'approches réglementaires en matière de gestion des sites (potentiellement) pollués ainsi que l'absence de valeurs de références pour certaines molécules détectées amènent à une discussion concernant les valeurs de références à retenir pour établir le degré d'impact du site sur la qualité des eaux et de l'environnement.

Dans le cadre de l'approche suisse (approche générique), l'ordonnance fédérale du 26 août 1998 sur l'assainissement des sites pollués (**Ordonnance sur les sites contaminés, OSites 814.680**) définit, dans son annexe 1, des **concentrations de référence** pour l'évaluation des atteintes portées aux eaux par les sites pollués.

Du point de vue des eaux souterraines (article 9 de l'ordonnance), un site nécessite une surveillance si ces concentrations de référence sont dépassées dans le lixiviat des matériaux présents sur le site, et un assainissement si la moitié de ces concentrations est dépassée dans les eaux souterraines en aval du site dans le secteur Au de protection des eaux (protection de captage AEP).

Ces valeurs de référence de l'OSites suisse font office de valeur d'intervention et sont données **à titre indicatif** dans le cadre de cette étude, en l'absence de valeurs réglementaires françaises. Ces valeurs sont établies pour chaque substance en prenant en compte le potentiel danger intrinsèque des espèces chimiques (écotoxicité) ainsi que leur comportement environnemental (mobilité, persistance ou dégradabilité, bioaccumulabilité…).

L'approche française (spécifique par usage) qui prévalait au démarrage des études sur le site du Letten privilégiait la Valeur de Constat d'Impact (VCI) par rapport à la Valeur d'intervention. Rappelons que cette approche a connu une évolution à compter du 8 février 2007 (entrainant notamment la suppression des VCI), les études sur le site du Letten étant réalisées selon l'ancienne méthodologie. La nouvelle méthodologie préconise la comparaison avec des données hydrogéochimiques adaptées et avec des valeurs réglementaires de gestion pour les eaux, et avec des données géochimiques adaptées (si elles existent) pour les sols.

Les valeurs de référence retenues à titre indicatif pour les espèces chimiques analysées sont répertoriées dans les tableaux de synthèse des résultats analytiques présentés en annexe G (volet 4, rapport ANTEA A47555/A [56]).

Il s'agit, pour les eaux, des valeurs définies dans l'annexe 13 du Code de la Santé Publique pour les eaux destinées à la consommation humaine ou pour les eaux brutes destinées à la production d'eau potable.

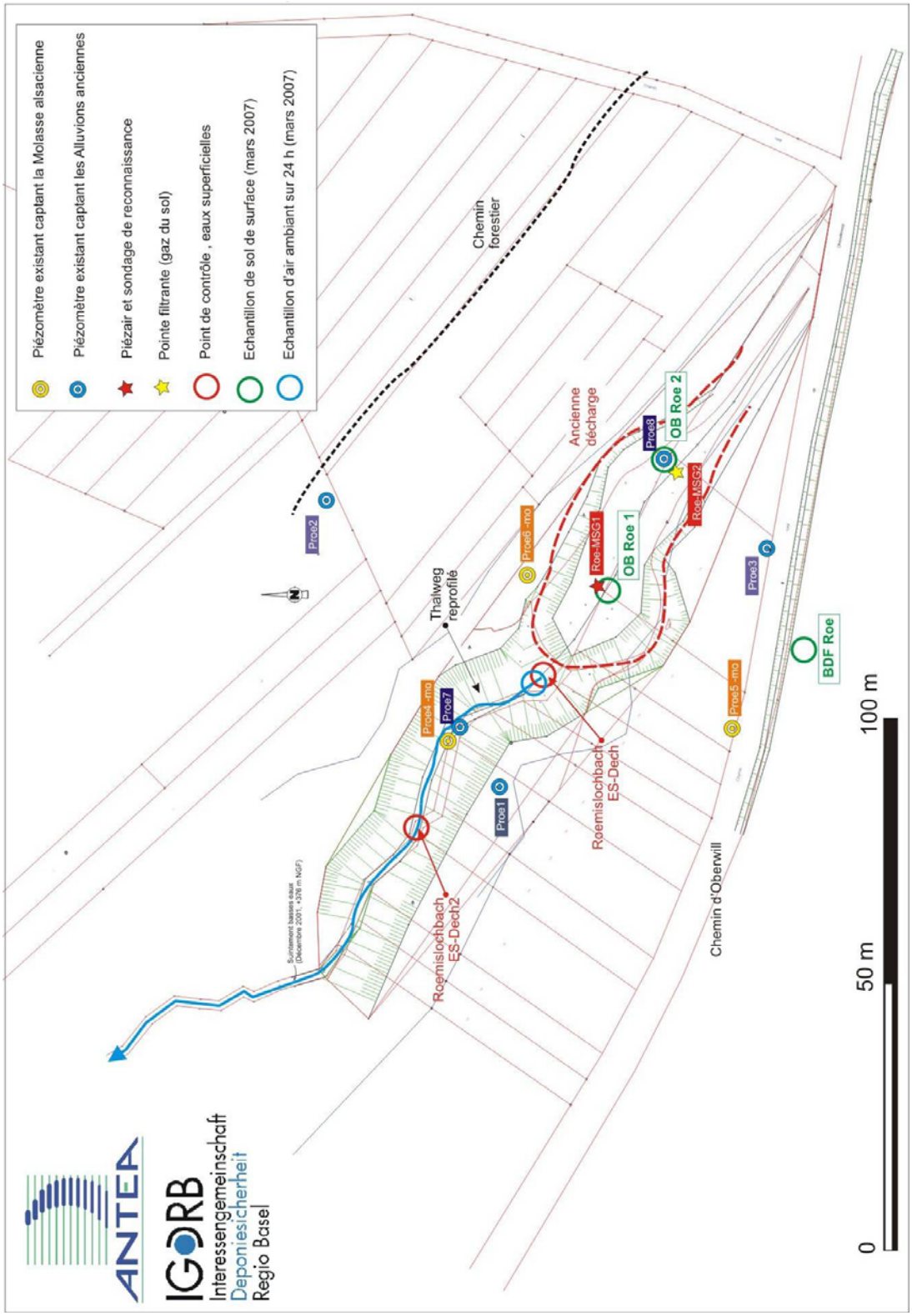


Figure 2 : Implantation des sondages et ouvrages réalisés dans le proche environnement de la décharge du Roemisloch

3. Etudes, travaux et investigations réalisés

3.1. Synthèse hydrogéologique préliminaire (janvier 2000)

Une étude hydrogéologique documentaire et synthétique a été réalisée en janvier 2000 (cf. rapport ANTEA A17769 de janvier 2000). Cette étude rassemble l'ensemble des informations historiques, géologiques, hydrogéologiques et environnementales relatives au site du Roemisloch disponibles au moment de l'étude.

Cette étude préliminaire a orienté l'implantation des deux premiers ouvrages de reconnaissance.

3.2. Forages, sondages et pose de piézomètres

Les investigations ont été réalisées en plusieurs phases, entre janvier 2000 et mars 2007, suivant une démarche progressive et pragmatique. Elles correspondent à une phase exploratoire de reconnaissance s'inscrivant dans une démarche type Evaluation des Risques.

Les coupes géologiques et techniques des différents sondages, puits et piézomètres du secteur d'étude sont rassemblées dans le volet 4 de la présente étude (cf. annexe C).

3.2.1. Objectifs recherchés

La Figure 2 présente l'implantation des piézomètres et sondages effectués sur le site du Roemisloch entre janvier 2000 et mars 2007.

Les objectifs de ces travaux se résument comme suit :

1. Reconnaître la présence, la nature et la structure des aquifères dans l'environnement immédiat de la décharge,

2. Reconnaître les écoulements locaux au sein des aquifères dans l'environnement immédiat de la décharge,

3. Mettre en évidence d'éventuelles émissions de substances issues des déchets au sein des eaux souterraines, ainsi que leur potentiel de danger en égard à la ressource en eau et l'alimentation AEP,

4. Mettre en évidence d'éventuelles phases non miscibles flottantes (« LNAPL[2] ») ou plongeantes (« DNAPL[3] »),

5. Etablir les relations hydrauliques entre l'aquifère des Alluvions superficielles et l'aquifère de la Molasse alsacienne.

6. Reconnaître la nature, la structure et la configuration de la décharge dans son environnement hydrogéologique,

7. Se placer dans les conditions optimales afin d'échantillonner de façon représentative et reproductible les eaux souterraines et les gaz du sol.

3.2.2. Investigations exploratoires (janvier 2000 à août 2001)

Trois piézomètres (**Proe1, Proe2 et Proe3**) profonds de 12 à 18 mètres, captant les alluvions anciennes des plateaux, ont été réalisés et équipés selon les règles de l'art (localisation cf. figure 2).

Ces ouvrages ont été réalisés au tricône de ∅ 116 mm de diamètre, avec tubage provisoire de protection ∅ 120/140 mm, circulation d'eau claire et équipés en piézomètre PVC de diamètre interne ∅ 68/75 mm. Les piézomètres ont été développés par soufflage (air-lift).

Les forages et piézomètres ont été réalisés par la société HYDROGEOTECHNIQUE (cf. photo ci-contre).

[2] Light Non Aquous Liquid Phase
[3] Dense Non Aquous Liquid Phase

Forage de Proe3

Treuillage de la foreuse

Aperçu photographique des travaux de forage de mars 2001

3.2.3. Renforcement du réseau de surveillance en septembre 2005

3.2.3.1. Contexte et objectifs

Le réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines se limitait à ces trois piézomètres (**Proe1, Proe2 et Proe3**) captant spécifiquement l'aquifère des Alluvions anciennes des plateaux. Cet aquifère superficiel repose sur la formation aquifère de la Molasse alsacienne exploitée à NEUWILLER pour l'alimentation en eau potable (AEP).

Aucun ouvrage captant la Molasse alsacienne ne permettait de contrôler spécifiquement la qualité de ces eaux dans l'environnement immédiat de la décharge et d'éventuelles émissions via les eaux souterraines.

Le GIDRB s'est donc engagé à compléter le réseau de surveillance par la pose d'ouvrages captant spécifiquement la Molasse alsacienne dans l'environnement immédiat de la décharge (**Proe4-mo, Proe5-mo, Proe6-mo**). Un ouvrage supplémentaire vient compléter par ailleurs le réseau de contrôle des Alluvions anciennes (**Proe7**). L'implantation de ces piézomètres est reportée sur la figure 2.

3.2.3.2. Techniques mises en œuvre

Les travaux de forage et de pose des piézomètres se sont déroulés du 30 août au 14 septembre 2005. Ces travaux de forage ont été couplés avec les travaux d'aménagement du pied de la décharge [33].

Les forages et piézomètres ont été réalisés par la société TERRASOND.

Les forages ont été exécutés au carottier battu, à sec, sans fluide de foration, par télescopage : forage au diamètre 278 mm jusqu'à 10 m de profondeur environ, puis poursuite au diamètre 220 mm jusqu'à la profondeur recherchée.

Les tubes constituant les piézomètres sont de diamètre externe 115 mm en PEHD. Les crépines ont une ouverture de 1 mm. L'espace annulaire est comblé au regard des crépines (avec une garde de 20 cm au dessus de la crépine) par du gravier siliceux propre de granulométrie 2,0/3,2 mm formant un massif filtrant.

L'espace annulaire au regard des tubes pleins a été comblé par de la bentonite puis une cimentation en surface. Ce bouchon d'argile crée une étanchéité :

- permettant d'isoler la crépine d'infiltrations depuis la surface,
- évitant toute connexion hydraulique entre l'aquifère de la Molasse et celui des Alluvions anciennes des plateaux.

Un contre filtre constitué de sable prévient toute invasion et colmatage du massif filtrant par la bentonite du bouchon d'argile.

Un bouchon de fond de trou en PEHD équipe l'extrémité des ouvrages.

La tête aérienne des piézomètres est formée d'un tube en acier de diamètre 115 mm et d'une fermeture en aluminium de type SEBA. La tête des piézomètres est soutenue et scellée par un socle en béton.

Le diamètre retenu autorise l'utilisation d'une pompe immergée 3'' ou 4'' permettant des pompages de longue durée (avec un éventuel suivi des concentrations).

Les piézomètres ont été développés par pompage jusqu'à obtention d'une eau claire. Les têtes des piézomètres ont été nivelées selon le référentiel X,Y Lambert II et Z NGF.

3.2.3.3. Ouvrages exécutés

✓ **Piézomètres captant la Molasse alsacienne**

Les piézomètres suivants ont été réalisés (localisation en Figure 2) :

- un ouvrage de 25 m de profondeur placé entre la décharge et l'AEP, nommé **Proe5-mo**, de diamètre 4" (100 mm interne) en tube crépiné de 15 m à 25 m de profondeur (d'indice national 0445-8X-0157).

- un ouvrage de 25 m de profondeur placé à l'amont, au Nord de la décharge, nommé **Proe6-mo** de diamètre 4" (100 mm interne) en tube crépiné de 15 m à 25 m de profondeur (d'indice national 0445-8X-0158).

- un ouvrage de 20 m de profondeur situé au niveau du thalweg, au pied de la décharge, nommé **Proe4-mo**, de diamètre 4" (100 mm interne) en tube crépiné de 10 m à 20 m de profondeur (d'indice national 0445-8X-0156). Cet ouvrage a été foré pendant la phase de travaux d'aménagement du pied de la décharge (nécessité d'une rampe d'accès permettant la mise en place du chenillard de forage au fond du thalweg - cf. planche photographique présentée au verso).

✓ **Piézomètres captant les Alluvions anciennes des plateaux**

- le piézomètre, nommé **Proe7** (d'indice national 0445-8X-0159), a été mis en place en septembre 2005 (localisation en Figure 2).

  Il s'agit d'un ouvrage de diamètre 4'' (100 mm interne) de 7 m de profondeur, crépiné de 2 à 7 m, captant spécifiquement les Alluvions anciennes en aval direct de la décharge du Roemisloch. Cet ouvrage complète le réseau constitué par les ouvrages Proe1, Proe2 et Proe3. Tout comme Proe4-mo, cet ouvrage a été foré pendant la phase de travaux d'aménagement du pied de la décharge (nécessité d'une rampe d'accès permettant la mise en place du chenillard de forage au fond du thalweg).

Foreuse sur le point Proe7

Equipement du piézomètre Proe4-mo

Proe4-mo et Proe7: têtes aériennes des piézomètre

Aperçu photographique des travaux (septembre 2005)

3.2.4. Mise en place d'un piézomètre supplémentaire et d'un piézomètre air en mars 2007

3.2.4.1. Piézomètre et sondage Proe8

Le piézomètre, nommé **Proe8**, exécuté en mars 2007 par la société TERRASOND par forage intégral au carottier battu de 178 mm, a été carotté jusqu'à la base de l'ancienne décharge du Roemisloch (implantation voir figure 2).

Il s'agit d'un ouvrage équipé de tubes en PEHD de diamètre 68/75 mm, de 9 m de profondeur, crépiné de 2 à 9 m, captant la nappe baignant simultanément les Alluvions anciennes sous la décharge et le massif de déchets. Cet ouvrage est doté d'une tête aérienne cadenassée type SEBA et d'un tube aérien en acier de protection. Cet ouvrage complète le réseau constitué par les ouvrages Proe1, Proe2, Proe3 et Proe7.

Son objectif est multiple :

- préciser la piézométrie et la qualité des eaux souterraines dans l'axe de drainage des Alluvions anciennes et l'axe de l'ancienne décharge du Roemisloch,

- préciser la géométrie, la structure de la décharge et la nature des matériaux la formant,

- capter les gaz du sol présents dans le corps de la décharge en vue de leur prélèvement et analyses.

Le niveau d'eau a été mesuré en trou nu au moyen d'une sonde électrique à interface (référentiel : margelle de la tête SEBA). L'absence de phase organique a par ailleurs été vérifiée avec cette sonde.

3.2.4.2. Piézomètre « air » et sondage Roe-MSG1

Le piézomètre air, nommé **Roe-MSG1** et mis en place en mars 2007 (implantation voir figure 2) par forage intégral au carottier battu de 178 mm, a été carotté jusqu'à la base de l'ancienne décharge (cf. planche photographique présentée au verso).

Le niveau d'eau a été mesuré en trou nu au moyen d'une sonde électrique à interface (référentiel : surface du sol). L'absence de phase organique a par ailleurs été vérifiée avec cette sonde.

Les carottes de sondage ont été placées dans des caisses en bois d'un mètre de longueur pour la description lithologique et les prises de vue photographiques. Les déchets extraits de ce sondage ont été conditionnés par ANTEA dans des seaux adéquats mis à disposition par la Société TREDI. Ces seaux, fermés hermétiquement après remplissage, ont été évacués par pour destruction dans un incinérateur adéquat.

Travaux de sondage (Roe-MSG1)

Tête du piézomètre Proe8 (avant essai, sans capot SEBA)

Travaux de sondage (Roe-MSG1)

Travaux de sondage (Proe8)

Travaux de sondage de mars 2007 - aperçu photographique

Le forage a été rebouché et étanché à la bentonite jusqu'à la cote –3m/surface. Ces travaux ont été réalisés par la société TERRASOND.

Il s'agit d'un ouvrage équipé de tubes en PEHD de diamètre 68/75 mm, de 3 m de profondeur, crépiné de 2 à 3 m, captant spécifiquement le corps de la décharge. Cet ouvrage est doté d'une tête SEBA vissée, placée dans un regard au ras du sol.

Son objectif est triple :

- Préciser, avant son rebouchage partiel, la piézométrie et la qualité des eaux souterraines dans l'axe de drainage des Alluvions anciennes et l'axe de l'ancienne décharge du Roemisloch,
- préciser la géométrie, la structure de la décharge et la nature des matériaux la formant.
- capter les gaz du sol présents dans le corps de la décharge en vue de leur prélèvement et analyses.

3.2.4.3. Piézomètre air complémentaire (Roe-MSG2)

Le piézomètre Proe8 a présenté au moment des essais d'extraction des gaz du sol en mars 2007 un niveau d'eau situé au dessus de la cote du haut de la crépine.

Cette configuration, ne permettant pas la réalisation d'un essai dans Proe8, est une conséquence de la situation de hautes eaux du printemps 2007. Proe8 a donc été doublé par une pointe filtrante en acier, de diamètre 1,5" de 2 m de profondeur, crépinée de 1 à 2 m afin de mener à bien le test d'extraction et l'échantillonnage des gaz du sol. Cette pointe a été posée dans un forage effectué par battage (diamètre 2").

3.2.4.4. Divers

Le regard carré en béton endommagé du piézomètre Proe 3 a été remplacé en mars 2007 par un regard en fonte de type Hydrant. La tête SEBA du piézomètre artésien Proe4-mo a été remplacée par une tête à fermeture boulonnée munie d'un joint étanche. Ce dispositif permet de stopper le débordement du piézomètre.

3.3. Travaux d'aménagement du pied de la décharge

3.3.1. Contexte et objectifs des travaux

Au vu des résultats de l'EDR Santé (exposition aux eaux de surface) dans sa version provisoire d'avril 2005 [25], aucune mesure conservatoire particulière pour le maintien des usages des eaux et/ou des écosystèmes, sur le profil du Roemislochbach / Neuwillerbach, à l'aval de la décharge, n'a été préconisée.

Toutefois, le GI DRB a souhaité par une action volontaire limiter les impacts des déchets issus de la chimie bâloise sur les eaux superficielles par des mesures simples.

Ces mesures visaient :

1. à limiter les pics de concentration observés dans les eaux superficielles en période de hautes eaux par une action sur la mare, principale contribution à ces pics ;

2. à réguler l'écoulement du Roemislochbach en aval direct de la décharge par un effet de drainage et ainsi obtenir des émissions les plus constantes possibles dans le temps ;

3. à supprimer les éventuelles possibilités de mise en contact des populations occasionnellement présentes sur le site (promeneurs) avec les eaux de la mare.

3.3.2. Caractérisation de la qualité des sols au droit de la mare

Dans le cadre de la préparation de ces travaux, le GIDRB a demandé à ANTEA la caractérisation des matériaux et sols superficiels se trouvant en pied de décharge afin de déterminer la filière d'enlèvement et d'élimination appropriée pour les terres excédentaires.

Ces investigations préliminaires ont fait l'objet du rapport A39084/A de septembre 2005 [31].

3.3.2.1. Programme et méthodologie de prélèvement

Le curage en pied de décharge étant prévu sur une profondeur de 50 cm à 1 m, il a été réalisé :

- six échantillons en fond de mare constitués par un mélange des matériaux prélevés entre 5 et 50 cm de profondeur et numérotés Mare 1 à 6,

- quatre échantillons spécifiquement prélevés à 50 cm de profondeur et numérotés Mare 3 bas (50 cm) à Mare 6 bas (50cm).

Les échantillons ont été prélevés le 16 juin 2005 sur site à la tarière à main (cf. Figure 3).

Les échantillons ont été pris en charge selon les normes et usages en vigueur : transport en glacière avec packs réfrigérés, à l'abri de la lumière, avec un délai d'acheminement de moins de 48 heures jusqu'au laboratoire. Les échantillons ont été conditionnés dans des bocaux à joint étanche.

3.3.2.2. Description des coupes lithologiques

Mare 1 : échantillon moyen de 0 à 50 cm : argile brunâtre en tête et beige légèrement granuleuse ensuite.

Mare 2 : échantillon moyen de 0 à 50 cm : remblai argileux brunâtre avec petits blocs calcaires.

Mare 3 : échantillon moyen de 0 à 50 cm + échantillon spécifique à 50 cm : argile beige avec petits blocs calcaires.
Présence d'eau à 30 cm de profondeur

Mare 4 : échantillon moyen de 0 à 50 cm + échantillon spécifique à 50 cm : argile brune - beige.
Présence d'eau à 45 cm de profondeur

Mare 5 : échantillon moyen de 0 à 50 cm + échantillon spécifique à 50 cm

- de 0 à 0,4 m : remblai argileux brun - beige.
- de 0,4 à 0,5 m : argile beige.
- Présence d'eau à 45 cm de profondeur.

Mare 6 : échantillon moyen de 0 à 50 cm + échantillon spécifique à 50 cm : remblai argileux brun - beige.
Présence d'eau à 45 cm de profondeur

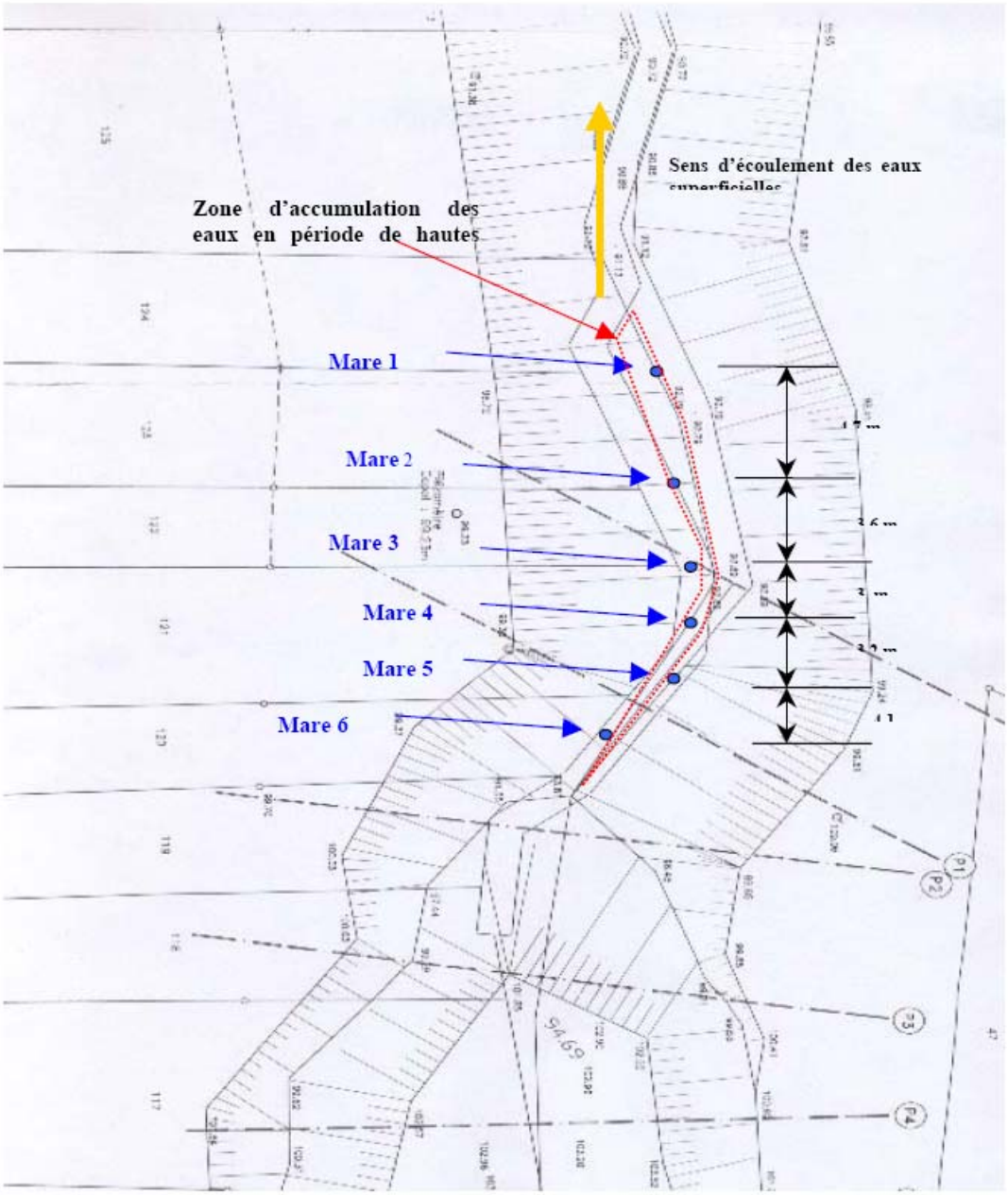


Figure 3 : Localisation des points de prélèvement des sols au droit de l'ancienne mare du Roemisloch

3.3.2.3. Travaux réalisés

La Société COLAS (POLLUTION SERVICE) a été mandatée pour effectuer les travaux répondant aux objectifs recherchés. Celle-ci a proposé de supprimer la digue artificielle située en aval de la décharge et de recalibrer le fond du thalweg selon sa forme initiale.

Les travaux d'aménagement ont été réalisés en plusieurs étapes :

1. Réalisation d'un chemin d'accès sur la parcelle n°121, pour permettre l'accès des camions sur le site de chargement,

2. Curage du fond de la mare sur un mètre d'épaisseur environ et excavation de 200 m^3 à 300 m^3 (soit environ 400 à 500 tonnes de matériaux) au moyen d'une pelle mécanique. Chargement des déblais dans des containers adéquats. Le fond du ravin au pied de la décharge sera profilé afin de faciliter le libre écoulement des eaux superficielles en période de hautes eaux et d'assurer la stabilité des talus,

3. Pose d'enrochement : préparation du support et la pose de roches d'une tonne en moyenne, de façon à stabiliser le pied de talus sur une hauteur de 1,50 m. Cet enrochement concourt à l'intégration paysagère du projet,

4. Remise en état en fin de chantier lors de la sortie de la pelle mécanique.

Ces travaux font l'objet du rapport POLLUTION SERVICES n°05 028 du 5 décembre 2005 [35].

3.3.2.4. Prélèvement de sédiments du fond de la mare (septembre 2001)

Deux échantillons de sédiments ont été prélevés par ANTEA au fond de l'ancienne mare du pied de la décharge du Roemisloch le 20 septembre 2001 (échantillons sédiment 1 et sédiment 2).

L'objectif était d'évaluer le degré de pollution de ces sédiments et d'en apprécier leur potentialité de source secondaire de pollution des eaux superficielles et souterraines après résorption de la mare, en période de basses eaux par exemple.

3.4. Diagnostic complémentaire des sols de surface (mars 2007)

Les résultats analytiques sont fournis sous forme de tableaux synthétiques dans le volet 4 (annexe F). Les bordereaux analytiques dont sont issues les données de ces tableaux sont rassemblés dans les annexes des différents rapports de surveillance rédigés par ANTEA (cf. liste des rapports en annexe B).

3.4.1. Objectifs

L'objectif de ces prélèvements et analyses de sol était de caractériser une éventuelle pollution des sols de surface (les 5 premiers centimètres du sol) sur et en aval topographique direct de la décharge. Il s'agissait d'appréhender les sols comme milieu d'exposition (par contact cutané, contact cutané direct) pour les éventuels usagers du site.

3.4.2. Echantillonnage réalisé

Un ensemble de **trois échantillons de sol** a été prélevé à la pelle entre 0 et 5 cm de profondeur. Leur localisation est indiquée sur la figure 2. Ces échantillons sont décrits dans le Tableau 1 ci dessous

Désignation	Date du prélèvement	Volume échantillonné et flaconnage	Description de l'échantillon
OB Roe1	6 mars 2007	2 bocaux en verre blanc et fermeture hermétique de 500 ml chacun	Argile limoneuse gris à noir gris, très humide, très riche en débris de végétaux (feuilles, branchages)
OB Roe 2	6 mars 2007	Idem	Limon argilo graveleux à texture grumeleuse, beige à brun orangé.
BDF Roe	6 mars 2007	Idem	Limon beige homogène, lœss

Tableau 1 : Echantillonnage des sols de surface (mars 2007)

Aucun échantillon n'a pu être prélevé dans le vallon au pied de la décharge compte tenu de l'écoulement permanent des eaux du Roemislochbach, depuis le pied de la décharge, constaté en mars et avril 2007.

Les échantillons décrits dans le Tableau 1 ont été conditionnés dans des bocaux en verre fermé hermétiquement de 500 ml puis ont été pris en charge le jour même par ANTEA jusqu'au laboratoire d'analyse pour caractérisation (colipostage en glacière pour le laboratoire WESSLING et livraison directe pour le

laboratoire SOLVIAS). Cet échantillonnage a été effectué par ANTEA le 06 mars 2007.

Chaque prélèvement a été piqueté et identifié sur le terrain pour son nivellement.

Les barbituriques et la 4-chlorométhylphénylsulfone ont été recherchés par le laboratoire SOLVIAS à SCHWEIZERHALLE (CH). Les autres paramètres ont été analysés par les laboratoires WESSLING (D).

Un échantillon supplémentaire (**BDF-Roe**) de sol de surface a été constitué en dehors de la zone d'influence éventuelle de la décharge et ce afin d'estimer l'impact du bruit de fond géochimique sur le calcul de risque. Ces échantillons sont situés dans des horizons géologiques similaires à ceux des autres échantillons (sol végétal sur limons couvrant les alluvions anciennes des plateaux). Ont été recherchés dans ces échantillons les composés pouvant se retrouver naturellement dans le bruit de fond à savoir les métaux et les HAP.

3.5. Diagnostic des gaz du sol et de l'air ambiant

Le diagnostic des gaz du sol comprend la mise en place de piézomètres air (piézair), la réalisation d'essais d'extraction des gaz du sol, la réalisation d'échantillons adéquats de gaz du sol à des fins d'analyses et de mesures des gaz du sol sur site, la réalisation d'analyses ciblées au laboratoire.

Un prélèvement d'air ambiant dans le vallon au pied de la décharge a par ailleurs été réalisé (réalisation d'échantillons adéquats d'air ambiant sur 24 heures, mesure des paramètres aérologiques pendant le prélèvement au moyen d'une station météorologique, réalisation d'analyses ciblées au laboratoire) ; il est proche du point ES DECH, retenu comme point d'exposition dans l'EDR.

3.5.1. Objectifs

L'objectif des piézair est de se placer dans les meilleures conditions possibles pour réaliser un test d'extraction des gaz du sol. Ces ouvrages forment une interface avec le milieu « air du sol », tout en offrant la possibilité d'extraire en régime non turbulent un débit d'air du sol donné, en se soustrayant aux influences atmosphériques (fluctuations journalières). Ces tests d'extraction des gaz du sol permettent d'apprécier dans une approche volumétrique la qualité des gaz du sol.

Les mesures et analyses des gaz du sol (toit de la décharge) constituent la donnée d'entrée des modèles de transfert air du sol/air ambiant au point d'exposition dans le cadre de l'Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé (émissions gazeuse, voie d'exposition par inhalation).

Les analyses des gaz de l'air ambiant (pied de la décharge) constituent la donnée d'entrée des modèles d'exposition (mesures des gaz au point d'exposition) dans le cadre de l'Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé (émissions gazeuse, voie d'exposition par inhalation).

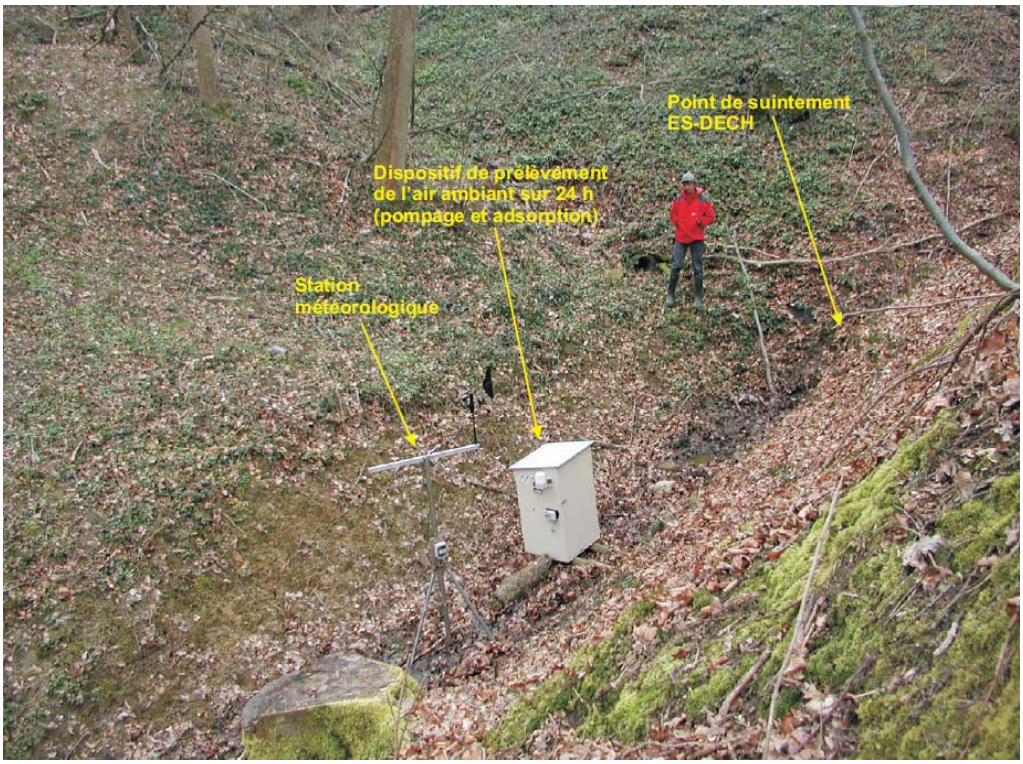
Les courbes d'extraction tirées de ce diagnostic sont placées en annexe E (volet 4, [56]). Les résultats analytiques sont fournis dans les tableaux synthétiques joints en annexe F5 (volet 4, [56]).

3.5.2. Mesures des paramètres aérologiques

Une station météorologique a été installée sur le site du Roemisloch les 28 et 29 mars 2007. Cette station est pourvue d'un anémomètre et d'une girouette afin de mesurer respectivement la vitesse moyenne du vent sur 5 minutes et la direction moyenne du vent sur 5 minutes (pas d'enregistrement de 5 mn).

Un ensemble de 2015 mesures a été réalisé. Par ailleurs, la pression atmosphérique a été mesurée selon le même pas d'enregistrement.

La station météorologique a été positionnée dans le vallon du Roemislochbach, au pied de l'ancienne décharge. La photographie ci-dessous illustre le dispositif mis en œuvre.



3.5.3. Tests d'extraction des gaz du sol on-site

3.5.3.1. Tests et échantillonnage réalisés

Ces essais ont été réalisés par la société VILLIGER SYSTEMTECHNIK AG de FREIBURG-IM-BREISGAU (D) entre le 20 et le 29/30 mars 2007, sous la coordination et la supervision d'ANTEA.

Les tests suivants ont été effectués :

Point	Date de réalisation	Position de la crépine au regard de la zone non saturée	Durée du test (min)	Nature de la zone non saturée captée	Nombre d'éch. de gaz du sol	Support adsorbant
Roe-MSG1	20/03/07	[2 m – 3 m]	6	Corps de la décharge	2	XAD 7, CA
	29/03/07		75		2	XAD 7, CA
Roe-MSG2	30/03/07	[1 m – 2 m]	36	Corps de la décharge et remblais de couverture des déchets (gravats)	2	XAD7, CA

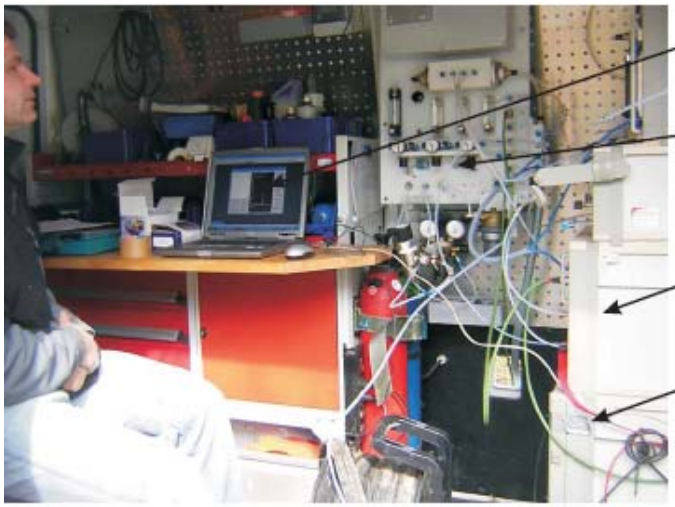
Tableau 2 : Tests d'extraction et échantillonnage des gaz du sol réalisés

3.5.3.2. Méthodologie mise en œuvre

✓ **Test d'extraction**

Les têtes nues des pointes à tester sont pourvues d'un raccord étanche ajusté au diamètre des ouvrages permettant le branchement d'un flexible lui-même relié à une aspirante (cf. photo ci-contre). Deux types d'aspirante peuvent être mis en œuvre dans le cadre du test (ADF et non ADF) selon les concentrations en COV des gaz du sol extraits.

L'aspirante maintient la ligne sous dépression. Un septum étanche en tête de piézomètre permet le passage des capteurs de pression et température (mesurées en tête des pointes), et le passage d'un flexible en téflon de prise d'échantillon. L'embout de ce flexible de prise de gaz est placé à profondeur voulue dans la colonne de la pointe.



Aperçu photographique des essais d'extraction des gaz du sol

Un piquage vanné en tête assure l'apport d'air atmosphérique et le maintien de la ligne sous la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE). Cette dilution, quantifiée par la mesure du débit d'air, sécurise l'essai vis à vis du risque d'explosion. Par ailleurs, un système pare flamme prévient la propagation d'un éventuel front de flamme dans la ligne.

Les débits maximum d'air extractible sont de l'ordre de 200 m^3/h. Le débit est régulé selon la perméabilité à l'air des terrains et des pertes de charge induites par la pointe filtrante. Le pompage est réalisé sur une durée de 60 à 120 minutes selon la perméabilité du sol à l'air et la courbe d'extraction obtenue à l'avancement (recherche d'une stabilisation).

Les ventilateurs sont alimentés par un courant 380 V triphasé.

Le laboratoire mobile est alimenté par un courant 220 V. L'alimentation électrique est assurée en autonomie par un groupe électrogène.

✓ **Métrologie embarquée et protocole d'échantillonnage des gaz du sol**

L'air aspiré lors du test est rejeté à l'atmosphère. Le flexible en téflon achemine en continu une fraction de l'air vers un détecteur FID sensible aux concentrations en hydrocarbures aromatiques et hydrocarbures saturés (n-alcanes, cyclanes,…). Cet ensemble de détection est placé dans un laboratoire mobile (camionnette).

La qualité des gaz du sol a été suivie en continu par un détecteur FID (« *Flame Ionisation Detector* »). Ce détecteur offre une sensibilité de l'ordre du ppm[4].

La réponse FID a été au préalable étalonnée. La réponse ainsi obtenue sur le site est la somme des réponses du méthane et des autres composés volatils organiques combustibles des gaz du sol.

L'acquisition des concentrations en CH_4 a été effectuée en plaçant sur la ligne d'adduction des gaz une cartouche de charbon actif qui ne laisse filtrer que le méthane. La mesure FID ainsi obtenue permet d'apprécier les concentrations en méthane des gaz du sol.

Parallèlement à la courbe de réponse FID, le dispositif permet de suivre en continu :

- les pressions en tête de la pointe,
- les volumes d'air extraits,
- les quantités horaires extraites en volatils (en g/h),
- la température, les concentrations en CO_2, CH_4 , CO, H_2S et O_2,

[4] Partie par million, soit 0,0001% V/V

Un chromatographe de terrain (CPG), monté en parallèle sur la ligne de mesure des gaz extraits, permet de détecter de façon discontinue et qualitative la présence de composés volatils possédant un temps de rétention inférieur à 15 minutes (sélectivement PCE, TCE, CIS, CV, BTEX, etc.).

L'hydrogène est mesuré sur site au moyen de tubes colorés spécifiques (concentrations de 0,2 à 2 % en volume d'H_2).

Les prélèvements de gaz sont effectués, pour chaque échantillon, et selon les molécules gazeuses recherchées :

- sur un support absorbant de charbon actif (type tube DRAEGER),
- sur un support absorbant synthétique de type XAD 3,
- sur un support absorbant synthétique de type XAD 7.

Les supports de prélèvements sont fournis par le laboratoire. Deux échantillons de gaz du sol ont été tirés de chaque piézair. Le type d'adsorbant est adapté à la nature des composés recherchés (à leur potentiel d'adsorption) et à la Limite Inférieure de Quantification recherchées.

Le volume passant lors de l'échantillonnage ne doit pas excéder 10 litres et le débit de pompage 100 à 200 ml/min.

L'échantillonnage est systématiquement réalisé si possible à l'obtention d'une courbe de réponse FID asymptotique, synonyme de représentativité de la mesure des concentrations réelle in situ en gaz du sol. Un échantillon prélevé au cours du test est exploité pour le calage en concentration de la courbe de réponse FID.

Le protocole opératoire est le suivant :

Support	Débit de prélèvement (ml/min)	Durée de prélèvement (min)	Volume pompé (l)	Composés dosés
Charbon actif	300	10	3	BTEX, COHV et composés aromatiques
XAD 7	350	14.5	5.1	Amines aromatiques et composés nitroaromatiques
XAD 3	350	14.5	5.1	Amines aromatiques et composés nitroaromatiques

Tableau 3 : Protocole opératoire pour les prélèvements des gaz du sol

Les échantillons ont été pris en charge par ANTEA selon les normes en vigueur (à l'abri des chocs et de la lumière, dans un délai de moins de 48 heures) jusqu'au laboratoire d'analyse (ZIPFEL, OFFENBURG (D)).

3.5.3.3. Informations recherchées et justification de la méthode

La technique de prélèvement des gaz du sol est dite active[5] et indirecte[6].

Les tests d'extraction des gaz du sol et la métrologie et l'échantillonnage associés retenus dans la présente étude permettent de répondre aux objectifs recherchés:

- prélever de façon représentative et reproductible les gaz du sol, en adaptant les supports de prélèvements aux concentrations observées sur site. L'avantage de cette technique dynamique est de se soustraire aux fluctuations des concentrations des gaz du sol liées aux variations inter journalières des gradients de pression sol / atmosphère,
- estimer les quantités de COV extraites par unité de temps et leur évolution dans le temps et l'espace,
- suivre les concentrations en CH_4, CO_2 et de la température, qui sont des indices de l'activité biologique dans le milieu souterrain (biodégradation),
- apprécier en première approche la répartition des gaz dans le sol, indicatrice de la position et de l'activité des sources de pollution (déchets et lixiviats),
- atteindre au laboratoire la LIQ escomptée, exploitable dans l'EDR.

3.5.4. Prélèvements des gaz de l'air ambiant pour analyses au laboratoire

L'objectif était d'effectuer un prélèvement des gaz de l'air ambiant au niveau du point d'exposition potentiel que constitue le fond du vallon du Roemislochbach en aval direct de la décharge. L'échantillon a été prélevé sur une durée de 24 heures à 1 m au dessus de sol avec un débit d'environ 0,3 l/mn, du 29 au 30 mars 2007. Ces pompes de prélèvement ont été placées et protégées dans un caisson isolé thermiquement. Trois échantillons ont été réalisés en parallèle, 1 sur charbon actif (CA) et 2 sur support synthétique XAD 7.

Ce protocole opératoire permet de rendre au mieux compte d'une exposition prolongée par la voie respiratoire pour un enfant jouant dans le vallon.

[5] par pompage.
[6] par adsorption sur support.

Le protocole opératoire et le programme analytique sont les mêmes que pour les gaz du sol. Les LIQ appliqué au gaz de l'air ambiant sont de 5 µg/m^3 pour l'air ambiant à 1 m au dessus du sol.

Afin d'interpréter ces données analytiques, une station météorologique a été installée à proximité immédiate du caisson de prélèvement des gaz afin de mesurer les paramètres aérologiques pertinents à savoir les vitesses et directions du vent sur la durée du prélèvement. Les mesures ont été effectuées avec un pas de 5 minutes.

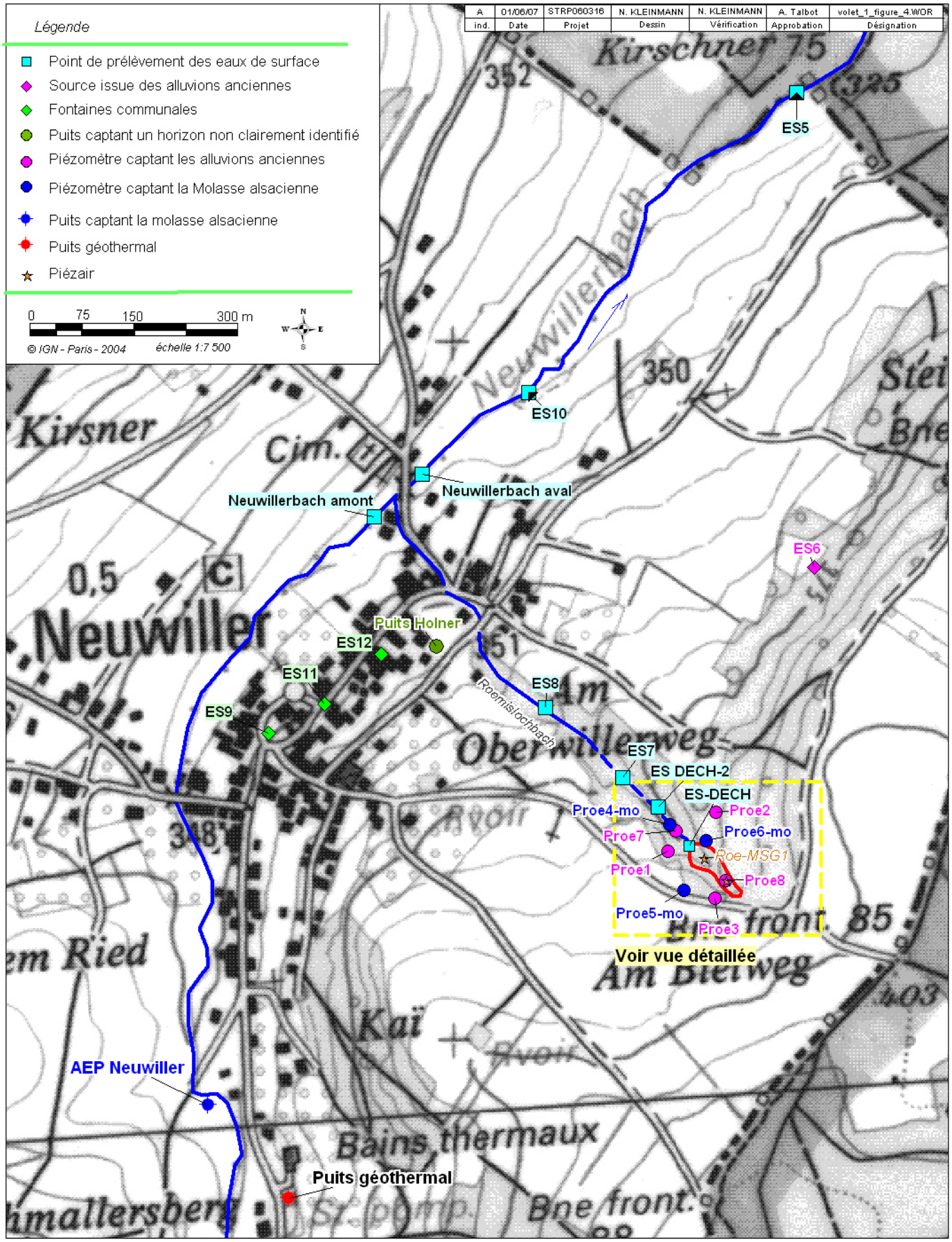


Figure 4 : Points d'accès aux nappes et réseau de surveillance du site du Roemisloch (vue générale)

4. Campagnes de prélèvements des eaux souterraines et des eaux de surface

4.1. Campagnes de prélèvement périodique

Les tableaux de l'annexe F (volet 4, [56]) synthétisent pour chacune des campagnes de prélèvement des eaux souterraines et/ou superficielles, les points d'échantillonnage concernés et les analyses appliqués, en partie ou à la totalité de ces échantillons.

Les bordereaux analytiques dont sont issus ces tableaux sont placés en annexe des différents rapports de surveillance rédigés par ANTEA (cf. liste des rapports en annexe B – volet 4, [56]).

Les objectifs sont les suivants :

1. Reconnaissance des impacts éventuels de la décharge sur la qualité des eaux souterraines et superficielles, contribution à la compréhension du système hydrogéologique du Roemisloch,

2. Surveillance qualitative et quantitative des émissions éventuelles issues de la décharge du Roemisloch vers les eaux souterraines et superficielles, suivi de l'évolution de ces émissions avec le temps,

3. Suivi des concentrations au niveau des points d'exposition retenus pour l'EDR Santé.

4.1.1. Dimensionnement des programmes de surveillance

4.1.1.1. Choix des points de surveillance

Le réseau appliqué à la surveillance du site du Roemisloch est présenté sur la Figure 4 et la Figure 5. Les pages suivantes précisent pour chacune des campagnes de surveillance réalisées les points de contrôle qui ont été prélevés pour analyses au laboratoire.

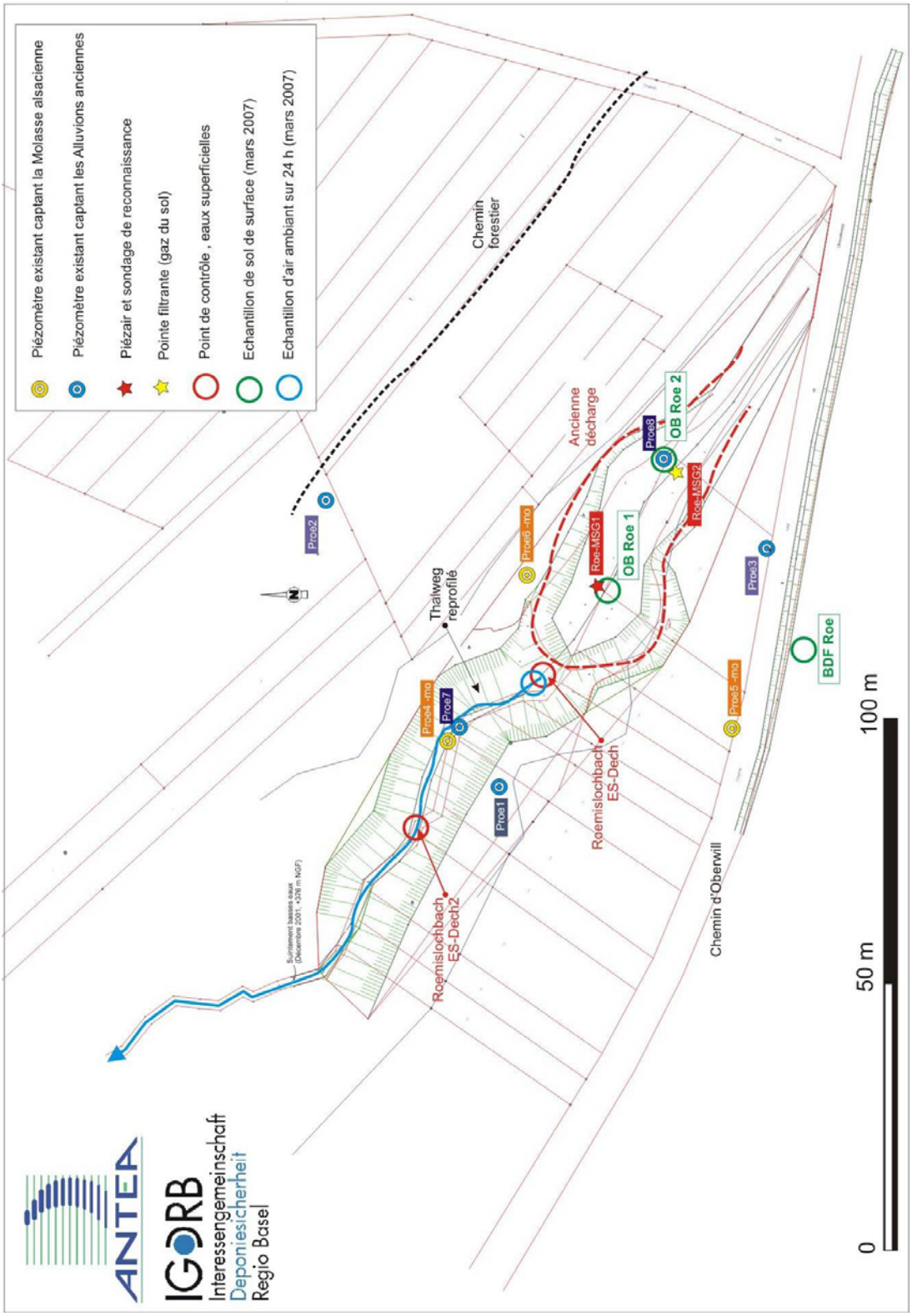


Figure 5 : Points d'accès aux nappes et réseau de surveillance du site du Roemisloch (vue rapprochée)

Les points concernés peuvent se résumer comme suit :

- piézomètres du proche environnement de la décharge, selon leur date de mise en place (**Proe1, 2, 3, 7, 8** captant les Alluvions anciennes, **Proe4-mo, 5-mo et 6-mo** captant la Molasse alsacienne), pour la compréhension du système hydrogéologique du Roemisloch et l'étude des impacts sur la qualité des eaux souterraines,

- puits avec un usage avéré ou potentiel des eaux (**AEP NEUWILLER, Puits HOLNER**),

- sources et fontaines issues des Alluvions anciennes (**ES6, ES9, ES11**). La proximité des habitations du village de NEUWILLER fait de ces points des points d'exposition potentiel des populations locales aux substances issues de la décharge,

- cours du Roemislochbach, de sa zone de suintement (**ES DECH, ES DECH2)** et d'écoulement (**ES7, ES8**) à sa confluence avec le Neuwillerbach. La proximité des habitations du village de NEUWILLER fait de ces points des points d'exposition potentiel des populations locales aux substances issues de la décharge,

- cours du Neuwillerbach (**Neuwillerbach amont, ES10, ES5**). La proximité des habitations du village de NEUWILLER fait de ces points des points d'exposition potentiel des populations locales aux substances issues de la décharge.

4.1.1.2. Points de surveillance retenus

✓ **Les eaux souterraines**

La qualité des eaux souterraines de l'environnement de la décharge du Roemisloch est surveillée depuis la première phase des investigationssur les points suivants :

- les piézomètres **Proe1, Proe2 et Proe3, Proe7,** et **Proe8** captant spécifiquement les Alluvions anciennes,

- les piézomètres **Proe4-mo, Proe5-mo** et **Proe6-mo** captant spécifiquement la Molasse alsacienne.

Les autres points surveillés sont les suivants (cf. Figure 4) :

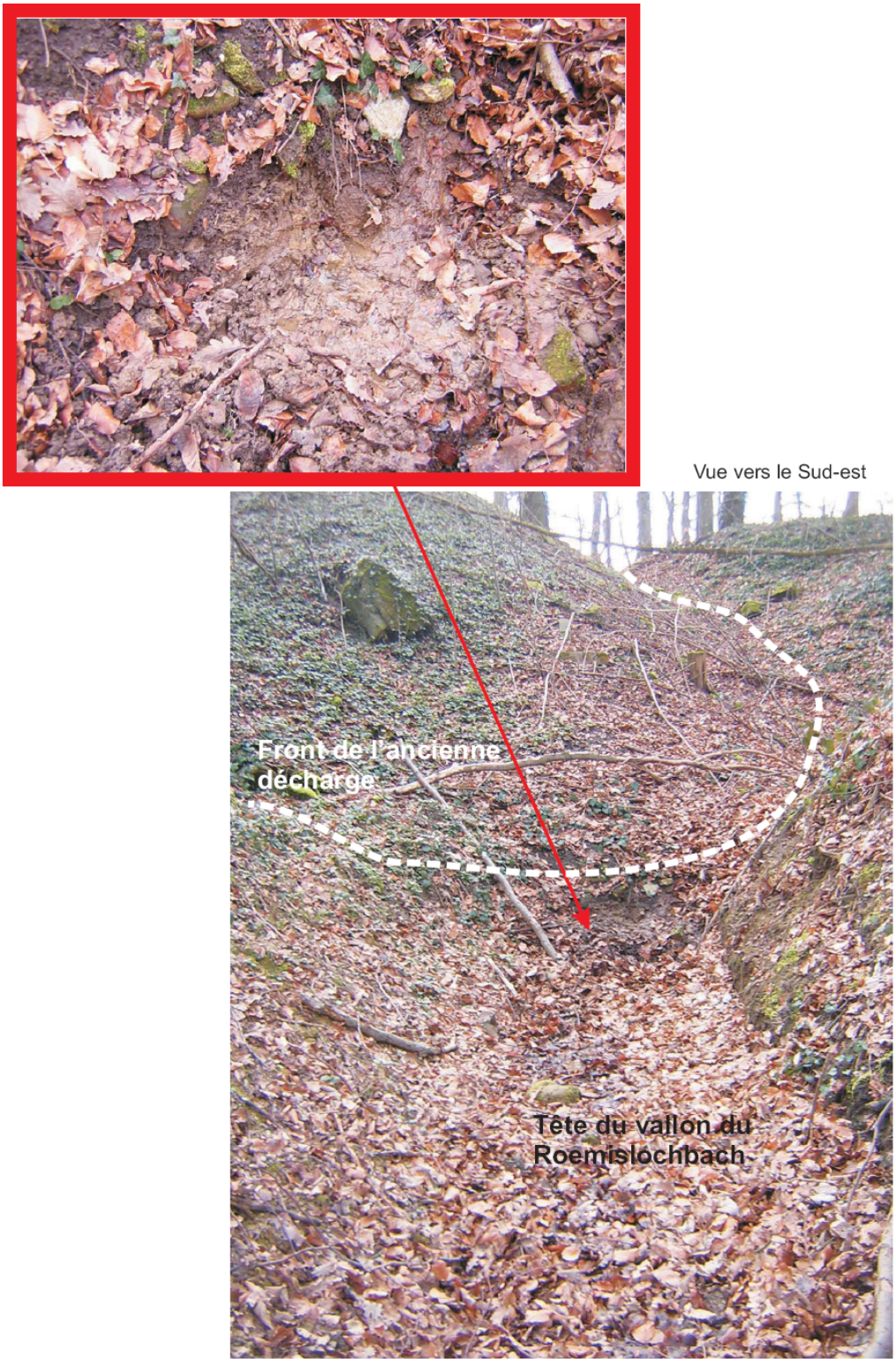
- **Puits HOLNER**. Il s'agit d'un puits agricole en anneaux busés ciment de 8 m de profondeur captant la Molasse alsacienne au niveau d'une ferme du village de NEUWILLER. Ce point a été prélevé le 20/09/2001 et le 16/05/2002.
- **AEP de NEUWILLER**, captant la Molasse alsacienne au niveau du village de NEUWILLER (à proximité du centre thermal, au Sud du village). Ce point a été prélevé en 2002, 2003, 2005, 2006, et 2007

Le puits géothermal de Neuwiller, dont la profondeur dépasse 1000 mètres, capte des horizons très profonds et n'est pas concerné par la décharge. Il n'a donc pas fait l'objet d'analyses.

✓ **Les eaux superficielles**

Sur le cours du ***Roemislochbach***, aux points fixes :

- **ES DECH**, correspondant au point de suintement du pied de la décharge du Roemisloch. Ce point (cf. planche ci-contre) n'est prélevé qu'en présence d'eau à savoir en période de hautes eaux. Il a été prélevé au printemps 2006, ainsi qu'en octobre 2006 et en mars 2007.
- **ES DECH2**, correspondant au Roemislochbach, à 50 m en aval pente de ES DECH. Caractérisé par de faibles débits, variables selon les fluctuations du niveau piézométrique de la nappe des Alluvions anciennes des plateaux, ce point n'est prélevé qu'en présence d'eau à savoir en période de hautes eaux. Il a été prélevé au printemps 2006, ainsi qu'en octobre 2006 et en mars 2007.
  Antérieurement, entre 2001 et 2003 le point de prélèvement nommé **ES7 ancien** était localisé sensiblement au même endroit, mais à l'époque où existait encore la mare en pied de décharge.
- **ES7**, situé à 100 m en aval de la décharge, prélevé jusqu'en mars 2003. Ce point a été prélevé avec une périodicité variable selon l'occurrence ou non d'évènements émissifs,
- **ES8**, situé à 150 m en aval de la décharge. Ce point est encore périodiquement prélevé car il constitue l'un des points d'exposition de l'Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine (cf. rapport A37647/A d'avril 2005). La photographie page 40 donne un aperçu de ce point de prélèvement,
  Ce point a été prélevé avec une périodicité variable selon l'occurrence ou non d'évènements émissifs.
- **les eaux de la mare** existant temporairement au pied de la décharge en période de très hautes eaux, ont été prélevées lorsque cette mare a pu être observée, à deux reprises.



Ecoulements au pied de la décharge (ES DECH) - aperçu photographique

Sur le cours du ***Neuwillerbach***, aux points fixes :

- **ES10**, situé à 250 m en aval de la confluence avec le Roemislochbach, prélevé entre septembre 2001 jusqu'en mai 2002,

- **Neuwillerbach amont**, situé immédiatement à l'amont de la confluence avec le Roemislochbach. Ce point permet de juger d'éventuels apports exogènes à la décharge du Roemisloch,

- **ES5**, situé au niveau de la frontière franco suisse. Ce point est encore périodiquement prélevé car il constitue l'un des points d'exposition retenus dans l'Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine. Il a été prélevé avec une périodicité variable selon l'occurrence ou non d'évènements émissifs.

Fontaine communale (ES9)

Points ES8 et ES9 - aperçu photographique

Des ***sources*** de l'environnement de la décharge ont également été surveillées :

- **ES6** ancienne source AEP de NEUWILLER, issue des Alluvions anciennes des plateaux, située 100 m environ au Nord de la décharge du Roemisloch. Ce point a été prélevé le 06/04/2001 et le 20/09/2001,

- **ES9** correspondant à une fontaine située au cœur du village de NEUWILLER (cf. photographie page précédente), et vraisemblablement alimentée par les sources issues des Alluvions anciennes des plateaux. La fontaine ES9 a été prélevée les 06/04/2001, 20/09/2001, 15/05/2002 et le 27/11/2002. Elle ne coule plus actuellement,

- **ES11** correspondant à une fontaine située au cœur du village de NEUWILLER, à 100 m au Nord-Est de ES9, et vraisemblablement également alimentée par les sources issues des Alluvions anciennes des plateaux. Ce point a été prélevé le 20/09/2001.

- **ES12** : il s'agit encore d'une fontaine située au cœur du village de NEUWILLER, à environ 100 m au Nord-Est de ES11, et vraisemblablement également alimentée par les sources issues des Alluvions anciennes des plateaux. Elle a été prélevée en mars 2007.

4.1.2. Choix des fréquences

Les campagnes généralisées de prélèvements se déroulent à pas semestriel, dans les deux états hydrologiques extrêmes, les basses eaux de l'automne et les hautes eaux du printemps.

Toutefois, la mise en évidence d'épisodes d'émissions de la décharge en période de fort cumul pluviométrique a amené le GIDRB à adapter le plan de surveillance en termes de fréquence d'échantillonnage et de nombre de points échantillonnés.

Un tel cas de figure s'est présenté en mars 2001, pendant l'hiver 2001, pendant l'été 2002, au printemps 2003 et au printemps 2006. Les fréquences d'échantillonnage des eaux de surface ont alors été mensuelles voire hebdomadaires.

4.1.3. Campagnes de prélèvements réalisées

4.1.3.1. Premières campagnes exploratoires

L'échantillonnage des eaux souterraines (cf. Figure 4 et Figure 5), des eaux de source et des eaux superficielles a été réalisé en trois campagnes successives afin d'ajuster le programme analytique aux émissions reconnues et d'appréhender au plus juste les impacts réels des décharges :

1. **Campagne** de mars 2001**.** Cette campagne a été réalisée dans des conditions de pluviométrie exceptionnellement forte.

2. **Première campagne de contrôle** de mai 2001

3. **Seconde campagne de contrôle**, juin à août 2001.

Une campagne de prélèvements généralisée pour analyses au laboratoire a été réalisée en mars 2001, en période de très hautes eaux, sur le réseau piézométrique du Roemisloch et sur les eaux de surface.

Ces prélèvements ont été reconduits en période de basses eaux (septembre 2001). Parallèlement, le site fait l'objet d'un suivi piézométrique mensuel afin d'observer les variations saisonnières du niveau piézométrique des deux nappes reconnues.

4.1.3.2. Campagnes généralisées de surveillance

Le site du Roemisloch est surveillé périodiquement en période de hautes et basses eaux. Ces campagnes périodiques se sont déroulées en Septembre 2001, Mai et Novembre 2002, Mai et Octobre 2003, Février et Novembre 2004, Mars et Octobre 2005, Avril 2006 à juin 2006, Octobre 2006, Mars 2007 (cf. tableau 8).

4.2. Echantillonnage des eaux dans la décharge (mars 2007)

S'agissant d'un milieu intégrateur, la qualité des eaux souterraines au sein de la décharge, en équilibre avec les déchets, donne une signature globale de la qualité de la fraction soluble et mobilisable dans l'eau du corps de la décharge.

La qualité des eaux souterraines au sein de la décharge apporte de précieuses informations pour caractériser au mieux le terme source, par nature très hétérogène.

Un échantillonnage ponctuel a donc été réalisé en trou nu soutenu dans Roe-MSG1 le 20 mars 2007, après stabilisation du niveau statique (mesuré), au moyen de préleveurs jetables à bille à usage unique en PE.

En outre, les eaux du piézomètre Proe8 ont été prélevées le 29 mars 2007 selon le protocole qualité appliqué au prélèvement des eaux souterraines en vigueur lors des campagnes semestrielles de prélèvement (purge et prélèvement à la pompe électrique immergées MP1 attribué au site du Roemisloch selon le protocole d'assurance qualité du Pr OEHME).

Les eaux échantillonnées ont été conditionnées dans 2 bouteilles de 1 litre en verre blanc mis à disposition et préparé selon le protocole qualité du Pr OEHME (chauffés à 450°C).

Ces échantillons d'eau ont été conservés à l'abri de la lumière, en glacières réfrigérées à 4°C, et pris en charge par ANTEA jusqu'au laboratoire dans un délai de moins de 48 heures (SOLVIAS, SCHWEIZERHALLE, CH).

Le tableau 8 synthétise pour chacune des campagnes de prélèvement des eaux souterraines et superficielles les points d'échantillonnage concernés. Les analyses appliquées en partie ou à la totalité de ces échantillons sont détaillées dan le § 5.

5. Analyses réalisées et choix des substances

5.1. Analyses des sols et de déchets

5.1.1. La chimie des colorants et ses conséquences en terme de programme analytique

Les déchets chimiques de la décharge du Roemisloch correspondent pour une grande partie à des résidus issus de la production de la chimie des colorants synthétiques de la chimie bâloise des années 50.

Les travaux d'excavation et de sécurisation de la parcelle « *BUBENDORF* » réalisés sur le site du Letten en mars 2007 ont permis d'appréhender à la fois la nature et la structure d'une partie ancienne de ce type de décharge chimique des années 50.

Les sondages effectués dans les décharges du Letten et du Roemisloch en mars 2007 ont quant à eux permis de reconnaître le massif des déchets chimiques sur les 2 sites. Il ressort de ces observations que les décharges sont très hétérogènes, constituées par un mélange en alternance de gravats et déblais de démolition, de déchets chimiques en vrac (restes de filtres, culots de distillation vitreux et résineux noir 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 verreries vides ou pleines de liquide ou de produits chimiques solides et cristallisés).

Ce type de dépôt côtoie des dépôts plus homogènes, massifs, formés 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).

Contrairement aux pigments et colorants inorganiques, limités à un nombre restreint de couleur, la grande diversité des structures chimiques organiques offre la possibilité d'obtenir une vaste gamme de couleur et de teintes, à l'origine de l'essor de la chimie industrielle des colorants dans les années 50 notamment. Les nuances de couleur sont ainsi obtenues par de légères modifications structurales des molécules chromatiques.

La chimie des colorants synthétique repose sur des structures chromophores obtenues par la délocalisation d'électrons, par alternance de liaisons simples et doubles dans des noyaux aromatiques homocycliques et polycycliques et/ou des ponts –N=N- (azoïques).

Les principales familles de colorants organiques sont les suivantes:

- Colorants carbonyl (quinones, indiguoïde, quinacridone),
- Cyanocolorants (di et triarylméthane, quinonimine),
- Colorants azoïques,
- Pigments azomethine, méthine et isoindoline,
- Phtalocyanine,
- Dioxazine.

Les culots de distillation sont formés par des macromolécules issues de la polymérisation des intermédiaires de synthèse des colorants. Les molécules susceptibles d'être rencontrées dans les déchets sont d'une extrême variété :

- Colorants, produits pharmaceutiques et produits agrochimiques éventuels,
- Tous les intermédiaires de production ayant conduit à ces molécules,
- Les molécules formant des ratés de production,
- Des solvants de haut point d'ébullition (nitrobenzène, chlorobenzène),
- Toutes les molécules résultant de la biodégradation des molécules ci avant (métabolites).

Les colorants azoïques, les colorants anthraquinoniques et les colorants indiguoïdes sont des importants représentants dans ce type d'industrie dans les années 50.

La famille de colorants azoïque est caractérisée d'un point de vue structural par un groupement diazo –N=N- couplant deux parties de molécules. Ces molécules sont obtenues par la réaction de synthèse entre des amines aromatiques (« composant diazoïque »), transformées au préalable en sels diazoïques, et d'autres molécules comme les phénols, les acides sulfoniques et les amines (« composant de couplage »).

La variété des composés diazoïques utilisés au cours du temps et celle des composants de couplage se traduit par une grande variété de structures chromophores plus au moins complexes. Certaines molécules organiques sont susceptibles de se lier à des cations (Al^{3+}, Ca^{2+}) ou des métaux pour former laques et pigments (exemple: phtalocyanine de cuivre).

Les métaux ont été utilisés à divers stades de la production :

- comme catalyseur des réactions,
- dans des complexes organo minéraux de certains pigments et laques, voire dans certaines molécules actives (pharma chimie),
- réactifs dans des réactions d'oxydation comme par exemple celles conduisant à la production de cétones.

Le mercure Hg^{2+} a été fréquemment employé comme agent oxydant dans la réaction de couplage des colorants diazoïque (de structure AR1 – N = N – AR2) : soit AR1-NH2 et AR2-NH2 deux amines aromatiques construites sur la base des noyaux aromatiques respectifs AR1 et AR2.

$AR1\text{-}NH_2 + AR2\text{-}NH_2 \rightarrow AR1\text{-}NH\text{-}NH\text{-}AR2 + (HgO) \rightarrow AR1\text{-}N = N\text{-}AR2$ + forme réduite de Hg comme par exemple Hg°.

Un autre agent oxydant largement utilisé est le Cr^{6+}.

D'une manière générale, les molécules participant à la synthèse des colorants sont solubles (sels organiques, acides sulfoniques, etc.) à moyennement solubles (amines aromatiques) et peu ou pas volatiles (molécules de haut poids moléculaire).

A l'exception des molécules chlorées (en particulier celles à plus de 2 chlores), ces molécules sont facilement biodégradables dans les sols et les eaux souterraines.

Les substances ayant présenté des indices organoleptiques évidents sont les suivantes : le nitrobenzène (seuil de perception olfactif dans l'air de 0,3 mg/m^3, très odorant), les HAP et les xylènes.

La chimie des colorants est extrêmement complexe et la reconnaissance des substances effectivement présentes dans les déchets passe nécessairement par la réalisation de screenings.

On s'est donc attaché dans la présente étude à caractériser les molécules potentiellement présentes compte tenu de la chimie des colorants, en recherchant les principales substances susceptibles d'être présentes et en complétant le programme d'analyses par des screenings.

5.1.2. Choix des analyses au laboratoire des sols et déchets

5.1.2.1. Sédiments du fond de la mare (septembre 2001)

Seules les amines aromatiques ont été analysées par SOLVIAS sur les deux échantillons de sédiments prélevés en septembre 2001 (sédiment 1 et sédiment 2).

Ces composés sont de bons traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50 de la décharge du Roemisloch.

5.1.2.2. Caractérisation des sols au droit de la mare en préliminaire aux travaux d'aménagement du thalweg du Roemisloch (2005)

Le choix des analyses réalisées repose sur :

- la connaissance de la composition des lixiviats de la mare temporaire,
- les critères standard d'admissibilité dans des Centres d'Enfouissement Technique de classe 2.

Les critères d'admissibilité en centre d'enfouissement de classe 2 portent communément sur les paramètres suivants : fraction soluble, antimoine (Sb), arsenic (As), baryum (Ba), cadmium (Cd), chrome total, chrome VI, cuivre (Cu), mercure (Hg), molybdène (Mo), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se), zinc (Zn), fluor (F), cyanures libres et cyanures totaux (CN), indice phénol, Carbone Organique Total (COT), PCB, indice hydrocarbures totaux, HAP (EPA 1 à 16, dont le naphtalène et le benzo(a)pyrène), les BTEX et les Composés OrganoHalogénés Volatils (dont le trichloréthylène).

Parmi les substances caractéristiques des déchets de la chimie bâloise des années 50, ont été recherchés les composés aromatiques volatiles dont les chlorobenzènes, la 4-chlorphenylmethylsulfone, le crotamiton, la famille des amines aromatiques (aniline, mono-, di-, trichloranilines, toluidines, etc.).

Ces analyses ont été réalisées par le laboratoire WESSLING, accrédité COFRAC pour l'analyse des sols.

Par ailleurs, les barbituriques ont été recherchés par le laboratoire SOLVIAS qui possède l'expérience sur ce type de produits (ne figurant pas dans les critères d'admissibilité pour la mise en décharge).

On trouvera page suivante la synthèse du programme d'analyses effectuées ainsi que les seuils de détection s'y rapportant.

Espèce	Famille	Laboratoire	Limite inférieure de quantification
			mg/kg
Aniline	Amines aromatiques	WESSLING	0,02
o-/p-Toluidine			0,02
m-Toluidine			0,02
2-Chloraniline			0,02
3-Chloraniline			0,02
4-Chloraniline			0,02
2, 3-Dichloraniline			0,02
2, 4-/2, 5-Dichloraniline			0,02
2, 6-Dichloraniline			0,02
3, 4-/3, 5-Dichloraniline			0,02
3, 4-Dichloraniline			0,02
N, N-Dimethylaniline			0,02
Trichloroaniline			0,02
4-Chlorphenylmethylsulfone	Pesticide, insecticide et dérivés		0,02
Crotamiton			0,02
Antimoine (Sb)	Métaux		10
Arsenic (As)			2
Baryum (Ba)			0,1
Cadmium (Cd)			0,5
Chrome (Cr) Total			1
Cuivre (Cu)			1
Mercure (Hg)			0,1
Molybdène (Mo)			10
Nickel (Ni)			1
Plomb (Pb)			10
Selenium (Se)			5
Zinc (Zn)			1
Chrome VI (résidu sec et partie lixiviable)			0,01
			10
Hydrocarbures totaux	Hydrocarbures		0,01
HAP dont benzo (a) pyrène	Hydrocarbures aromatique Polycycliques		
Barbital	Barbiturique	SOLVIAS	-
Butalbital			-
Hexobarbital			-
Phenobarbital			-
Heptabarbital			-
COHV dont Trichloréthylène	Composé organo-halogéné volatil	WESSLING	0,10
Chlorobenzènes dont 1,2-Dichlorobenzène, 1,4-Dichlorobenzène	Composé aromatique volatil		0,10
			0,05
BTEX			0,01
PCB	Polychlorobyphényls		0,1%
Carbone Organique Total	Indicateur global		10
Fluorures (F)	Halogénures		0,2
Indice Phénol	Phénols		

Tableau 4 : Programme analytique destiné à la caractérisation des sols au droit de la mare.

5.1.2.3. Caractérisation des sols et déchets (mars 2007)

Pour les déchets, le programme analytique est basé sur les connaissances acquises sur la décharge de BONFOL dans le Canton du Jura (Suisse) où ces déchets ont été stockés après 1960.

Pour les sols de surface, s'agissant des premiers 5 cm de sols exposés à l'air atmosphérique et aux intempéries, les substances les plus volatiles (BTEX, COHV, chlorobenzènes, nitrobenzènes et phénols) n'ont pas été recherchées.

La limite inférieure de quantification (LIQ) des analyses des sols de surface est adaptée à l'EDR Santé c'est à dire que la LIQ n'est pas susceptible de cacher un risque inacceptable au sens de la réglementation française, pour le scénario (ingestion directe de particules de sol) et la substance considérés.

Les programmes analytiques appliqués sont les suivants :

Paramètres	Sols de surface	Déchets et sols des sondages
Métaux (dont As, Cr, Ni, Co, Cu)		
Screening organique	Sélection d'échantillons	Sélection d'échantillons
BTEX		
HAP (Liste EPA 1-16)	Naphtalène uniquement[7]	
COHV		
Chlorobenzènes		
Nitrobenzène		
Nitrotoluène et dinitrotoluènes		
Amines aromatiques (aniline, chloranilines, dichloranilines, trichloranilines, xylidines, toluidines)		
Phénol et alkylphénols		
Barbituriques		
4-chlorphénylméthylsulfone		

	Laboratoire WESSLING (NEU ISENBURG, RFA)
	Laboratoire SOLVIAS (SCHWEIZERHALLE, CH)

Tableau 5: Programmes analytiques appliqués pour les échantillons de sols et matériaux issus de la décharge du Roemisloch

[7] *Les autres HAP ont néanmoins été recherchés par screening [56]*

5.2. Analyses des eaux souterraines et superficielles

5.2.1. Les différents types de programmes analytiques

On distingue différents types de programmes analytiques :

1. Programmes analytiques ciblés appliqués de façon systématique et périodique aux points de surveillance **de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines. Ce programme a connu une optimisation progressive au fur et à mesure de l'évolution des techniques analytiques et de l'état de la connaissance du site et de ses émissions. Le chapitre suivant présente cette évolution.**

2. **Analyses ciblées par composé effectuées ponctuellement** sur des points dûment sélectionnés, dans le cadre d'investigations spécifiques (composés organiques et inorganiques).

3. **Screenings chromatographiques CPG/MS effectués ponctuellement** sur des points dûment sélectionnés, dans le cadre d'investigations spécifiques (composés organiques). Cette technique analytique a été appliquée afin de caler et de juger de la pertinence du programme analytique ciblé choisi pour la surveillance.

5.2.2. Justification et évolution du programme analytique ciblé standard

Le programme analytique de base, appliqué dès 2001, est construit à partir d'une liste de 67 paramètres qui s'appuie sur la liste des composés susceptibles d'être rencontrés dans les déchets produits par la chimie bâloise entre 1950 et 1960.

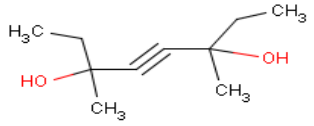
Cette liste a été établie selon les résultats analytiques des lixiviats de la décharge de BONFOL dans le Canton du Jura (Suisse) où ces déchets ont été stockés après 1960.

Le programme analytique a ensuite été adapté et amélioré par le Pr. OEHME et ANTEA sur la base des résultats des campagnes de surveillance antérieures (exploitation des empreintes CPG/MS notamment) et les conclusions de l'analyse de sensibilité de l'Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé – exposition aux eaux superficielles- (cf. Rapport A37647/A, version provisoire d'avril 2005).

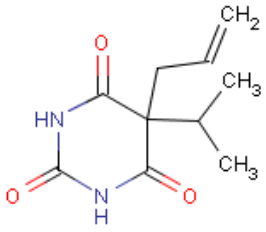
Le rapport du Dr. M. GÜGGI, (SOLVIAS) d'août 2006 : *Evaluation des programmes analytiques de surveillance aux anciennes décharges du Letten et du Roemisloch* présente de façon détaillée les évolutions et leurs justifications du programme de surveillance depuis mars 2001.

Le programme de surveillance a été adapté dès l'automne 2005, avant la campagne d'avril 2006. Le GIDRB a envisagé de mettre en place un programme de surveillance pérenne des deux décharges sur le moyen terme. Le choix des points d'observation et des composés retenus est argumenté en détail dans le rapport *Projet de programme de surveillance des anciennes décharges du Roemisloch à NEUWILLER (68) et du Letten à HAGENTHAL-LE-BAS (68)- Argumentaire technique, avril 2006 - Rapport A39382/A.*

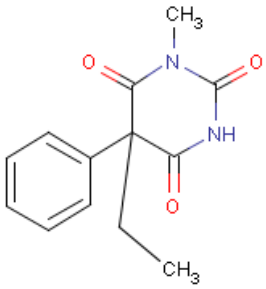
Par rapport à la campagne de surveillance d'octobre 2005, les composés suivants (cf. Figure 6) ont été ajoutés à la liste standard des paramètres à rechercher les molécules suivantes : Aprobarbital, Méphobarbital et Surfynol 104.



Surfynol 104.



Aprobarbital



Mephobarbital

Figure 6: Formules structurales des composés complétant le programme analytique depuis avril 2006

Les deux molécules de la famille des barbituriques ont été ajoutées à la liste des substances recherchées suite aux développements de la méthode d'analyse de la famille des barbituriques, sous l'impulsion de recherches analytiques et des avancées des méthodes sur le site de l'ancienne décharge de MUTTENZ (SUISSE, BALE CAMPAGNE), par le laboratoire SOLVIAS. Ces deux barbituriques figurent à présent dans un pack standard pour l'analyse des barbituriques.

Le Surfynol 104 (2, 4, 7, 9-tétraméthyl – 5-decyne - 4, 7-diol, CAS 126-86-3) a également été recherché systématiquement dans les eaux souterraines et superficielles depuis la campagne d'avril 2006.

Il s'agit d'un composé couramment rencontré dans l'environnement et largement utilisé dans l'industrie pour ses propriétés tensio-actives (traitement de surface).

L'objectif de ces analyses est de contrôler l'occurrence de cette molécule dans les eaux dans l'environnement de la décharge et les puits et sources AEP du secteur. L'interprétation des résultats vis à vis du paramètre Surfynol, pour la campagne d'avril 2006, fait l'objet plus spécifiquement du rapport du bureau d'étude suisse BMG [39], qui concluait notamment (cf. volet 2 [54]) :

- 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.

Les dioxines ont été recherchées à l'issue de la campagne de prélèvement semestrielle d'avril 2006. Les analyses ont été interprétées pour le compte du GIDRB par le Prof. W. ROTARD, de la Technische Universität de BERLIN (RFA). Ces investigations font l'objet des rapports suivants :

1. Prof. Dr. W. ROTARD, Technische Universität BERLIN, 15 juin 2006
   « *Prise de position sur les analyses de dioxines dans des échantillons d'eau du secteur influencé par les décharges alsaciennes du Roemisloch et du Letten* »

2. Prof. Dr. W. ROTARD, Technische Universität BERLIN, 21 juin 2006
   « *Importance des dioxines dans les décharges de la région de* BALE »

La Limite Inférieure de Quantification appliquée aux analyses en général est variable selon les campagnes, le laboratoire (BRGM ANALYSE, SOLvias) et les substances. Elle se situe entre 0,05 µg/l et 2 µg/l avec une LIQ de 0,1 µg/l appliquée le plus fréquemment à la majorité des composés. La LIQ pour les bromures est de 100 µg/l.

5.2.3. Programme analytique des campagnes de mars à août 2001

Le programme analytique appliqué aux échantillons prélevés lors des campagnes de mars 2001 à août 2001 est précisé dans le Tableau 6 et le Tableau 7 ci après.

5.2.4. Programme analytique des campagnes d'août 2001 à octobre 2005

Le rapport du Dr. M. GÜGGI, (SOLVIAS) d'août 2006 *Evaluation des programmes analytiques de surveillance aux anciennes décharges du Letten et du Roemisloch* présente de façon détaillée les évolutions et leurs justifications du programme de surveillance depuis mars 2001. Le programme analytique et son évolution est synthétisé par la matrice du Tableau 8 et du Tableau 9.

Familles	Paramètre	Procédure
Recherche des liaisons organiques par CPG/MS	Composés organiques volatils et semi-volatils	ICP/MS
Recherche des hydrocarbures par CPG/FID	Hydrocarbures non aromatiques	ICP/FID
Composés organiques ciblés	Amines aromatiques (Anilines, mono-, di-, trichloroanilines)	TRAIT D
	Composés organohalogénés volatiles et composés aromatiques (1 échantillon)	CPG (MS (EPA 8240), NF ISO 13877
	Chlorobenzènes et naphtalène (1 échantillon)	CPG/MS (EPA 8240), CLHP/Fluorimétrie NF ISO 13677
	Indice Hydrocarbures totaux	NF T 90-114
Cations alcalins et alcalinoterreux	Ba, Ca, Na, K, Li, Sr NH_4^+	NF EN ISO 11885, ICP/MS
Cations métalliques et métalloïdes	Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Fe, Mn, Mg, Hg, As, Ag, Co, Be, Al	ICP/MS, NF EN 1483, NF EN ISO 11885
Anions	Cl, SO_4^{2-}, NO_3^-, NO_2^-, F^-, Br^-, CO_3^{2-}, HCO_3^-, SiO_2, PO4	NF EN ISO 9963-1, NF EN ISO 26777, NF T 90-004, NF EN 1189
Paramètres généraux	pH, Conductivité, T°C,	Sur site. NF T90-008

Tableau 6 : Protocole analytique suivi pour la campagne de mars-mai 2001 (BRGM ANALYSES)

Familles	Paramètre	Procédure
Amines aromatiques	Semi-volatils, Anilines et chloroanilines	TRAIT D (BRGM), extraction alcaline dans le dichlorométhane après séparation sur une phase stationnaire traitée à la soude.
Composés aromatiques chlorés	Chlorobenzènes	Headspace, CPG/MS selon EPA 8240
Phénols	Phénol, méthylphénols et chlorophénols	Extraction liquide/liquide (EPA 3510), CPG/MS selon EPA 8o270.
Hydrocarbures monocycliques aromatiques	BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes)	Headspace, CPG/MS selon EPA 8240
Isopropylbenzène, n-butylbenzène, naphtalène		Headspace, CPG/MS selon EPA 8240
Composés OrganoHalogénés Volatils (COHV)	Alcanes et alcènes chlorés et/ou bromés	Headspace, CPG/MS selon EPA 8240
1,4-Dioxane		TRAIT D (BRGM)
Tétrahydrofurane		Headspace, CPG/MS selon EPA 8240
Halogènes	Bromure	ICP/MS

Tableau 7 : Protocole analytique suivi lors des campagnes de contrôle de mai-août 2001

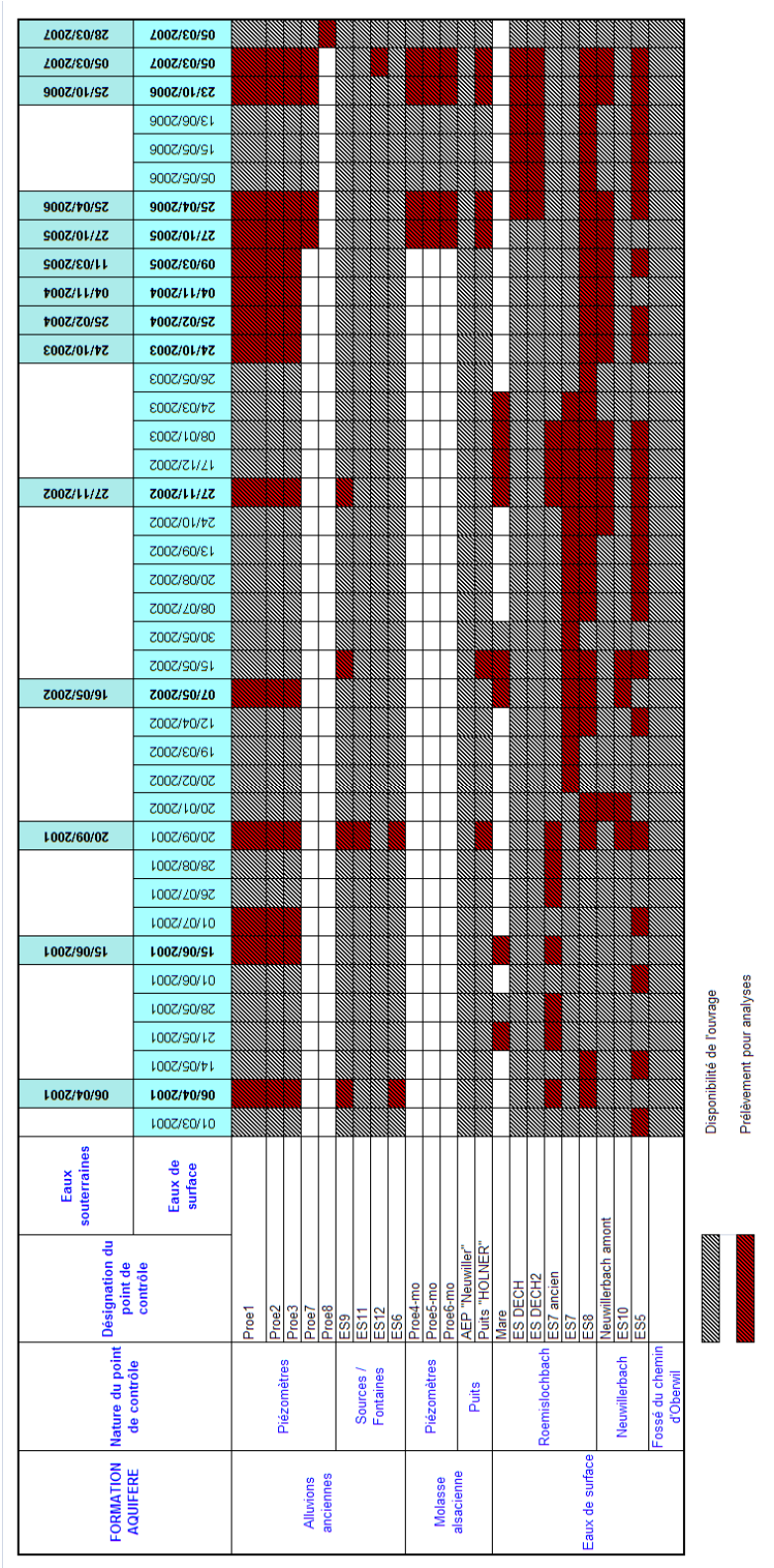


Tableau 8 : Matrice points de surveillance / échantillonnage

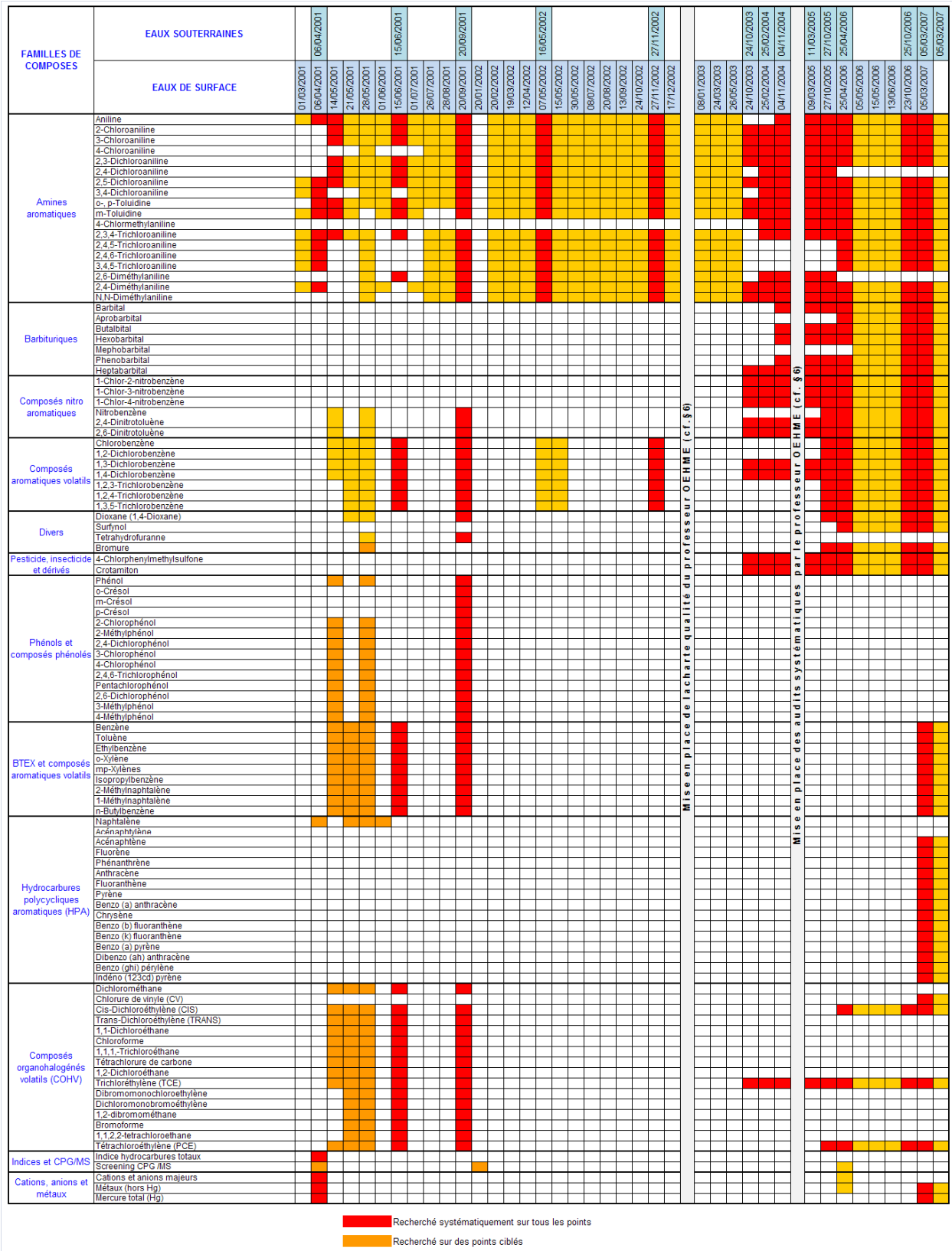


Tableau 9 : Matrice analyses / échantillonnage

5.2.5. Programme analytique des campagnes d'avril 2006 à mars 2007

Le programme analytique standard appliqué entre avril 2006 et mars 2007 est le suivant.

Espèce/composé	**Famille**	**Limite inférieure de quantification** µg/l	**Justification**
Aniline	Amines aromatiques	0,10	✓ Présence observée, ✓ Traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50, ✓ Potentiel danger, ✓ Mobilité et persistance (dichloranilines).
o-/p-Toluidine		0,10	
m-Toluidine		0,10	
2-Chloraniline		0,10	
4-Chloraniline		0,10	
4-Chlormethylaniline		0,10	
2, 3-Dichloraniline		0,10	
2, 4-Dichloraniline		0,10	
2, 5-Dichloraniline		0,10	
3, 4-Dichloraniline		0,10	
N, N-Dimethylaniline		0,10	
2, 4-Dimethylaniline		0,10	
4-Chlorphenylmethylsulfone	Pesticides, insecticides et dérivés	0,10	✓ Présence observée.
Crotamiton		0,10	
Barbital	Barbituriques	0,10	✓ Présence observée, ✓ Traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50.
Butalbital		0,10	
Hexobarbital		0,10	
Phenobarbital		0,10	
Aprobarbital,		0,10	
Méphobarbital,		0,10	
Heptabarbital		0,10	
Nitrobenzène	Composés nitro-aromatiques	0,10	✓ Présence observée (traces), ✓ Traceurs des déchets de la chimie bâloise des années 50, ✓ Potentiel danger, ✓ Mobilité et persistance.
1-Chlor-2-nitrobenzène		0,10	
1-Chlor-3-nitrobenzène		0,10	
1-Chlor-4-nitrobenzène		0,10	
2, 4-Dinitrotoluène		0,10	
2, 6-Dinitrotoluène		0,10	

Espèce/composé	Famille	Limite inférieure de quantification µg/l	Justification
Trichloréthylène et Tétrachloréthylène	Composés organo-halogénés volatils	0,10	✓ Présence observée, ✓ Traceurs des déchets chimiques autres, ✓ Potentiel danger, ✓ Mobilité et persistance.
Chlorobenzène	Composés benzéniques chlorés	0,10	✓ Présence observée, ✓ Traceurs des déchets chimiques de la chimie bâloise des années 50, ✓ Potentiel danger, ✓ Mobilité et persistance.
1,2-Dichlorobenzène		0,10	
1,3-Dichlorobenzène		0,10	
1,4-Dichlorobenzène		0,10	
1,2,3-Trichlorobenzène		0,10	
1,2,4-Trichlorobenzène		0,10	
1,3,5-Trichlorobenzène		0,10	
Atrazine	Biocide triazoté	0,10	✓ Présence observée.
Desmetryne		0,10	
Surfynol 104	Divers	0,1	✓ Présence observée.
1,4-Dioxane		2,0	✓ Présence observée.
Bromure		100	✓ Présence observée, ✓ Mobilité et persistance (sel), traceur.
pH	Paramètres généraux	-	✓ Qualité globale des eaux, conditions physico chimiques des milieux
T°C		-	
Conductivité électrique à 25°C		-	
eH (potentiel Redox)		-	
O_2 dissous		-	

Tableau 10 : Programme analytique (avril 2006 – mars 2007)

5.2.6. Analyses ponctuelles complémentaires

La présence de composés couramment rencontrés dans des décharges comme les BTEX (entre septembre 2001 et mars 2007), les HAP (entre septembre 2001 et mars 2007), les COHV (liste complète de 17 composés en septembre 2001) et les phénols (septembre 2001) a été recherchée ponctuellement en guise de contrôle.

Les PCB (Polychlorobiphényles) n'ont pas été recherchés car ces composés ne sont pas des traceurs des déchets de la chimie bâloise (années 50) et n'ont pas été mis en évidence par screening CPG/MS en avril 2006 (alors que les pics chromatographiques correspondants aux PCB sont clairement mis en évidence par cette technique, cf. [44] et [45].

Les métaux possédant les potentiels danger intrinsèques les plus élevés (As, Cd, Co, Cr total, Hg, Ni, Pb) ont été recherchés systématiquement en mars 2007 sur l'ensemble des points du réseau. Le chrome^{VI} a été utilisé comme oxydant, les résidus devraient donc se retrouver sous forme de chrome^{III}. En conséquence, c'est le chrome total qui a été analysé ; la présence éventuelle de chrome hexavalent n'aurait pas d'incidence sur la quantification des risques sanitaires puisque les valeurs toxicologiques de référence sélectionnées pour le chrome sont proches de celles considérées usuellement pour le chrome hexavalent (cf. volet 5).

Les cations et anions majeurs ont été recherchés systématiquement en mars 2001 sur l'ensemble des points du réseau pour la caractérisation hydrochimique des eaux des différentes formations aquifères reconnues. Une caractérisation hydrogéochimique des eaux des piézomètres captant la Molasse alsacienne (Proe4-mo, Proe5-mo et Proe6-mo) a été effectuée en octobre 2005 [36].

5.2.7. Screening CPG/MS

5.2.7.1. Screenings effectués

Site	Eaux de surface	Molasse alsacienne	Alluvions anciennes	Captages	Total
Mars 2001 (BRGM Analyses) [24]	ES7 ancien	-	-	-	**1**
Janvier 2002 (SOLVIAS) [24]	ES8, Neuwillerbach amont, ES10, Neuwillerbach en aval direct de la confluence avec le Rœmislochbach (pont de la RD 16)	-	-	-	**4**
Juin 2006 (SOLVIAS) [44]	ES8, ES5	Proe5-mo, Proe6-mo	Proe1, Proe2, Proe3, Proe7	Puits „*HOLNER*“, AEP“*Neuwiller*“	**10**
Total :	**7**	**2**	**4**	**2**	**15**

Tableau 11 : Screenings CPG/MS réalisés

5.2.7.2. Principe et méthode

La Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG) est, comme toutes les techniques de chromatographie, une technique qui permet de séparer des molécules, d'un mélange éventuellement très complexe, de nature et de volatilité très diverses.

Le mélange à analyser est vaporisé à l'entrée d'une colonne, qui renferme une substance active solide ou liquide appelée phase stationnaire, puis il est transporté à travers celle-ci à l'aide d'un gaz porteur. Les différentes molécules du mélange vont se séparer et sortir de la colonne les unes après les autres après un certain laps de temps (RT ou *Retention Time*) qui est fonction de l'affinité de la phase stationnaire avec ces molécules.

Le screening est effectué pour chaque échantillon sur des extraits acides à pH 2 et des extraits basiques à pH 9 afin d'optimiser les extractions (les composés organiques ont pour certains des affinités acides et d'autres basiques).

Ces screening ont été réalisés par le laboratoire BRGM analyses en juillet 2002 et SOLVIAS à SCHWEIZERHALLE (SUISSE) en avril 2006.

5.2.7.3. Limites de la méthode et écarts entre résultats des analyses ciblées et screening

La technique de CPG/MS s'applique principalement aux composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisés par chauffage sans décomposition (liaisons organiques semi volatiles possédant un point d'ébullition supérieur à 180°C et inférieur à 450 °C environ).

Les seuils de détection appliqués pour les screenings d'avril 2006 sont les suivants (cf. Tableau 10) : ces seuils ont été retenus afin de se prémunir contre des éventuels artéfacts analytiques et des interférences entre pics chromatographiques de faible amplitude. Le seuil le plus bas de 0,1 µg/l a pu être appliqué aux seuls échantillons faiblement ou non contaminés. Les effets de matrice et d'interférences dues aux fortes concentrations n'ont pas autorisé, pour une exploitation fiable des résultats et des spectres, un seuil de détection plus bas que 2 µg/l.

Points de prélèvements	**Seuil de détection (µg/l)**
Proe6-mo, Proe7	**2**
Proe1, Proe2, Proe3, Proe5-mo, ES8, ES5, AEP Neuwiller, puits HOLNER	**0,5**

Tableau 12 : Screenings CPG/MS réalisés au printemps 2006,
seuils de détection appliqués

Les molécules possédant un point d'ébullition inférieur à 180°C ne sont pas visibles par CPG/MS, expliquant le fait que, par exemple, les COHV (trichloréthylène et perchloréthylène) détectés par analyses ciblées (selon la technique d'injection en tête ou head-space), n'ont pas été mis en évidence par CPG/MS. Enfin, les barbituriques, détectés par analyse ciblée (après dérivation), ne sont pas mis en évidence par la technique CPG/MS.

L'identification des substances a été réalisée sur la base d'une banque de données de masses NIST.

Les détails et résultats individuels de ces analyses sont fournis dans le rapport ANTEA A4412/A [44].

5.3. Analyses bactériologiques (janvier 2002)

Une analyse bactériologique complète type B3 (ancien décret 89-03) a été réalisée sur les eaux du Rœmislochbach, en ES8, du Neuwillerbach (en aval de la confluence avec le Rœmislochbach) sur des échantillons prélevés en janvier 2002. Ces analyses ont été effectuées par le CAR accrédité pour ce type d'analyses.

Ces analyses permettent notamment de caractériser la qualité bactériologique de ces eaux, sur la base des paramètres : bactéries aérobies revivifiables à 37 °C, bactéries aérobies revivifiables à 22 °C, coliformes sur membrane filtrante, coliformes thermotolérants sur membrane filtrante, streptocoques fécaux à 37 °C sur membrane filtrante, sporée de bactéries sulfato réductrice.

5.4. Analyses des gaz du sol et d'air ambiant

5.4.1. Choix des substances et des LIQ

Le programme analytique a été élaboré sur les bases suivantes :

- présence potentielle dans les déchets d'après leur nature, et en intégrant les composés détectés dans les eaux souterraines au droit des sites du Letten et du Roemisloch (par analyses ciblées entre mars 2001 et mars 2007, et par screening CPG/MS en avril 2006),

- mobilité (volatilité), sur la base des coefficients de Henry (cf. tableau 17 et figure 9). Les références des valeurs utilisées sont données dans le volet 5 [52]. Suivant ce critère, ont notamment été écartés les barbituriques et sulfonamides, présents dans les eaux, mais non volatils.

La LIQ est adaptée à l'EDR Santé c'est à dire que la LIQ n'est pas susceptible de cacher un risque inacceptable au sens de la Circulaire du 10 décembre 1999, pour le scénario et la substance considérés.

La Limite Inférieure de Quantification (LIQ) au laboratoire a été calculée au préalable par ANTEA sur la base d'un scénario de transfert et d'exposition de type inhalation / promenade / enfant (zone non saturée perméable composée de gravats) avec des paramètres d'exposition standard INERIS.

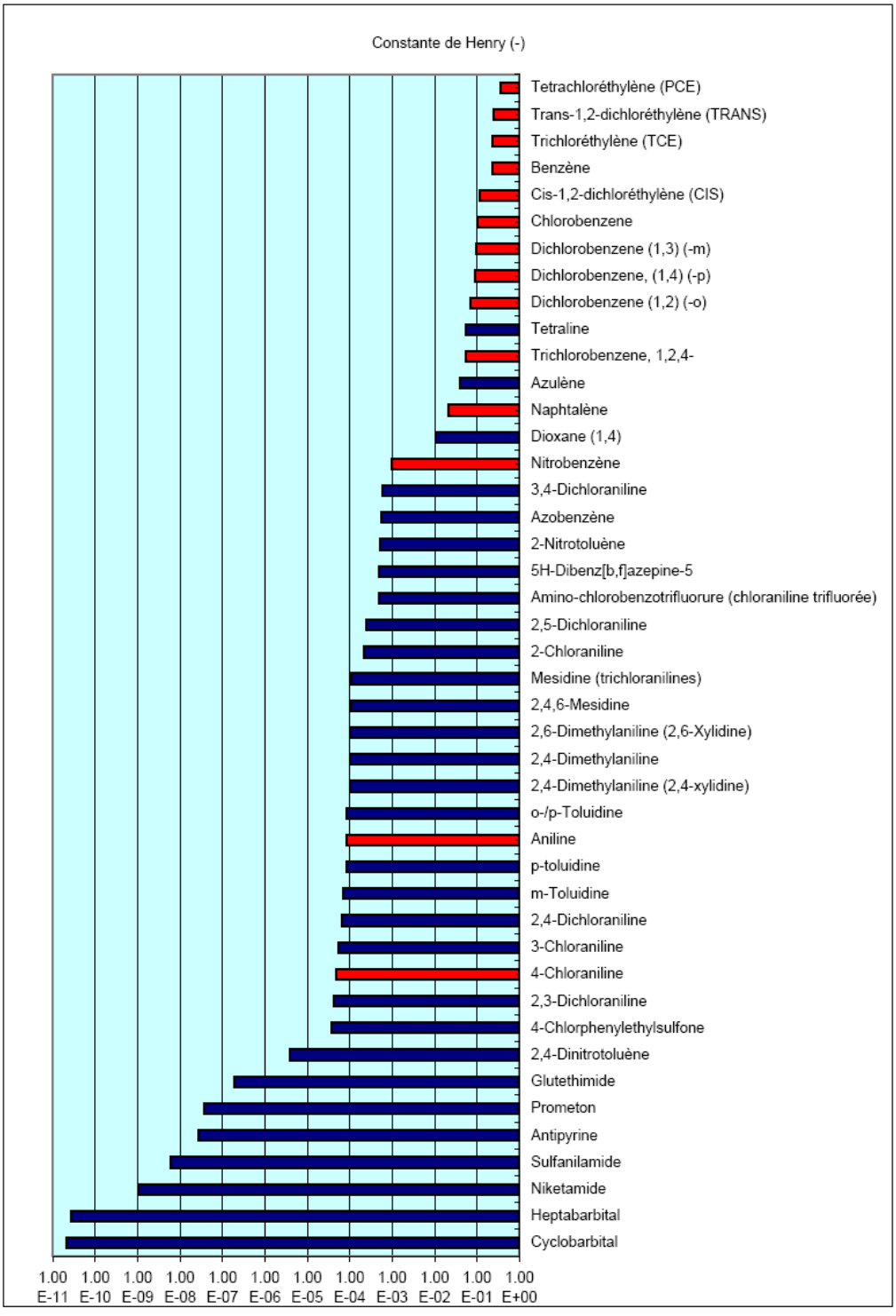


Figure 7 : Volatilité des substances potentiellement présentes dans les déchets (Coefficients de Henry)

Les substances porteuses du risque considérées de façon sécuritaire sont l'aniline et le benzène. Les LIQ retenues sont les suivantes :

- ✓ 5 µg/m^3 pour l'air ambiant à 1 m au dessus du sol,
- ✓ 1 mg/m^3 pour l'air du sol à 2 m de profondeur.

Les analyses de gaz du sol ont été effectuées par le laboratoire ZIPFEL implanté à OFFENBURG (D).

5.4.2. Programme analytique appliqué (mars 2007)

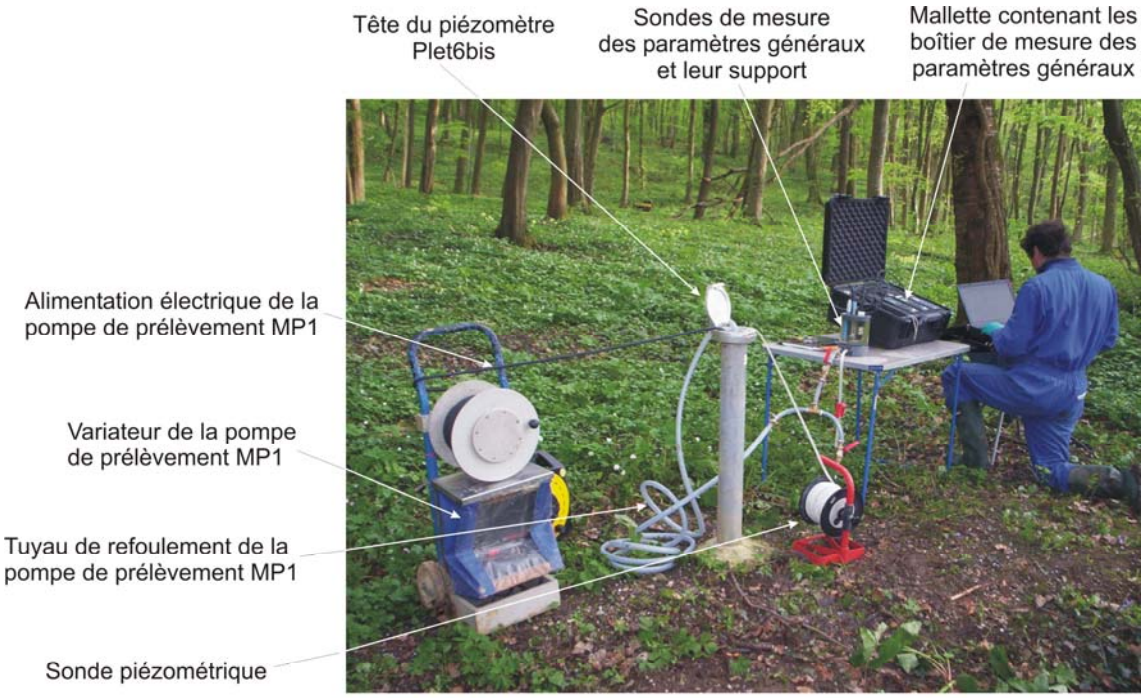
Les échantillons de gaz du sol ont été analysés selon le programme suivant :

- ✓ les BTEX et CAV (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes, chlorobenzènes, etc.)
- ✓ les Composés Organohalogénés Volatils (dont le tetrachloréthylène, trichloroéthylène, le cis 1,2-dichloréthylène, le chlorure de vinyle,etc.),
- ✓ les composés nitroaromatiques,
- ✓ les amines aromatiques chlorées (aniline, monochlor-, dichlor- et trichloraniline) et/ou méthylées (xylidines et toluidines) et/ou fluorées,
- ✓ la tétraline,
- ✓ le 1,4-dioxane,
- ✓ le naphtalène et l'azulène,
- ✓ l'azobenzène,
- ✓ la Recherche des liaisons organiques par CPG/MS (pour s'assurer de la pertinence du programme analytique et d'identifier d'éventuels composés autres que ceux ciblés par l'analyse.

RT (min) Screening avril 2006	SUBSTANCE	Constante de Henry (atm-m3/mole)	Température à laquelle H est définie (°C)	Température à laquelle H est définie (°K)	Constante des Gaz parfaits (m3atm/(mole°K))	Constante de Henry (-)
	Heptabarbital	0.43	25	298.15	0.00008205	1.76E+01
12.99	Cyclobarbital	5.13E-13	25	298.15	0.00008205	2.10E-11
	Prometon	9.09E-10	25	298.15	0.00008205	3.72E-08
7.04	Sulfanilamide	1.50E-10	25	298.15	0.00008205	6.13E-09
8.4	Glutethimide	4.78E-09	25	298.15	0.00008205	1.95E-07
	Niketamide	2.46E-11	25	298.15	0.00008205	1.01E-09
	2,4-Dinitrotoluène	-	25	298.15	0.00008205	3.80E-06
	Antipyrine	6.65E-10	25	298.15	0.00008205	2.72E-08
15.71	Azobenzène	1.35E-05	25	298.15	0.00008205	5.52E-04
16.05	2,4,6-Mesidine	2.68E-06	25	298.15	0.00008205	1.10E-04
14.99	Mesidine (trichloranilines)	2.68E-06	25	298.15	0.00008205	1.10E-04
	2,3-Dichloraniline	1.05E-06	25	298.15	0.00008205	4.29E-05
	2,4-Dichloraniline	1.58E-06	25	298.15	0.00008205	6.46E-05
16.22	3,4-Dichloraniline	1.46E-05	25	298.15	0.00008205	5.97E-04
13.9	Amino-chlorobenzotrifluorure (chloraniline trifluorée)	1.23E-05	25	298.15	0.00008205	5.03E-04
12.47	5H-Dibenz[b,f]azepine-5	1.23E-05	25	298.15	0.00008205	5.03E-04
	2,5-Dichloraniline	6.00E-06	25	298.15	0.00008205	2.45E-04
9.03	Toluenesulfonamide	4.66E-07	25	298.15	0.00008205	1.90E-05
	Toluenesulfonamide	4.66E-07	25	298.15	0.00008205	1.90E-05
9.93	2,4-Dimethylaniline (2,4-xylidine)	2.50E-06	25	298.15	0.00008205	1.02E-04
16.33	2,4-Dimethylaniline	2.50E-06	25	298.15	0.00008205	1.02E-04
	2,6-Dimethylaniline (2,6-Xylidine)	2.52E-06	25	298.15	0.00008205	1.03E-04
	4-Chloraniline	1.16E-06	25	298.15	0.00008205	4.74E-05
	2-Nitrotoluène	1.25E-05	25	298.15	0.00008205	5.11E-04
7.04	4-Chlorphenylethylsulfone	9.24E-07	25	298.15	0.00008205	3.78E-05
8.74	3-Chloraniline	1.31E-06	25	298.15	0.00008205	5.35E-05
12.20	Naphtalène	-	25	298.15	0.00008205	2.08E-02
	2-Chloraniline	5.39E-06	25	298.15	0.00008205	2.20E-04
	m-Toluidine	1.66E-06	25	298.15	0.00008205	6.79E-05
7.04	o-/p-Toluidine	2.02E-06	25	298.15	0.00008205	8.26E-05
	p-toluidine	2.02E-06	25	298.15	0.00008205	8.26E-05
16.44	Trichlorobenzene, 1,2,4-	-	25	298.15	0.00008205	5.55E-02
14.80	Azulène	-	25	298.15	0.00008205	3.90E-02
7.84	Nitrobenzène	-	25	298.15	0.00008205	9.84E-04
13.72	Tetraline	1.36E-03	25	298.15	0.00008205	5.56E-02
	Aniline	2.02E-06	25	298.15	0.00008205	8.26E-05
	Dichlorobenzene, (1,4) (-p)	-	25	298.15	0.00008205	9.12E-02
	Dichlorobenzene (1,2) (-o)	-	25	298.15	0.00008205	7.02E-02
9.56	Dichlorobenzene (1,3) (-m)	-	25	298.15	0.00008205	9.51E-02
	Chlorobenzene	-	25	298.15	0.00008205	1.05E-01
9.2	Tetrachloréthylène (PCE)	-	25	298.15	0.00008205	3.64E-01
	Cis-1,2-dichloréthylène (CIS)	-	25	298.15	0.00008205	1.16E-01
	Trans-1,2-dichloréthylène (TRANS)	-	25	298.15	0.00008205	2.54E-01
10.7	Trichloréthylène (TCE)	-	25	298.15	0.00008205	2.32E-01
11.30	Benzène	-	25	298.15	0.00008205	2.27E-01
9.03	Dioxane (1,4)	-	25	298.15	0.00008205	1.10E-02
14.93	dichloronitroaniline	-	25	298.15	0.00008205	pas de donnée
14.27	dichloronitroaniline	-	25	298.15	0.00008205	pas de donnée
11.72	chloronitroaniline	-	25	298.15	0.00008205	pas de donnée
15.42	Pyrolan	-	25	298.15	0.00008205	pas de donnée
9.82	1-Acetyl-piperidine	pas de donnée	25	298.15	0.00008205	pas de donnée
8.62	O,O,O-Triethylthiophosphat	pas de donnée	25	298.15	0.00008205	pas de donnée
12.67	Crotamiton	pas de donnée	25	298.15	0.00008205	pas de donnée

Références des paramètres physico-chimiques : cf. volet 5 [52]

Tableau 13 : Analyse de présence / mobilité prévalant à la sélection des substances recherchées dans les gaz du sol



Protocole opératoire des prélèvements des eaux souterraines.
Aperçu photographique

6. Protocoles opératoires et qualité des prélèvements

6.1. Prélèvement et analyses des eaux

Depuis la campagne de mars 2003, le protocole opératoire suit les recommandations de la charte qualité *Qualitätssicherungskonzept : Analyse von organischen Verbindungen in Oberflächen- und Grundwasser sowie Sickerwasser aus Böden*, établie en mai 2003 par le Professeur OEHME de l'Université de BALE. Ce protocole est destiné à permettre de minimiser les artefacts de mesure liés au prélèvement et à l'analyse, pour fiabiliser les résultats.

Par ailleurs, depuis 2005, les opérations de prélèvement et les résultats d'analyses font l'objet d'un audit par le Pr OEHME à chaque campagne (visite de terrain lors des prélèvements, contrôle et relecture critique des opérations d'analyse et des résultats). Cette démarche reconnue a été adoptée par les autorités suisses.

Il en résulte que la fiabilité des résultats s'est améliorée au cours des études. L'ensemble des résultats est présenté dans le volet 2 ; en cas d'incohérence entre des données récentes et plus anciennes (antérieures à 2003), les données les plus récentes sont les plus fiables.

Les flaconnages ont été mis à disposition par SOLVIAS et pris en charge par ANTEA jusqu'aux points de prélèvements. Ces flaconnages (bouteille de 1 litre en verre blanc et à bouchon en téflon jointé) ont été au préalable préparés et conditionnés par SOLVIAS selon le protocole défini par le Pr. OEHME (chauffage à 450°C).

Les paramètres généraux Eh / pH / conductivité / O_2 dissous / T°C, susceptibles d'influer sur la stabilité des polluants dans les eaux, ont été mesurés sur site par ANTEA lors des purges des piézomètres. Les niveaux d'eau ont été relevés au niveau de tous les points d'accès à la nappe au moyen d'une sonde piézométrique.

La sonde électrique à interface ainsi que les sondes Eh / pH / Conductivité / O_2 dissous / T°C ont été nettoyées à l'eau déminéralisée avant chaque mesure. L'Eh a été calculé par dérivation du pH. Les sondes pH et O_2 ont été calibrées journellement sur le terrain lors de la campagne pour s'assurer de l'absence de dérive des mesures.

Les eaux pompées sont refoulées en partie, via un by-pass, vers une capacité maintenue à niveau constant, dans laquelle sont plongées toutes les sondes : ce dispositif permet la mesure des paramètres généraux sans perturbations par d'éventuels écoulements turbulents (cf. planche photographique ci-contre).

Les échantillons d'eau souterraine ont été prélevés selon le protocole opératoire du GIDRB, après nettoyage du piézomètre et purge d'un volume égal à au moins 5 fois le volume d'eau dans l'ouvrage. La purge a été réalisée par une pompe électrique immergée 2'' spécifique, réservée aux seuls prélèvements des piézomètres du Letten et du Roemisloch.

Le dispositif de prélèvement se compose (cf. Figure 8) :

- d'une pompe GRUNDFOS MP1 avec son convertisseur (variateur de débit),

- d'un touret manuel avec 50 m de câble électrique dans une gaine en Téflon asservi par des manchons thermo-rétractables en Téflon à une élingue de sécurité en acier inox,

- d'un joint tournant assurant l'alimentation électrique de la pompe sans déconnecter le câble.

L'ensemble, monté sur un diable léger à roues à bandages caoutchouc, est totalement autonome et manœuvrable par une personne. Il peut être stocké en position horizontale ou verticale.

Le dispositif est alimenté en électricité (2,2 kW en 220 V mono) par un groupe électrogène.

Conformément au protocole qualité défini en accord avec le Pr. OEHME, le groupe électrogène est placé à plus de 20 m du point de pompage et les déchets produits par les prélèvements (gants souillés, etc.) sont déposés dans un fût en PEHD fermé hermétiquement. Les outils de purge et de prélèvement sont nettoyés avant intervention sur chaque site.

Par ailleurs, ANTEA a procédé en partant des ouvrages situés à l'aval éloigné vers l'aval rapproché pour limiter les risques de pollution croisée des ouvrages par les dispositifs de prélèvement. L'ordre des prélèvements est le suivant : Puits_HOLNER, Proe5-mo, Proe6-mo, Proe4-mo, Proe2, Proe3 et enfin Proe1.

Le tuyau de la pompe est changé au terme de chaque campagne de prélèvements.

Le piézomètre Proe7 (nappe superficielle en aval immédiat de la décharge) est purgé et prélevé au moyen d'une pompe électrique immergée de type MP1 autre que celle attribuée aux autres piézomètres du secteur d'étude.

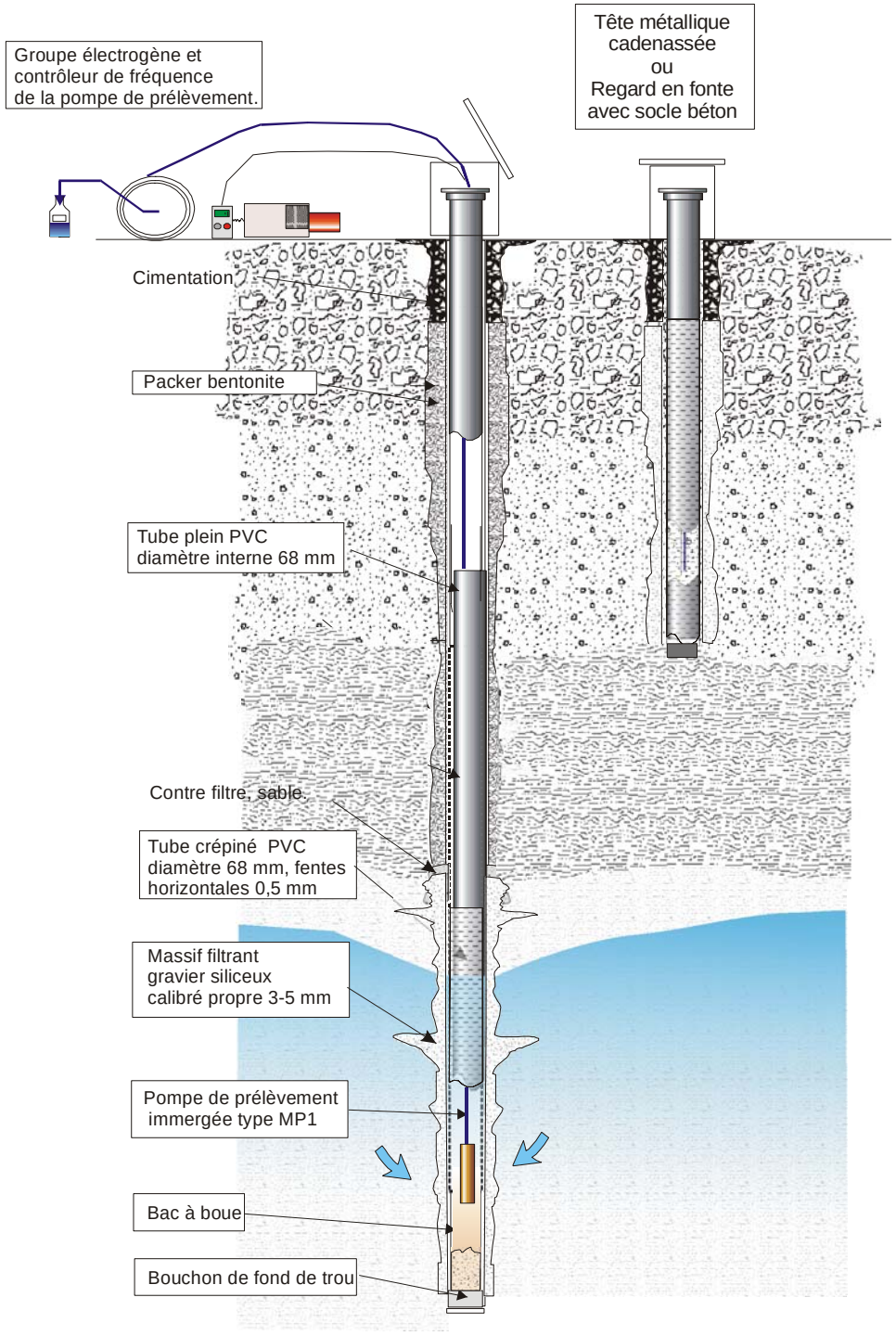


Figure 8 : Prélèvement des eaux souterraines au moyen d'une pompe électrique immergée

Deux échantillons de référence (« blanc ») sont constitués sur le terrain, dans les conditions de prélèvements, au moyen d'eau minérale de marque Evian transvasée dans des flacons standards d'échantillonnage. Ces échantillons (identifiés « *Feldblind* », blancs de terrain) sont constitués journellement sur site.

Par ailleurs, un autre échantillon d'eau minérale Evian, qui n'a pas été placé dans les conditions du prélèvement de terrain, a été également analysé (échantillon identifié par « *Methodenblind* », blanc de méthodologie analytique).

Les eaux superficielles ont été prélevées à 30 cm sous la surface libre de l'eau, au niveau de tronçons non stagnants du cours d'eau jugés suffisamment représentatifs du milieu.

Les échantillons d'eau brute ou filtrée / stabilisée ont été conditionnés dans des flacons adéquats selon les paramètres recherchés et pris en charge par ANTEA selon la norme ISO 5667 actuellement en vigueur (transport en glacière avec packs réfrigérés, à l'abri de la lumière, le jour même ou avec un délai de moins de 48 heures) jusqu'au laboratoire d'analyse SOLVIAS de SCHWEIZERHALLE.

Les échantillons ont été conditionnés au laboratoire en armoire frigorifique entre 4°C et 8°C et stabilisés par adjonction de 2 ml d'acide nitrique à 65%.

Les protocoles pour le conditionnement et la préparation des échantillons au laboratoire sont précisés dans les comptes-rendus SOLVIAS en annexe de chaque rapport de surveillance (cf. Liste des rapports en annexe B du volet 4, [56]). Chaque prélèvement a fait l'objet d'une fiche de prélèvement spécifique ; elles sont jointes dans les rapports de surveillance.

6.2. Incertitudes inhérentes au piézomètre et au mode de prélèvement dynamique

Le prélèvement des eaux souterraines a été réalisé, après purge du piézomètre, au moyen d'une pompe électrique immergée de type MP1. Les piézomètres captent l'intégralité de la hauteur mouillée de l'aquifère.

La concentration en sortie de la pompe est une concentration moyenne pondérée par les débits de chaque horizon productif capté. Les concentrations des échantillons prélevés de façon non spécifique à la pompe MP1 sont des concentrations moyennes pondérées sur la hauteur captée qui minimisent les concentrations réellement présentes en nappe et en particulier celle des horizons les plus superficiels, les plus proches de la zone source.

A titre d'exemple (cf. Figure 9) :

$Q_1 = 0{,}3\ m^3/h$ $C_1 = 10\ 000\ \mu g/l$
$Q_2 = 0{,}5\ m^3/h$ $C_2 = 100\ \mu g/l$
$Q_3 = 0{,}2\ m^3/h$ $C_3 = 10\ \mu g/l$

Dans ce cas :

$Qt = 1\ m^3/h$ $Ct = (C_1Q_1 + C_2Q_2 + C_3Q_3) / Qt = 6100\ \mu g/l$

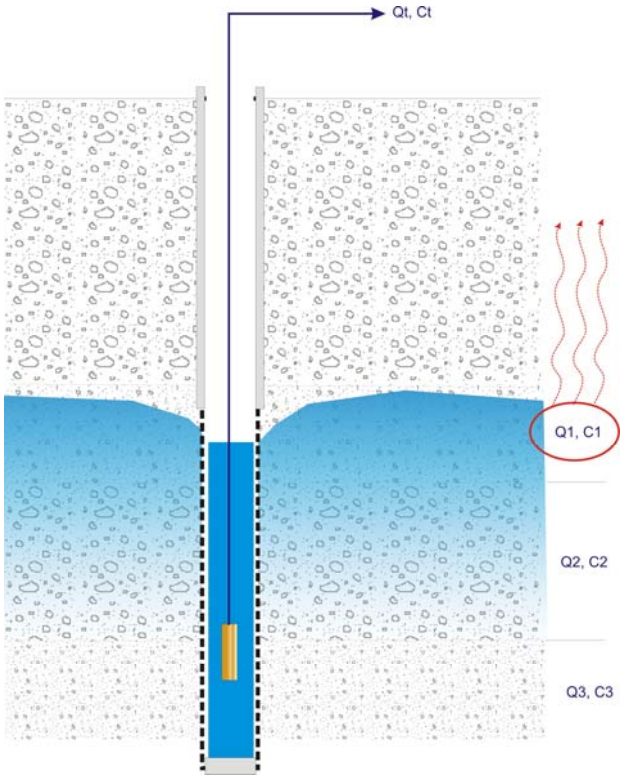


Figure 9 : Réalisation d'un échantillon moyen d'eau de la nappe par pompage

6.3. Charte qualité

Depuis la campagne de mars 2003, le protocole opératoire suit les recommandations de la charte qualité *Qualitätssicherungskonzept : Analyse von organischen Verbindungen in Oberflächen- und Grundwasser sowie Sickerwasser aus Böden* établie par le Professeur OEHME de l'Université de BALE.

Régulièrement lors des campagnes de surveillance, six échantillons de contrôle (non étiquetés et désignés par Probe 1 à Probe 6), en doublon aux 6 échantillons correspondants de chaque campagne de surveillance, ont été placés dans le circuit des analyses par le laboratoire SOLVIAS afin de contrôler l'absence de biais et dérives et la reproductibilité de la mesure.

6.4. Contrôle qualité des analyses des sols et des gaz

Un questionnaire élaboré par le Pr OEHME a été transmis aux différents laboratoires et prestataires agissant dans le domaine du prélèvement et des analyses dans le cadre des investigations complémentaires de mars 2007 : ZIPFEL / VILLIGER SYSTEMTECHNIK AG (gaz du sol), laboratoire WESSLING (sols et déchets), laboratoire BACHEMA (sols et déchets).

Il était destiné à vérifier la cohérence des procédures opératoires et contrôles qualités opérés par ces laboratoire avec la charte qualité du Professeur OEHME, telle qu'appliquée pour les autres analyses par le laboratoire SOLVIAS.

7. Approche écotoxicologique

7.1.1. Biotests écotoxicologiques

Des biotests écotoxicologiques ont été effectués par SOLVIAS sur des échantillons d'eau de surface prélevés le 15 juin 2001, sur des Daphnies et des bactéries luminescentes, pour les points ES7-stag (ES DECH2), ES7, ES8 et ES5. Parallèlement, l'ammonium à été dosé sur ces échantillons [24].

7.1.2. Indice Biologique Généralisé Normalisé

L'impact des émissions de l'ancienne décharge du Roemisloch sur les écosystèmes aquatiques du Roemislochbach et du Neuwillerbach a été évalué au moyen de l'Indice Biologique Généralisé Normalisé (IBGN). Les prélèvements pour la mise en œuvre de la méthodologie de l'IBGN ont été effectués lors de deux campagnes correspondant à deux stades du développement annuel de la faune et de la flore des cours d'eau à savoir au printemps (mai 2006) et en automne (octobre 2006).

L'IBGN a été réalisé par le Centre d'Analyses et de Recherche (ILLKIRCH-GRAFFENSTADTEN), et fait l'objet des deux rapports suivants :

1. Centre d'Analyses et de Recherche, 18 septembre 2006, *Evaluation de la qualité hydrobiologique du Neuwillerbach et du Roemislochbach aux alentours de l'ancienne décharge du Roemisloch à NEUWILLER (commune de NEUWILLER (68)) - Campagne de prélèvement du mois de mai 2006.*

2. Centre d'Analyses et de Recherche, février 2007, *Evaluation de la qualité hydrobiologique du Neuwillerbach et du Roemislochbach aux alentours de l'ancienne décharge du Roemisloch à NEUWILLER (commune de NEUWILLER (68)) - Campagne de prélèvement du mois d'octobre 2006.*

L'appréciation de la qualité des cours d'eau par des méthodes biologiques complète les analyses physico-chimiques grâce au caractère intégrateur des organismes aquatiques.

L'indice Biologique Global Normalisé (IBGN) constitue une méthode d'évaluation de la qualité des cours d'eau à l'échelle de la station. Cette méthode est normalisée (Norme NF T90-350). L'IBGN permet l'évaluation de la qualité de l'eau (matières organiques essentiellement) et des habitats des petits cours d'eau peu profonds.

L'IBGN est une note de 0 à 20 attribuée au niveau d'une station de mesure après étude du peuplement d'invertébrés aquatiques (larves d'insectes, mollusques, vers, crustacés, ..., de taille supérieure à 0,5 mm) des cours d'eau. La valeur de l'indice dépend de la qualité du milieu physique et de la qualité de l'eau. Cette valeur prend toute sa signification avec l'interprétation indispensable qui doit en être faite.

Cet indice a pour objectifs de :

- situer la qualité biologique de l'eau courante d'un site
- suivre l'évolution de la qualité biologique d'un site :
  - au cours du temps
  - dans l'espace (amont / aval),
- évaluer l'effet d'une perturbation (exemple : un rejet) sur le milieu.

La localisation précise des 5 stations de prélèvement retenues pour établir l'IBGN est donnée par la Figure 10 ci-contre.

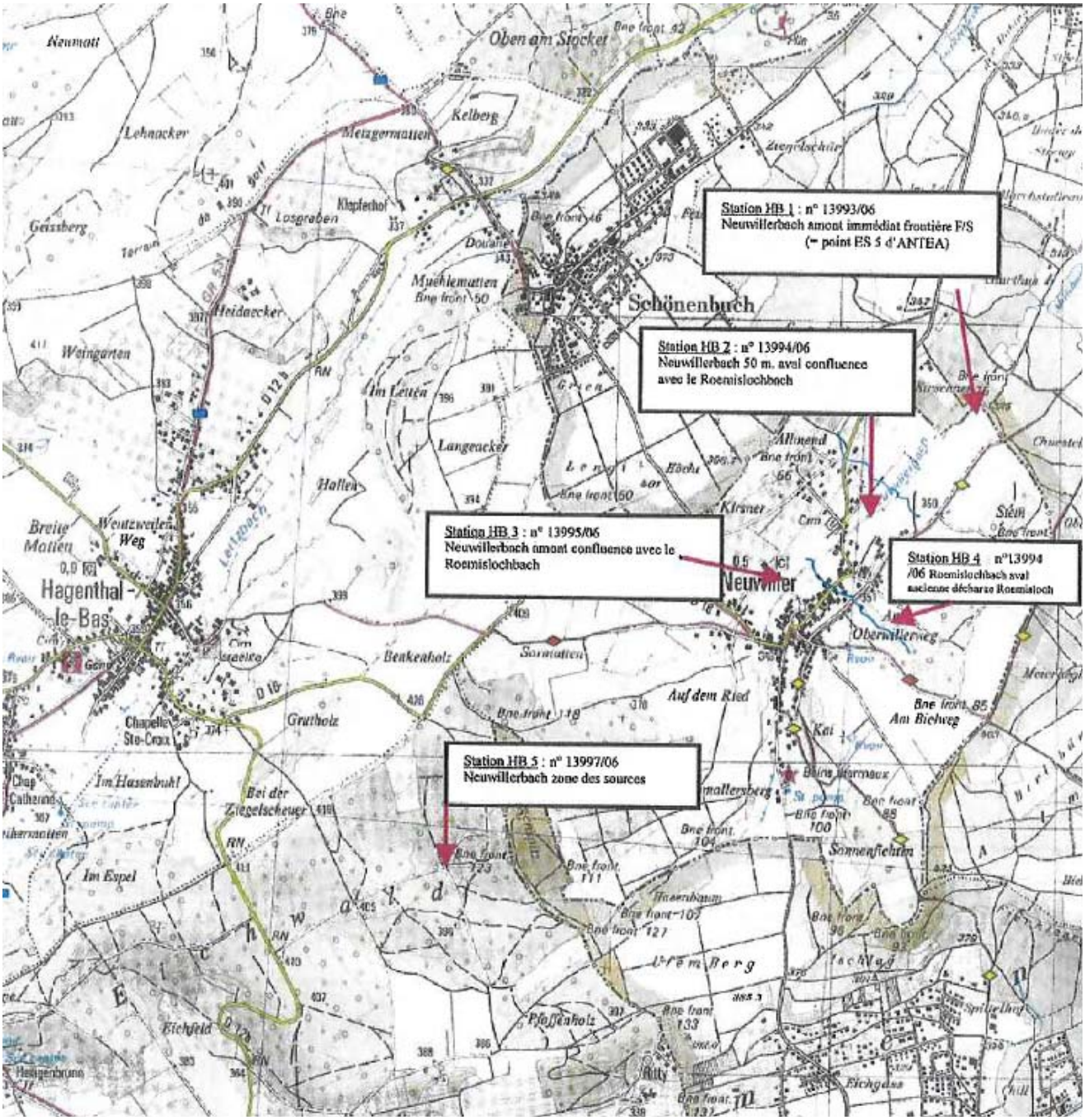


Figure 10 : Localisation des stations de prélèvements de l'IBGN des cours du Neuwillerbach et du Roemislochbach

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.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par ANTEA ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Fiche signalétique

Rapport

Titre : *Ancienne décharge du Roemisloch à NEUWILLER (Haut-Rhin) Evaluation Détaillée des Risques pour la Santé humaine et la Ressource en eau – Volet 1 : Investigations réalisées.*

Numéro et indice de version : *A46195/A*

Date d'envoi : *Mai 2008*
Nombre d'annexes dans le texte : *0*
Nombre de pages : 76
Nombre d'annexes en volume séparé : *0*
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 des interlocuteurs : *Dr R. HÜRZELER, chef de projet*

ANTEA

Unité réalisatrice : Agence ALSACE, LORRAINE et FRANCHE-COMTE
Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :
Alain TALBOT, responsable du projet
Daniel HUBE, Norbert KLEINMANN, auteurs
Yolande KINDMANN, secrétaire

Qualité

Contrôlé par : *Alain TALBOT* Date : *13 mai 2008 - Version A*

N° du projet : *STRP060316*
Références et date de la commande : *n° 3-4911763324 du 21/02/2007*

***Mots-clés**: DECHARGE, EAU-SOUTERRAINE, EAU-SUPERFICIELLE, PIEZOMETRE, IMPACT, HAGENTHAL-LE-BAS, NEUWILLER, HAUT-RHIN.*