
Luc JAILLARD

Ingénieur-Conseil
Mines, Géologie, Environnement

S.D.E.A.
ComCom de la Région de Molsheim-Mutzig :

forages du Stierkopf et de Griesheim :
étude hydrogéologique et environnementale

Luc JAILLARD
24 rue Daguerre
68200 MULHOUSE
Tél : 03 89 43 89 83
Fax : 03 89 43 89 85
E-mail : cabinet@luc-jaillard.com

Janvier 2008
contient 90 pages
et 30 pages d'annexes

Sommaire

1. Présentation	p 1
1.1. Problèmes posés	p 2
1.2. Localisation des ouvrages	p 3
1.2.1. Les puits du Stierkopf	p 3
1.2.2. Les puits de Griesheim	p 4
1.3. Autres points d'accès à la nappe	p 5
1.3.1. Secteur du Stierkopf	p 5
1.3.2. Secteur de Griesheim	p 6
1.4. La circulation automobile	p 7
2. La problématique ARSENIC	p 8
2.1. L'arsenic en général	p 9
2.1.1. L'arsenic en Alsace	p 9
2.1.2. Les différentes formes de l'arsenic	p 10
2.1.3. La spéciation de l'arsenic	p 11
2.2. L'arsenic à Griesheim	p 12
2.2.1. Les données analytiques	p 12
2.2.2. Les données analytiques : l'arsenic à Griesheim-2	p 14
2.2.3. Les données analytiques : les autres paramètres	p 15
2.2.4. L'enquête environnementale : les décharges et sablières	p 18
2.3. L'arsenic au Stierkopf	p 20
2.3.1. Le cadre géologique	p 20
2.3.2. Géologie des forages du Stierkopf	p 21
2.3.3. Les données analytiques	p 22
2.3.4. Sensibilité du forage Stierkopf-5 aux eaux de surface	p 24
2.3.5. L'enquête environnementale : les décharges	p 25
3. La problématique ATRAZINE	p 27
3.1. L'atrazine en général	p 28
3.1.1. L'atrazine en Alsace	p 28
3.1.2. Le dosage des triazines	p 29
3.1.3. Le devenir de l'atrazine	p 30

3.2. L'atrazine au Stierkopf	p 31
3.2.1. La répartition de l'atrazine	p 31
3.2.2. Les données analytiques	p 32
3.2.3. L'enquête environnementale : l'agriculture	p 33
3.2.4. Conclusion	p 34

4. La problématique SOLVANTS CHLORES	p 35
4.1. Les solvants chlorés en général	p 36
4.1.1. Les solvants chlorés en Alsace	p 36
4.1.2. Quelques petits rappels sur ces solvants	p 36
4.2. Les solvants chlorés au Stierkopf	p 37
4.2.1. La répartition des solvants	p 37
4.2.2. Les données analytiques (1995-2005)	p 38
4.2.3. Les études antérieures (1993-94)	p 39
4.2.4. Conclusion	p 40

5. La problématique NITRATES	p 41
5.1. Les nitrates à Griesheim	p 42
5.1.1. Les données analytiques	p 42
5.1.2. La piézométrie à Griesheim	p 43
5.1.3. L'enquête environnementale : agriculture et assainissement	p 44
5.2. Les nitrates au Stierkopf	p 46
5.2.1. La répartition des nitrates	p 46
5.2.2. Les données analytiques	p 46
5.2.3. L'enquête environnementale : l'assainissement	p 49

6. Les diagraphies	p 50
6.1. Les diagraphies au Stierkopf	p 51
6.1.1. Les premières diagraphies	p 51
6.1.2. Les diagraphies complémentaires	p 52
6.1.3. L'inspection vidéo : cotes de l'ouvrage	p 53
6.1.4. Conclusion	p 53
6.2. Les diagraphies à Griesheim	p 54
6.2.1. Les premières diagraphies	p 54
6.2.2. Les diagraphies complémentaires	p 55
6.2.3. Conclusion	p 56

7. Le nouveau piézomètre	p 57
7.1. La géophysique	p 58
7.2. Le piézomètre	p 59
8. La campagne piézométrique	p 60
8.1. La piézométrie au Stierkopf	p 62
8.2. La piézométrie à Griesheim	p 65
9. Les analyses	p 67
9.1. Les analyses dans le secteur du Stierkopf	p 69
9.1.1. L'arsenic et les chlorures	p 69
9.1.2. L'atrazine et les pesticides	p 71
9.1.3. Les solvants chlorés	p 73
9.1.4. Les nitrates	p 75
9.2. Les analyses dans le secteur de Griesheim	p 77
9.2.1. L'arsenic et les chlorures	p 77
9.2.2. L'atrazine et les pesticides	p 80
9.2.3. Les nitrates	p 81
10. Conclusion : actions à mener	p 83
10.1. Secteur du Stierkopf	p 84
10.1.1. Arsenic et chlorures	p 84
10.1.2. Pesticides et nitrates	p 85
10.1.3. Solvants chlorés	p 85
10.2. Secteur de Griesheim	p 86
10.2.1. Arsenic et chlorures	p 86
10.2.2. Pesticides et nitrates	p 86
10.3. Conclusion générale	p 87
Bibliographie	p 88

Annexes

1. Présentation

1.1. Problèmes posés

Les questions posées dans ce marché sont multiples.

Tout d'abord, les deux champs captants à étudier sont situés dans deux environnements géologiques très différents :

- les cinq puits du Stierkopf, à Mutzig, sont creusés dans les grès du Trias,
- les trois forages de Griesheim ont été réalisés dans les alluvions de la plaine d'Alsace.

Ensuite, les problèmes rencontrés dans ces différents forages sont multiples :

- arsenic et chlorures dans les forages du Stierkopf, et dans l'un de ceux de Griesheim,
- atrazine dans les forages du Stierkopf,
- solvants chlorés dans les forages du Stierkopf,
- nitrates dans l'ensemble des ouvrages

Il est aussi demandé de regarder les contraintes environnementales sur l'ensemble du secteur de ces ouvrages. Aussi, le plan de ce rapport a-t-il été assez délicat à définir.

Tout d'abord, ce rapport comprendra deux grandes parties, correspondant à peu près aux deux grandes phases du marché :

- la synthèse documentaire, avec ses conclusions,
- puis les études et travaux réalisés dans le cadre de ce marché, avec leurs implications.

Pour chacun des chapitres de cette étude, nous présenterons indifféremment les données concernant le Stierkopf et Griesheim dans un ordre ou dans l'autre, le seul souci étant un souci didactique, afin que le lecteur puisse suivre l'évolution des idées et du raisonnement.

Pour la synthèse documentaire, nous avons opté pour un plan par problématique successive (arsenic et chlorures, atrazine, solvants chlorés, puis nitrates), en regardant chaque fois ce qui se passe dans un secteur, puis dans l'autre (si tant est qu'il soit concerné par cette problématique).

L'étude de la vulnérabilité des deux champs captants au regard des contraintes environnementales sera donc éclatée au fur et à mesure de ce rapport, chaque volet étant regardé au moment il est susceptible de concerner l'une des problématiques qualitatives.

Quelques observations plus générales seront donc mises dans le premier chapitre (points d'accès à la nappe, circulation,...).

La deuxième grande partie de ce rapport décrira les travaux et études réalisés dans le cadre de ce marché :

- diagraphies,
- nouveau piézomètre,
- campagnes piézométriques,
- campagnes d'analyses.

Les campagnes piézométriques et d'analyses initiales ayant été prolongées (par avenant), nous présenterons les résultats finaux, sans nous arrêter spécifiquement aux résultats intermédiaires.

Enfin, nous donnerons les conclusions générales de cette étude.

1.2. Localisation des ouvrages

1.2.1. Les puits du Stierkopf

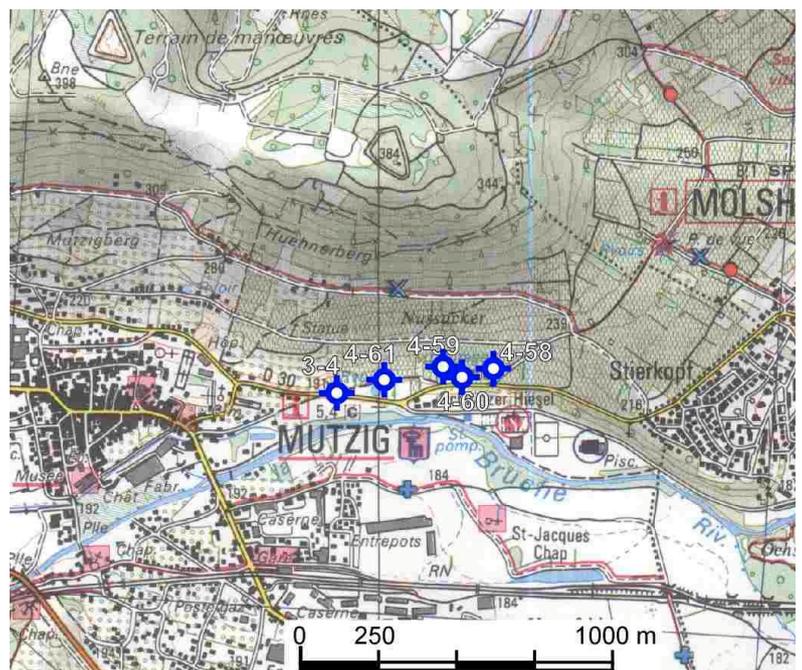
Les forages AEP du Stierkopf sont situés sur le ban de la commune de Mutzig, au pied de la colline occupée par un terrain militaire. Les coordonnées (Lambert II) de ces ouvrages sont, d'amont en aval (ou d'ouest en est) :

ouvrage	n°BSS	X =	Y =	Z_{réf} =	profondeur	date
Stierkopf n°4	271-3-4	978572	2405721	198,1	82,70 m	1948
Stierkopf n°3	271-4-61	978729	2405764	198,5	64,10 m	1947
Stierkopf n°2	271-4-59	978912	2405836	207,5	93,20 m	1934
Stierkopf n°1	271-4-60	978976	2405806	201,3	80,00 m	1934
Stierkopf n°5	271-4-58	979079	2405832	210,5	1934	

Ces puits sont atteints par plusieurs contaminants, qui affectent tous les forages ou certains seulement :

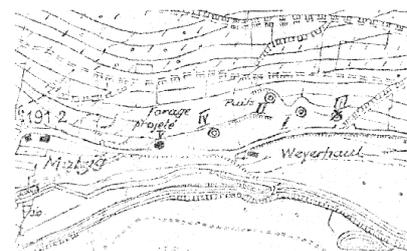
- chlorures, connus depuis très longtemps (Sauer, 1962, qui suspectait une origine depuis une faille située à l'est du champ captant),
- arsenic, dont les premières analyses remontent à 1993,
- nitrates,
- solvants chlorés, connus depuis 1991,
- pesticides (atrazine) connus depuis 1993.

Nous verrons successivement ces différentes problématiques (chlorures et arsenic représentant le même phénomène).



Il est à noter que les numéros des forages du Stierkopf ont varié au cours des temps, ce qui ne facilite pas l'interprétation des documents existants...

Forage	n°BSS	Dubois (1948a)
Stierkopf n°4	271-3-4	n°V (projet)
Stierkopf n°3	271-4-61	n°IV
Stierkopf n°2	271-4-59	n°II
Stierkopf n°1	271-4-60	n°I
Stierkopf n°5	271-4-58	n°III (abandonné)



1.2.2. Les puits de Griesheim

Les forages AEP de Griesheim sont situés sur le ban de la commune de Griesheim-près-Molsheim, dans la plaine d'Alsace. Les coordonnées (Lambert II) de ces ouvrages sont, du nord au sud :

<i>ouvrage</i>	<i>n°BSS</i>	<i>X =</i>	<i>Y =</i>	<i>Z_{réf} =</i>	<i>profondeur</i>	<i>source</i>	<i>date</i>
Griesheim n°1	271-8-5	983437	2401806	169,7	54 m	BSS	1961
Griesheim n°2	271-8-2	984084	2400624	183,7	92 m	BSS	1964
		984268	2401008	189	70 m	ce rapport	
Griesheim n°3	271-8-1	984582	2399972	162	86 m	BSS	1964

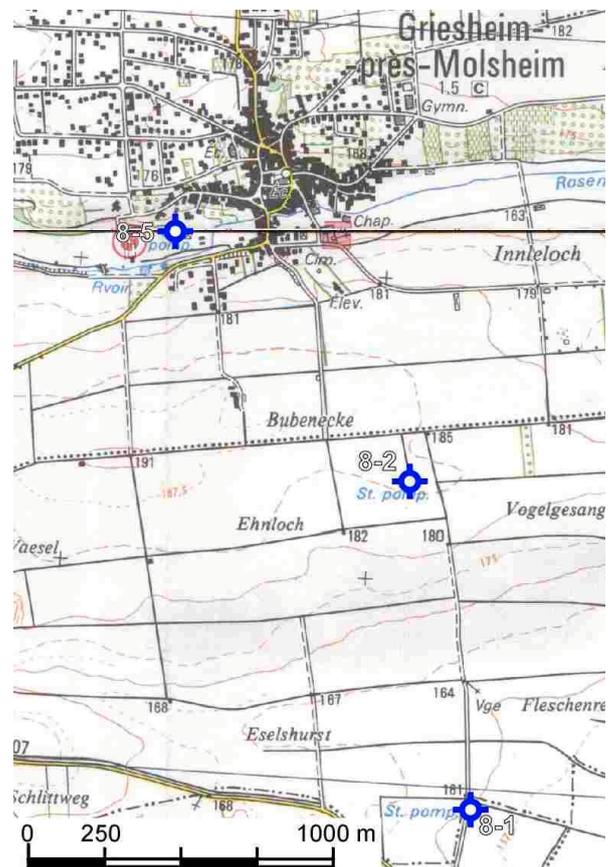
Les coordonnées du Griesheim-2 étaient erronées à la Banque du Sous-Sol ; nous donnons donc, en complément, les coordonnées mesurées au GPS.

Ces puits sont atteints par plusieurs contaminants, qui affectent tous les forages ou certains seulement :

- chlorures et arsenic (connu depuis 1993) sur les forages n°1 et n°2,
- nitrates qui affectent surtout le forage n°3.

Nous verrons successivement ces problématiques.

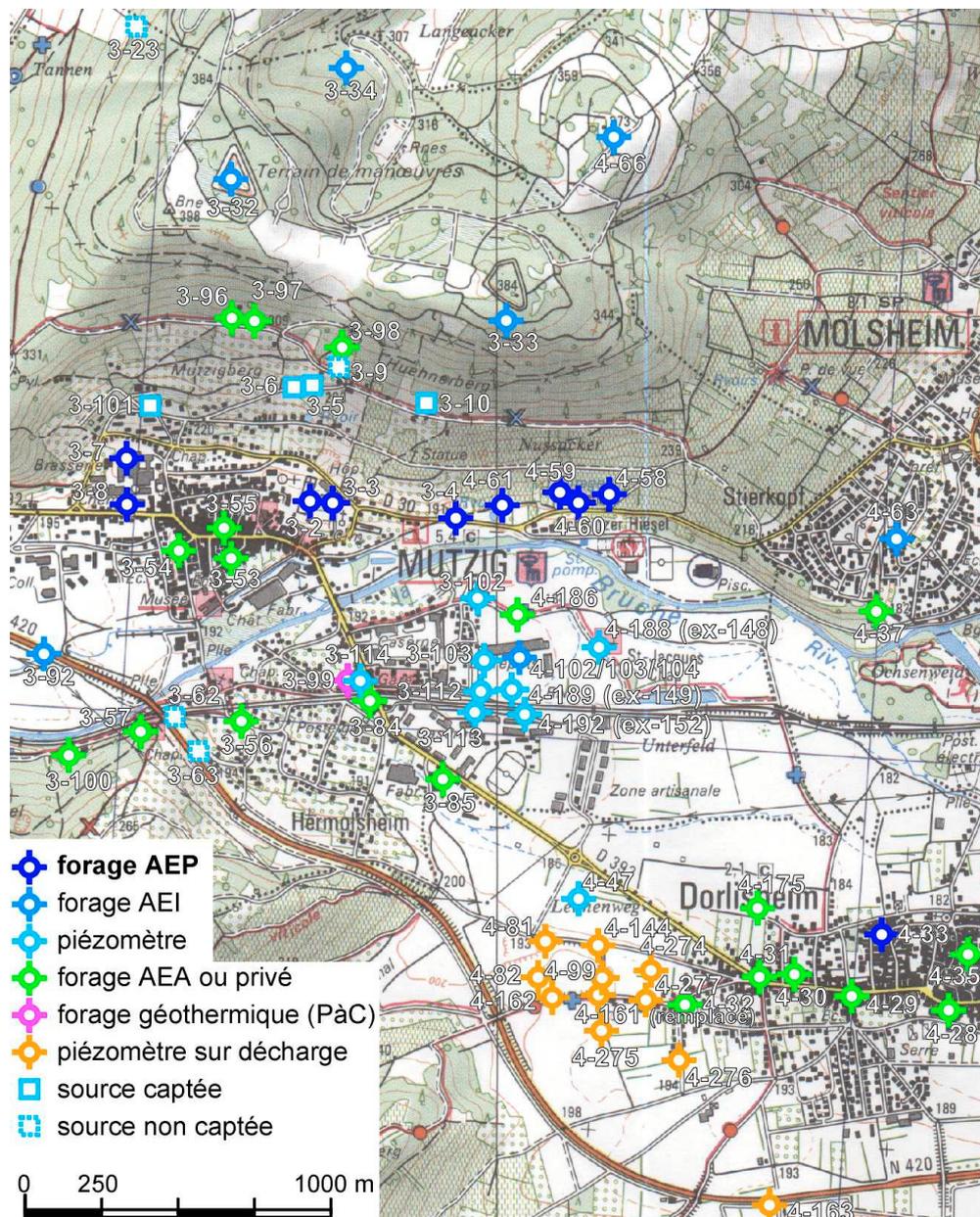
Nous avons pu reconstituer les coupes géologiques et techniques de ces ouvrages, qui sont données en Annexes 6 à 8. En effet, au cours de la diagraphie du forage n°2, donné comme profond de 92 m, nous avons été surpris de toucher le fond à 70 m ; nous avons pu déterminer que le forage avait été effectivement, en 1964, remblayé jusqu'à cette profondeur. Et nous avons alors vérifié les documents concernant les deux autres forages...



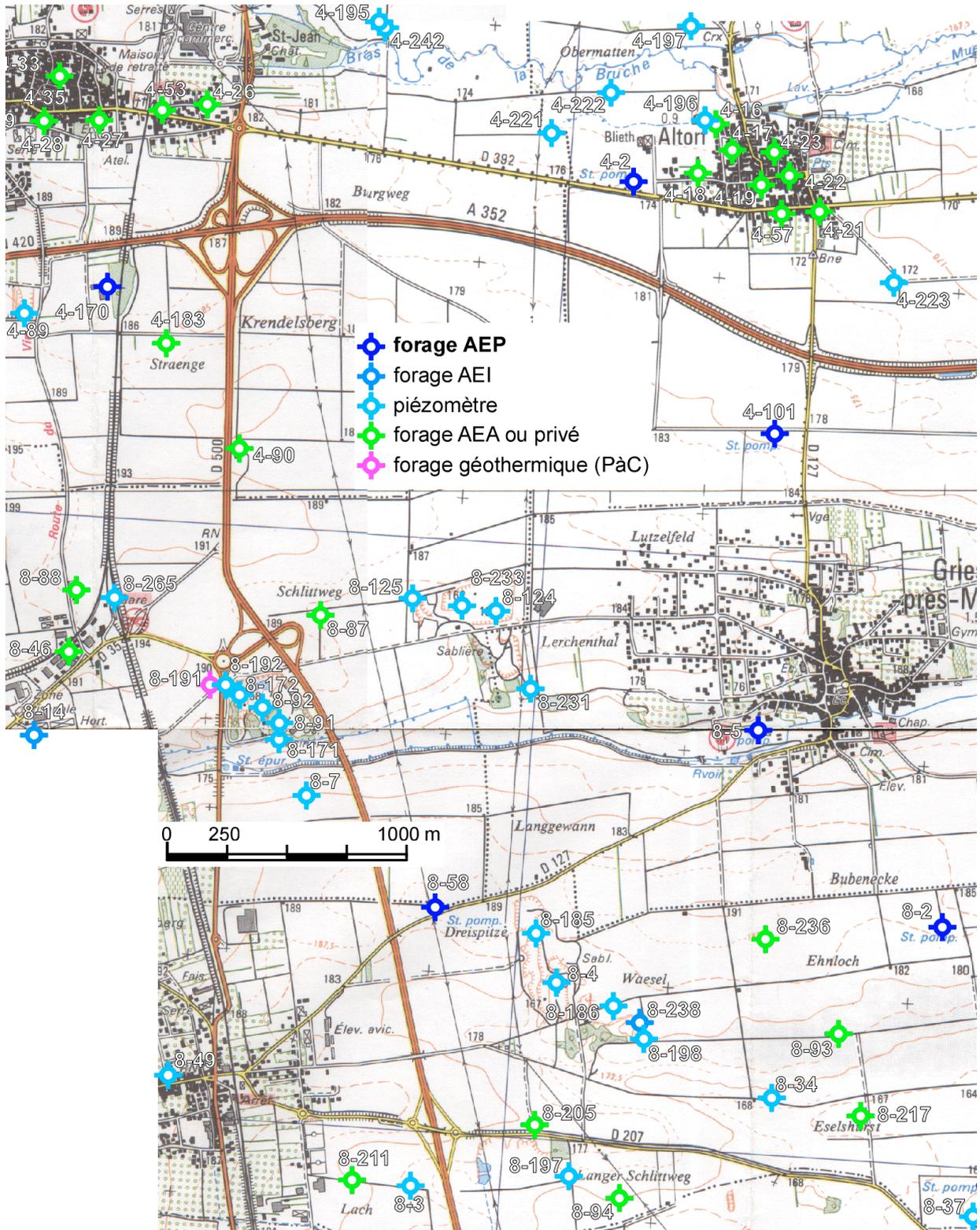
1.3. Autres points d'accès à la nappe

Il existe de très nombreux points d'accès à la nappe dans ces secteurs. Nous donnerons en Annexe 1 la liste des **69 points d'eau** du secteur du Stierkopf et des **65 points d'eau** du secteur de Griesheim relevés à la BSS ; ces points sont reportés sur les cartes ci-dessous. Nous en avons découvert (et utilisé) quelques autres, pour nos campagnes piézométriques et analytiques (voir chapitres 8. et 9.).

1.3.1. Secteur du Stierkopf

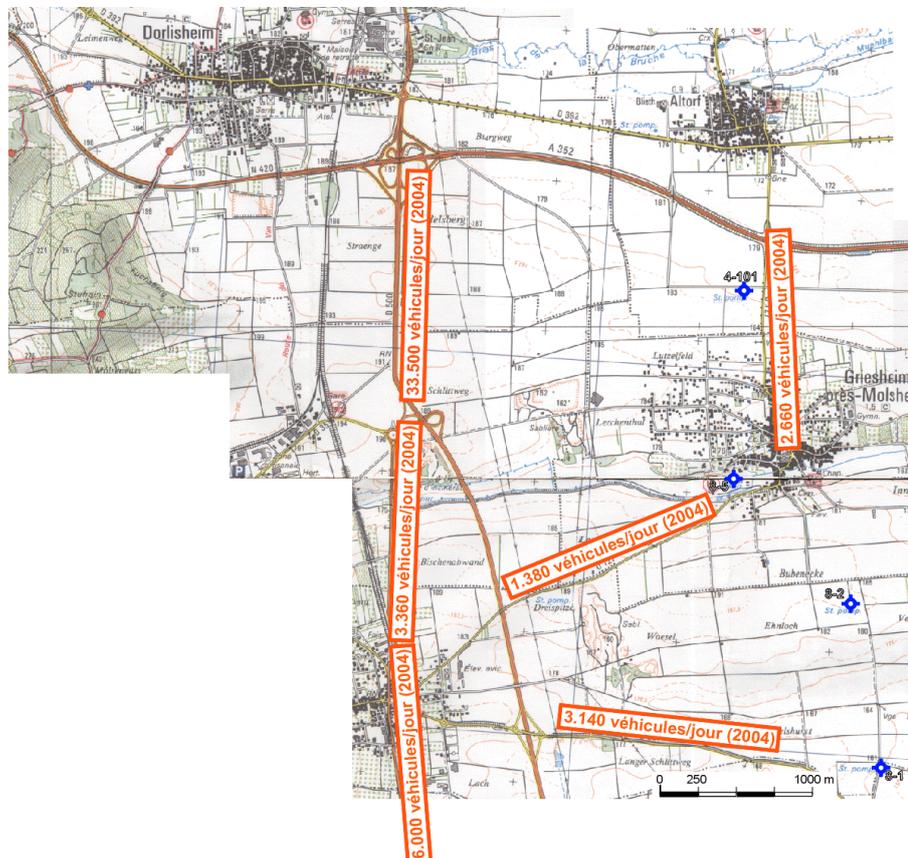
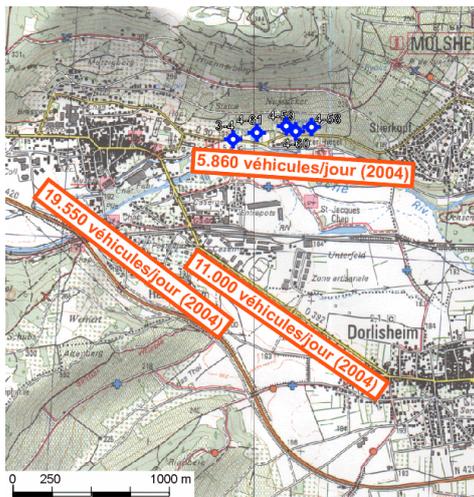


1.3.2. Secteur de Griesheim



1.4. La circulation automobile

La circulation automobile peut être la cause de pollutions accidentelles. Aussi donnerons-nous rapidement quelques chiffres de trafic en 2004 sur les principaux axes du secteur.



2. La problématique ARSENIC

2.1. L'arsenic en général

2.1.1. L'arsenic en Alsace

On connaît de nombreux points d'eau riches en arsenic en Alsace, et en particulier dans le Bas-Rhin. Un inventaire, d'après les données analytiques de la DDASS, et ne concernant donc que les points d'eau AEP, a été réalisé par le BRGM (1998).

L'origine de l'arsenic est souvent imputée aux Grès vosgiens, où il serait disséminé. Plus précisément, une étude allemande (Heindrichs & Udluft, 1999, *in* Barbier, 2001) dans les grès du Keuper de Bavière a montré que l'arsenic pourrait être lié plutôt aux passées argileuses (des faciès continentaux), qui peuvent renfermer jusqu'à 150 mg/kg As.

Notre expérience montre que, dans un secteur déterminé, on peut trouver systématiquement une teneur de 3 à 4 µg/l dans les sources issues du Grès vosgien (surtout celles de fond de vallée, où l'eau a suivi un parcours souterrain plus long) ; un forage dans ce secteur montrera une teneur en arsenic plus élevée, de l'ordre de 7 à 10 µg/l, en particulier après un certain temps d'exploitation.

Une telle variation dans les teneurs peut s'expliquer par un phénomène analogue à celui qui a été observé au Bengladesh, où le rabattement induit par les pompages a provoqué l'oxydation (et donc la libération) de l'arsenic inclus sous forme stable dans les alluvions (Charlet & al., 2001).

Les forages dans les grès du Trias montrent souvent des teneurs de l'ordre de 10 à quelques dizaines de µg/l. Nous connaissons un forage, dans le nord du Bas-Rhin, où la teneur en arsenic, exceptionnelle, approche 350 µg/l.

Mais les Grès vosgiens ne sont pas les seules sources d'arsenic en Alsace. On en connaît, en place dans la roche, dans les calcaires bitumineux et les lignites d'âge oligocène (jusqu'à 30 mg/kg As, sous forme d'arsenic métallique finement divisé : Weil & al., 1971).

Il existe également de l'arsenic lié aux failles, en particulier la faille vosgienne, en bordure occidentale de la plaine d'Alsace : souvenons-nous du nom des deux sources anciennes de Wattwiller : Arsène et Lithinée... ; l'origine de cet arsenic pourrait être dans les calcaires du Bajocien (d'après notre expérience en Lorraine).

Une petite revue des eaux profondes d'Alsace, à partir des notices des cartes géologiques (et de : BRGM, 1997), donne quelques valeurs élevées, du nord au sud :

- | | |
|--|----------------------|
| - à Merwiller-Pechelbronn, un forage réalisé en 1971 : | 2.000 µg/l As |
| - à Niederbronn-les-Bains, la source Romaine : | 200 µg/l As |
| - à Sultz-les-Bains, la source Saint-Amand : | 350 µg/l As |
| - à Ferrette, le puits privé 476-2-64 : | 6.263 µg/l As |
| - à Neuwiller, le forage thermal : | 300 µg/l As |

Il est à noter que toutes les eaux arséniées du Bas-Rhin semblent chlorurées sodiques, alors que celles du Haut-Rhin sont très peu minéralisées (Ferrette) ou bicarbonatées sodiques (Neuwiller).

On constate donc l'étendue et la variété du problème "arsenic" en Alsace...

2.1.2. Les différentes formes de l'arsenic

L'arsenic, sous forme minérale, peut se présenter sous les valences -III (réduit), +III ou +V (oxydé). La toxicité de ces différentes formes est très différente.

Nous passerons sur la valence -III (gaz arsine AsH_3 par exemple), extrêmement toxique mais qui n'existe pas dans la nature (et est relativement instable).

Les valences +III (As^{III} ou arsénites) et +V (As^{V} ou arséniates) existent dans la nature.

Outre leur toxicité différente, ces formes minérales de l'arsenic présentent d'autres caractères différents ; en particulier, l' As^{V} sera plus facilement adsorbé par des matériaux "éponge", par exemple des hydroxydes de fer, d'aluminium ou de manganèse...

C'est d'ailleurs grâce à ce fait que l'on peut (aisément) extraire l'arsenic de l'eau : le processus comprend une oxydation modérée (pour être certain d'être sous forme d' As^{V}), puis le passage sur hydroxydes (voir par exemple Lenoble, 2003).

Cette adsorption préférentielle de l' As^{V} permet également à Tauw Environnement (2004) de proposer des coefficients de retard pour l'arsenic à Dornheim :

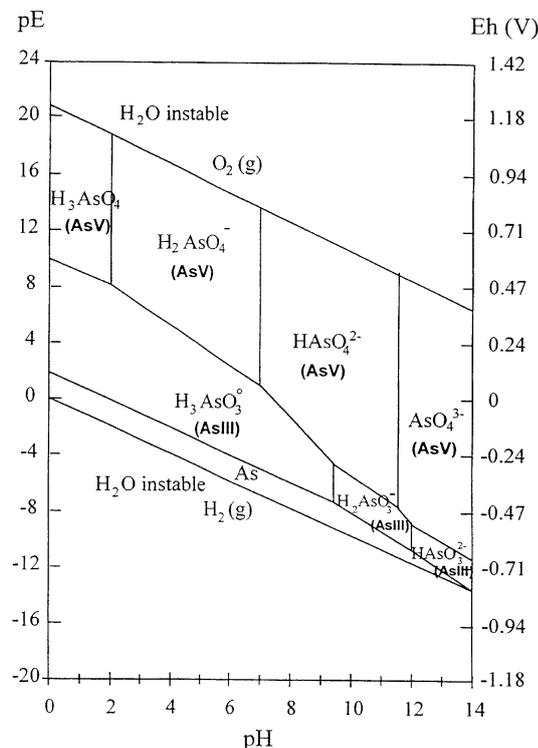
- ce coefficient serait compris entre 22 et 17000 pour l' As^{V} , ce qui signifie que la migration de l' As^{V} dans la nappe serait entre 22 et 17000 fois moins rapide que la vitesse de la nappe...
- ce coefficient serait compris entre 12 et 95 pour l' As^{III} ;

il semble cependant que ces calculs ne s'appliquent que dans un sol (avec matière organique : voir Tauw Environnement, 2004, pp 45-46), et non dans les alluvions peu argileuses qui constituent le substratum de la décharge de Dornheim (voir les logs géologiques en annexe 3 de leur étude...)

A côté des formes minérales de l'arsenic, on peut aussi le rencontrer sous des formes organiques, assez nombreuses, et généralement peu toxiques ; on en citera certaines :

- MMA (acide monométhylarsinique), composé qui se forme, entre autres, par méthylation de l'arsenic dans le foie de la personne contaminée, et qui est ensuite rapidement éliminé par voie urinaire,
- DMA (acide diméthylarsinique), autre composé de méthylation,
- l'arsénobétaïne et l'arsénocholine, fréquentes dans les poissons et les fruits de mer, mais qui sont considérés comme non toxiques (car non biologiquement disponibles).

A titre indicatif, les doses létales des composés de l'arsenic (hors arsine, extrêmement toxique) varient de 1,5 mg/kg p.c. (pour As^{III}) à 500 mg/kg p.c. (pour l'ADMA) (Buchet & Lauwerys, 1982), et on considère que l' As^{III} est 60 fois plus toxique que l' As^{V} (Jain & Ali, 2000).



2.1.3. La spéciation de l'arsenic

Il est possible de déterminer, en laboratoire, la forme de l'arsenic. C'est la "spéciation". Sans entrer dans le détail, il est clair que le moindre changement de pH, mais surtout de potentiel redox, de l'échantillon, pourra modifier sa spéciation. Le mode de prélèvement, mais surtout le transport de l'échantillon devient donc un problème.

Nous ne donnerons qu'un exemple, celui d'analyses réalisées dans des ouvrages autour de la décharge de Dorlisheim (Tauw Environnement, 2004).

Une première campagne (effectuée par Antéa en mars 2000) avait montré, dans les cinq ouvrages prélevés, la présence d'*arsenic organique*, à raison de 19% de l'arsenic total pour l'ouvrage le plus chargé (4987 µg/l), et de 56 à 69% pour les quatre autres ouvrages.

Une deuxième campagne (effectuée par Tauw Environnement en mai 2004) a montré l'absence totale d'arsenic organique dans ces cinq ouvrages, mais aussi dans huit autres ouvrages du secteur...

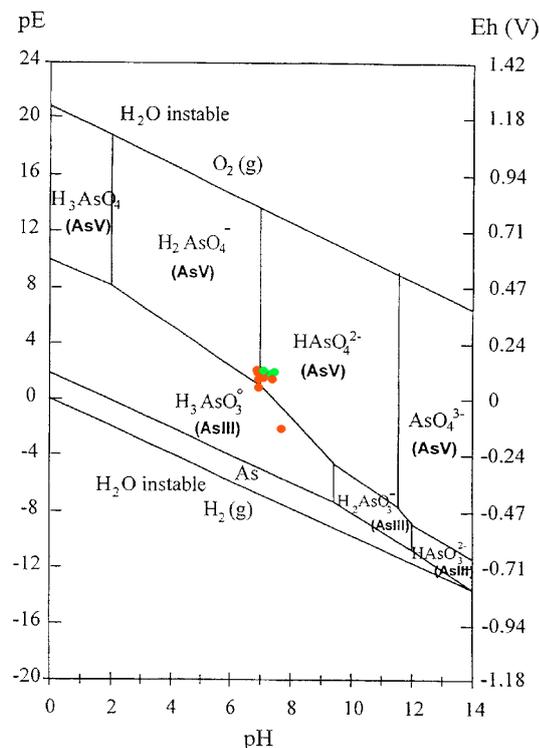
Pour cette dernière campagne, l'arsenic minéral se trouve exclusivement sous la valence +V, sauf dans trois prélèvements, où la valence +III est soit présente, soit majoritaire ; comme les paramètres Eh et pH ont été mesurés sur le terrain lors de cette campagne, nous avons tracé les points représentatifs de ces échantillons, sous valence +V (en rouge) ou avec de la valence +III (en vert), dans le diagramme d'équilibre de l'arsenic.

Pour une raison inconnue, les échantillons présentant de la valence +III sont ceux qui sont le plus au cœur du champ de stabilité de la valence +V...

Par ailleurs, un échantillon qui devrait, logiquement, se trouver sous la valence +III (avec un Eh de -121 mV) n'a montré, à l'analyse de spéciation, que de l'As^V (310 µg/l d'As^V et <0,5 µg/l d'As^{III})

Ceci montre la difficulté à prélever et analyser des échantillons d'eaux pour des spéciations de l'arsenic, puis surtout à interpréter les résultats...

C'est pourquoi nous avons suggéré de renoncer à pratiquer ces spéciations, qui étaient initialement prévues au Cahier des Charges.



2.2. L'arsenic à Griesheim

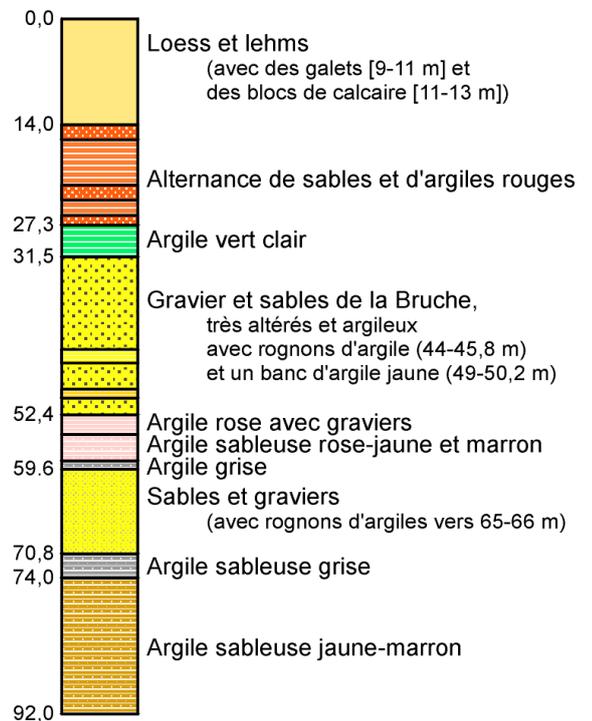
2.2.1. La coupe géologique du forage Griesheim-2

La coupe géologique du forage Griesheim-2 montre qu'il existe deux aquifères superposés :

- l'aquifère supérieur (31,5-52,4 m) qui fournit la plus grande partie de l'eau,
- un aquifère inférieur (59,6-70,8 m) avec seulement de faibles venues d'eau, mais, nous le verrons, plus minéralisées,

Ces aquifères sont séparés par une zone argileuse de 7 m de puissance ; au-dessous de l'aquifère inférieur, les argiles sableuses rencontrées rappellent les "lehms jaunes" rencontrés sous les alluvions, parfois sur des épaisseurs dépassant 70 m, dans certains sondages miniers du Bassin Potassique. Cette formation représente vraisemblablement un Quaternaire ancien, ou même du Pliocène.

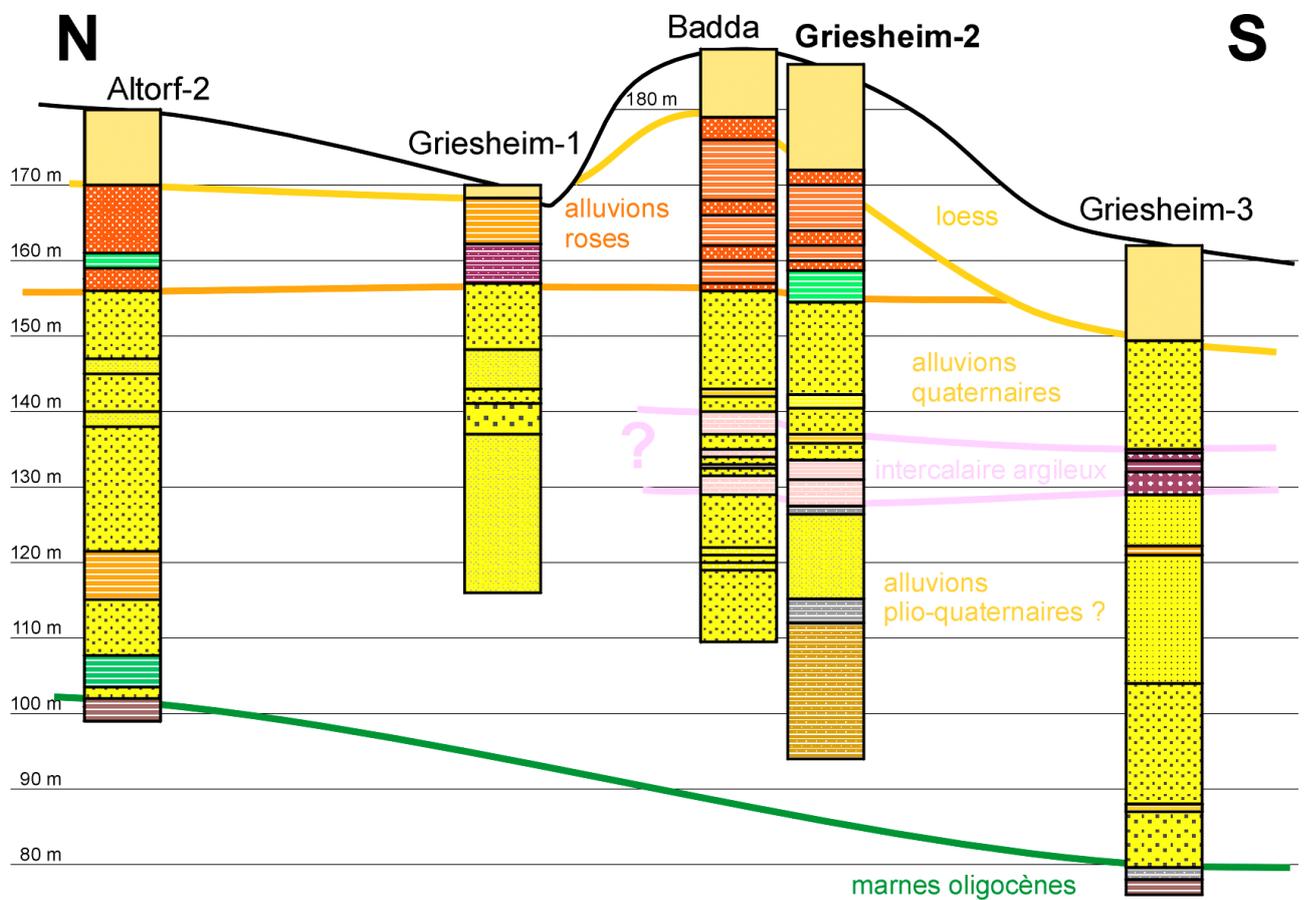
Coupe géologique



Il est intéressant de remettre ces résultats dans le contexte géologique local. Nous avons repris les levés géologiques donnés à la Banque du Sous-Sol pour les forages Altorf-2, Griesheim-1 et -3, ainsi que le levé géologique que nous avons pu obtenir pour le forage 271-8-236 (Badda), voisin (750 m) du Griesheim-2.

La qualité diverse des levés rend ces corrélations entre forages délicates, mais on voit bien les grandes unités se dessiner :

- le loess présente une épaisseur presque constante, sauf quand il est entaillé par la vallée du Rosenmeer près du Griesheim-1,
- en profondeur, le substratum marneux n'a été atteint que dans les forages Griesheim-3 et Altorf-2,
- un intercalaire argileux vers la cote 130-135, mais qui semble absent au nord (Griesheim-1 et Altorf-2) séparerait les alluvions anciennes (plio-quaternaires ?) des alluvions plus récentes,
- enfin, les alluvions supérieures, roses (la couleur n'est pas précisée pour le Griesheim-1) restent horizontales, occupant les terrains au-dessus de la cote 155.

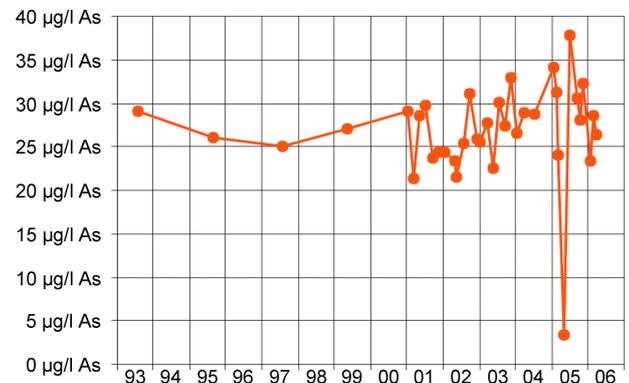


2.2.2. Les données analytiques : l'arsenic à Griesheim-2

La première analyse mettant en évidence l'arsenic dans le puits Griesheim-2 date de 1993. Depuis, un suivi analytique est réalisé, et nous avons pu disposer de 36 analyses.

Toutes les valeurs sont comprises entre 21 et 38 µg/l, sauf une valeur à 3,3 µg/l, dont nous verrons qu'elle ne peut être expliquée (*sinon par une erreur de report de la virgule du résultat d'analyse...*).

Nous avons essayé de corrélérer la teneur de l'eau en arsenic avec différents paramètres, physiques ou chimiques.

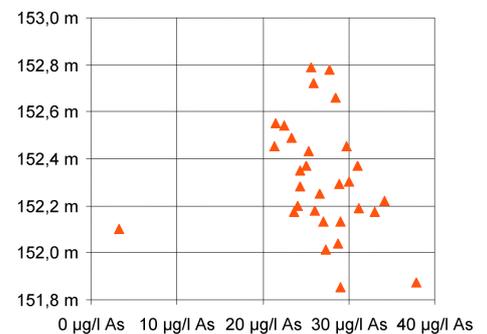


Il existe, à moins d'un kilomètre vers le sud, un piézomètre suivi par l'Aprona (271-8-35). Nous avons regardé le niveau de la nappe dans cet ouvrage lors du prélèvement pour analyse dans le forage Griesheim-2.

Les 29 données disponibles montrent une corrélation inverse assez forte entre teneur en arsenic et niveau de la nappe (-44% en éliminant le résultat à 3,3 µg/l).

Il apparaît donc que, plus la nappe est basse, plus la teneur en arsenic augmente. Deux explications peuvent, a priori, être retenues :

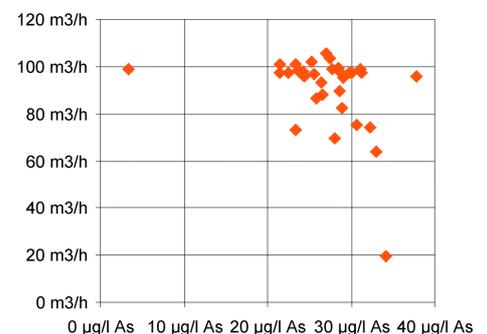
- un changement du niveau de la nappe peut provoquer un changement des directions d'écoulement, ce qui peut donc modifier la position d'un "panache",
- une cause physique (proprement pressiométrique) peut également être envisagée, la diminution de la pression exercée par la nappe en baisse permettant l'arrivée d'autres eaux à pression constante.



Nous avons également regardé les débits de pompage du forage, avec deux valeurs qui ont été calculées et corrélées :

- le débit journalier moyen, calculé entre deux relevés mensuels, représentant donc la sollicitation "générale" de la nappe,
- le débit horaire instantané, calculé également entre deux relevés mensuels, et représentant donc la sollicitation "instantanée" de la nappe.

Les teneurs en arsenic sont parfaitement indépendantes du débit journalier moyen, mais montrent une assez bonne corrélation inverse avec le débit horaire instantané (-42% en éliminant le résultat à 3,3 µg/l, pour 32 données utilisables).



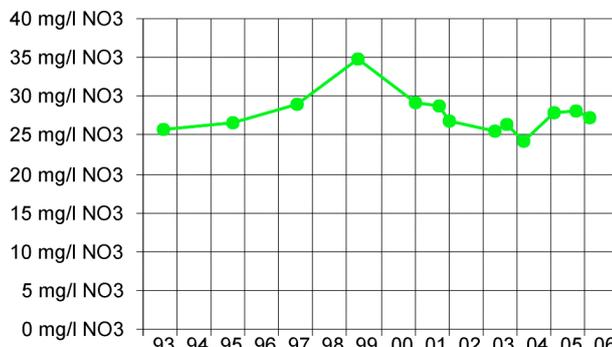
La conjonction de ces corrélations permet de proposer, dès ce stade de l'étude, un modèle où l'arsenic proviendrait de l'aquifère profond,

- dont le débit («artésien») est réduit mécaniquement en périodes de hautes eaux de l'aquifère supérieur,
- dont la transmissivité, inférieure à celle de l'aquifère supérieur, ne permet pas à son débit de suivre en cas de sollicitation par pompage.

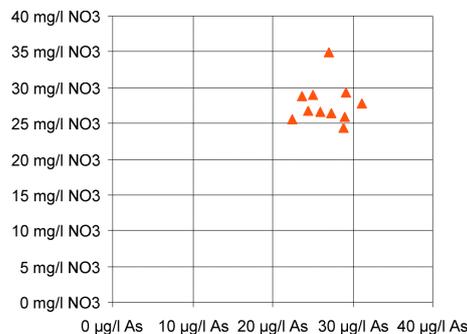
2.2.3. Les données analytiques : les autres paramètres

Pour regarder le bien-fondé de ces conclusions statistiques, nous avons appliqué les mêmes calculs aux nitrates ; nous ne disposons malheureusement que de 13 analyses avec nitrates et arsenic dans l'eau de ce forage (de 1993 à 2006)

Toutes les valeurs de nitrates sont comprises entre 24 et 35 mg/l, avec un pic en 1999.

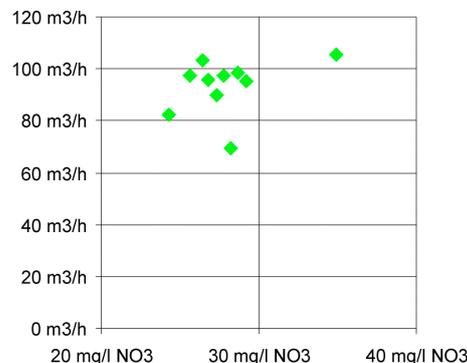


Pour ces 13 analyses, le tableau des corrélations montre que l'arsenic est parfaitement indépendant des nitrates

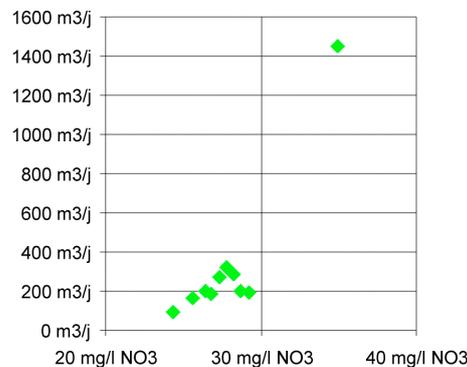


Parmi les autres corrélations, les nitrates sont pratiquement indépendants du niveau de la nappe. Ils sont par contre extrêmement liés au débit de pompage :

Le débit instantané ne montre qu'une faible corrélation (+36% pour 10 données utilisables).



Mais le débit journalier montre une très forte corrélation (+90% pour 10 données utilisables). Cette corrélation reste forte (+62%) si l'on élimine le point exceptionnel, à un très fort débit, du temps où le forage était utilisé pour l'AEP (la norme étant à 50 µg/l pour l'arsenic).



Il apparaît ainsi que le pic des nitrates en 1999 pourrait être dû principalement à un débit d'exploitation élevé, entraînant un élargissement de la zone d'emprunt.

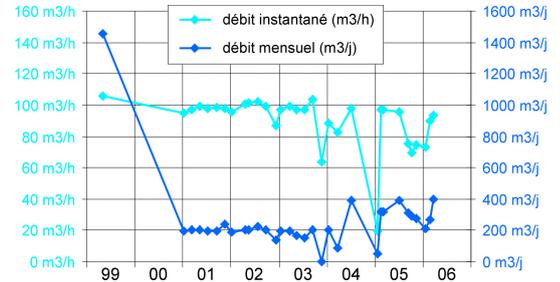
La teneur en nitrates serait donc de 23 mg/l environ au droit du forage, le pompage attirant des nitrates en provenance d'un "panache" voisin.

Bien évidemment, les évolutions de ces paramètres dans le temps avaient également été étudiées :

- pour l'arsenic, le tableau des corrélations montre une indépendance parfaite vis-à-vis du temps,
- pour les nitrates, on note une légère décroissance des teneurs dans le temps.

Mais l'évolution des débits dans le temps (figure ci-contre) suffit à expliquer l'évolution des teneurs en nitrates.

Il semble donc que l'on puisse noter les corrélations suivantes :



	arsenic	nitrates
niveau de la nappe	corrélation inverse forte	nulle
débit instantané	corrélation inverse faible	corrélation faible
débit mensuel	nulle	corrélation très forte
dans le temps	nulle	probablement nulle

Pour les éléments majeurs, les analyses sont moins fréquentes encore ; par exemple, nous ne disposons que de 8 analyses avec le sodium (données transmises par la DDASS), et seulement 5 analyses avec les huit ions majeurs.

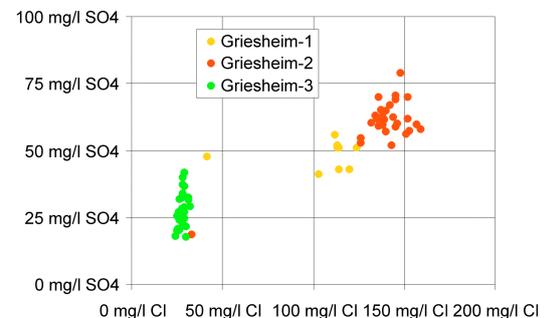
Nous présenterons ici que le tableau des corrélations entre les 8 analyses (avec sodium), mais citerons néanmoins ce que l'on peut tirer (sous toutes réserves) des corrélations avec les 5 analyses complètes. Ces corrélations montrent, de façon nette, deux groupes d'eaux :

- l'une renferme arsenic, chlorure et sodium ;
- l'autre présente bicarbonates et nitrates ; calcium et potassium y sont également caractéristiques ;
- les sulfates sont dans une position ambiguë, puisqu'ils montrent des corrélations (faibles) tant avec le sodium qu'avec les nitrates...
- à noter, de même, que le magnésium semble être corrélé à la fois aux bicarbonates et à l'arsenic.

(8 éch)	As	Cl	Na	SO4	NO3	HCO3
As		29	58	-18	-28	-68
Cl	29		68	-10	-52	-45
Na	58	68		38	-16	-72
SO4	-18	-10	38		37	-21
NO3	-28	-52	-16	37		37
HCO3	-68	-45	-72	-21	37	

Notons enfin que les chlorures montrent une corrélation inverse nette avec les débits pompés, instantanés ou mensuels.

Pour les sulfates, un élément de réponse est donné en regardant ce qui se passe au niveau des trois forages de Griesheim (69 analyses) : sulfates et chlorures semblent bien liés dans les forages Gr-2 et Gr-1 (et dans les mêmes proportions), alors que les sulfates présents dans le Gr-3 sont absolument indépendants des rares chlorures.



Pour les autres paramètres, les données sont encore plus rares. On notera cependant que l'arsenic du forage Griesheim-2 est accompagné également de quelques éléments-traces (8-40 µg/l **Zn**, 2-10 µg/l **Cu**, 2-6 µg/l **Cr**, 2 µg/l **Ni**, 30 µg/l **Ba**, et surtout 111-149 µg/l de **bore**), qui ont très probablement la même origine, ainsi que la **radioactivité** (0,15 Bq/l pour l'activité **α**, donc supérieure au seuil d'examens plus poussés définis dans l'arrêté du 12 mai 2004 [0,1 Bq/l pour l'activité **α**], et 0,31 Bq/l pour l'activité **β**),

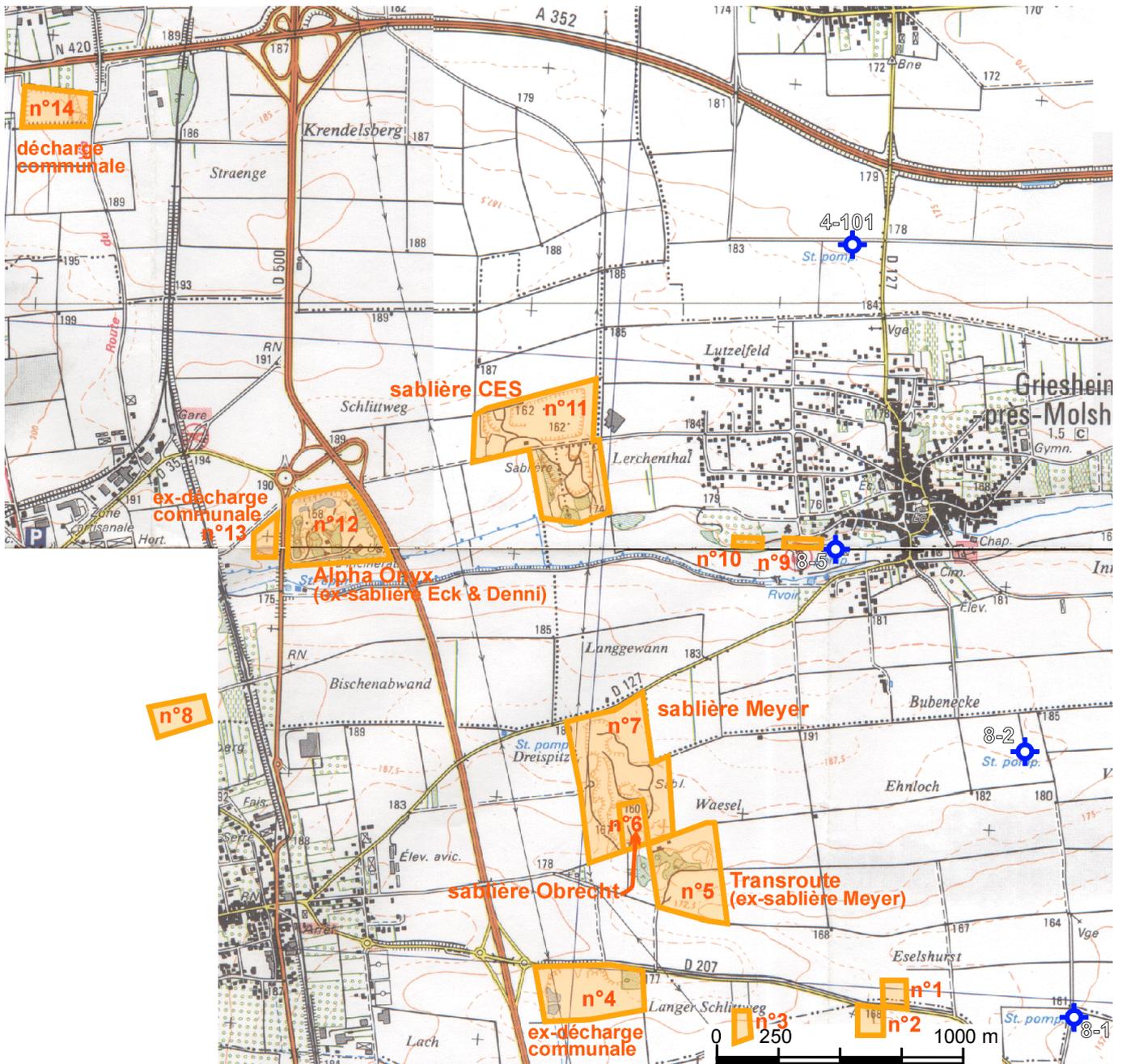
Notre hypothèse, à ce stade de l'étude, est donc que l'aquifère inférieur seul (Plio-Quaternaire probable) est chargé en chlorures, arsenic, probablement sulfates, et d'autres éléments-traces, dans le forage Griesheim-2, mais également dans le Griesheim-1 (une seule analyse disponible, en 1993, avec 26 µg/l As, 52 µg/l Zn, 8 µg/l Cu, 2 µg/l Cr).

Par contre, le Griesheim-3, qui capte le même aquifère inférieur, est exempt de chlorures (15 mg/l) et d'arsenic. Cependant nous avons appris (comm. orale Pierre Pfeffer, du SDEA, le 18 mai 2006) qu'une inspection vidéo de l'ouvrage avait montré, en 2005, un seau de maçon (sic !) obturant l'ouvrage à 39 m ; ce seau ayant alors été retiré, il serait intéressant de vérifier par une analyse complète que cet ouvrage est bien toujours exempt de chlorures...

En effet, ce forage a montré, dans une analyse récente (février 2006, donc après que l'on ait enlevé le seau de maçon), de la **radioactivité** (0,10 Bq/l pour l'activité **α**, donc égale au seuil d'examens plus poussés définis dans l'arrêté du 12 mai 2004, et 0,15 Bq/l pour l'activité **β**), qui n'est pas sans rappeler celle qui est connue dans le forage Griesheim-2.

2.2.4. L'enquête environnementale : les décharges et sablières

La carte ci-dessous montre les différentes décharges et excavations recensées dans le secteur (la commune d'Altorf a été exclue de cet inventaire) :



On trouvera en Annexe 2 toutes les informations relatives à ces excavations ou décharges.

Il existe encore à Dorlisheim une ancienne décharge, qui a été suspectée d'être à l'origine des teneurs en arsenic du forage Griesheim-2 (BRGM, 1998). Mais elle est située à proximité des forages du Stierkopf, et il en sera donc question plus loin (voir paragraphe 2.3.5. en p 25-26/90).

Cet inventaire montre donc la multitude des anciennes excavations, généralement des sablières, dont une seule est encore en exploitation.

Ces excavations, pour la plupart plus ou moins remblayées, ont eu pour effet de percer la couverture de loess généralement présente dans le secteur ; cependant, la formation sous-jacente (alternance de sables et argiles roses, objet de l'exploitation) est elle aussi une bonne protection de l'aquifère.

Par ailleurs, les remblais étaient en principe des matériaux inertes, et il est peu probable que des déchets arséniés y aient été placés.

Les risques de contamination de l'aquifère par ces anciennes décharges sont donc faibles.

On notera encore que les décharges d'ordures ménagères (et les stations d'épuration) sont souvent suspectées d'être à l'origine de teneurs élevées en bore, du fait des borates généralement inclus dans les lessives. Or, l'eau du forage Griesheim-2 est justement riche en bore (voir paragraphe 2.2.3. en p 17/90).

Nous reviendrons plus loin (voir paragraphe 2.3.5. en p 25-26/90) sur le cas particulier de la décharge de Dorlisheim.

2.3. L'arsenic au Stierkopf

2.3.1. Le cadre géologique

Les cinq puits du Stierkopf sont forés dans les grès du Trias, en rive gauche de la Bruche. A peu près alignés, ils présentent, d'ouest en est, des teneurs moyennes en arsenic (58 analyses) allant de 4,4 à 5,1 µg/l pour les quatre premiers, de 8,3 µg/l pour le plus à l'est.

D'après la carte géologique au 1/50.000° (ici agrandie au 1/25.000°), ce dernier forage (Stierkopf-5) est proche d'une faille affectant les grès du Trias, dont le prolongement nord passe par le gisement d'eau minérale de Soultz-les-Bains, à 3,6 km de là : cette eau est captée, à la source Saint-Amand, par un puits de 10 m de profondeur, avec les caractéristiques suivantes (notice de la carte géologique) :

- température : 17°C
- chlorures : 1.750 mg/l
- sodium : 1.310 mg/l
- sulfates : 490 mg/l
- brome : 5.000 µg/l
- fluor : 3.000 µg/l
- iode : 2.000 µg/l
- **arsenic : 350µg/l**

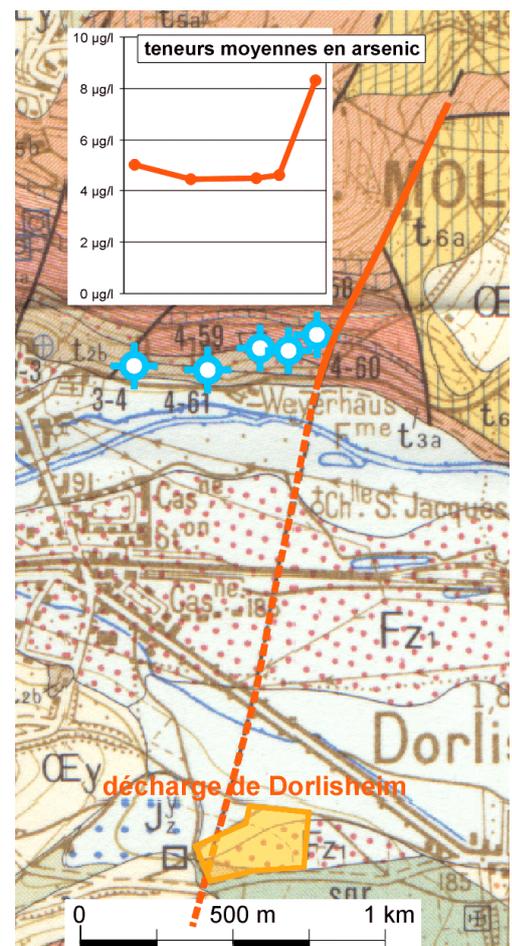
En allant vers le sud, cette faille passe à proximité de la chapelle Saint-Jacques, à 500 m du Stierkopf-5, où un piézomètre (271-4-188, ex -148) a montré la composition suivante (Antéa, 1994) :

- conductivité : 7.130 µS/cm
- chlorures : 1.860 mg/l
- sodium : 1.420 mg/l
- sulfates : 516 mg/l
- brome : 12.800 µg/l
- fluor : 4.800 µg/l

mais l'arsenic n'a pas été analysé...

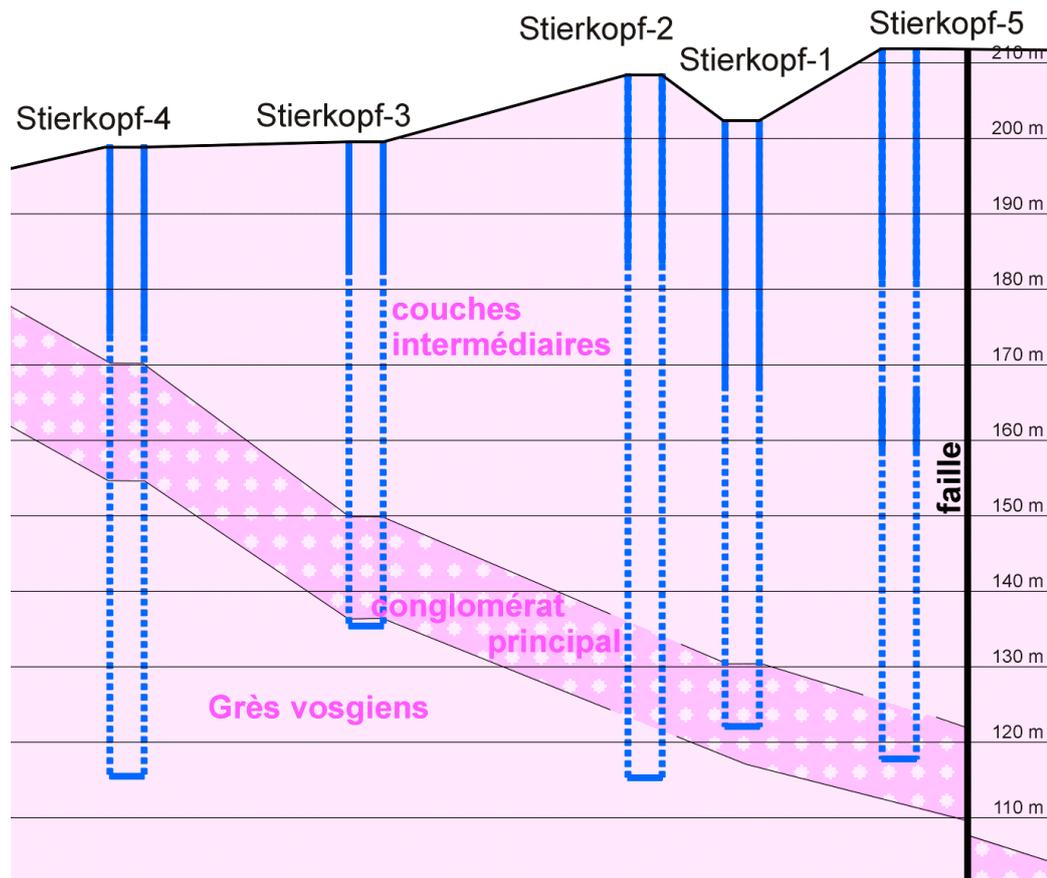
Plus au sud encore, cette faille passerait malencontreusement *sous* l'ancienne décharge de Dorlisheim, à 1,6 km du Stierkopf-5, où plusieurs campagnes d'analyses (Tauw Environnement, 2004), ont montré la présence d'**arsenic** (jusqu'à **5100 µg/l**), supposé provenir de la décharge (BRGM, 1998) ; on note également la présence de nitrites, ammonium, hydrocarbures, etc.

Etant donné la distribution de l'arsenic dans les forages du Stierkopf, nous n'étudierons en détail que l'arsenic du puits n°5, les autres restant à des teneurs habituelles pour des ouvrages creusés dans les Grès vosgiens.



2.3.2. Géologie des forages du Stierkopf

Les coupes géologiques retrouvées pour les puits n°4 (Dubois, 1948b), n°3 (Dubois, 1947) et n°1 (document SDEA) permettent de proposer la coupe suivante pour les forages du Stierkopf.



Ainsi, les puits capteraient des horizons différents des grès du Trias : Grès vosgiens pour les puits n°4 et pour une petite partie n°2, conglomérat principal pour tous, couches intermédiaires pour tous les puits sauf le n°4.

Les coupes techniques montrent que la partie supérieure des ouvrages, avec cimentation derrière un tubage plein, varie de 16,85 m (St-3) à 30,60 m (St-5) ; elle est généralement de 25,00 m (St-4, St-2, St-1), avec une particularité pour le St-1, où un tube plein (gravillonné derrière) descendrait ensuite de 23,10 à 35,10 m, avec un passage possible de l'eau à 25 m (entre le Ø500 cimenté et le Ø350 gravillonné).

Un pompage d'essai dans le Stierkopf-1, en juillet 1939, avait montré un rabattement de 8,40 m pour un débit de 60 m³/h.

Un autre pompage d'essai, dans le Stierkopf-5, en août 1976, a montré un très faible rabattement, de 4,75 m pour un débit de 64 m³/h. Ceci montre une très bonne alimentation de cet ouvrage.

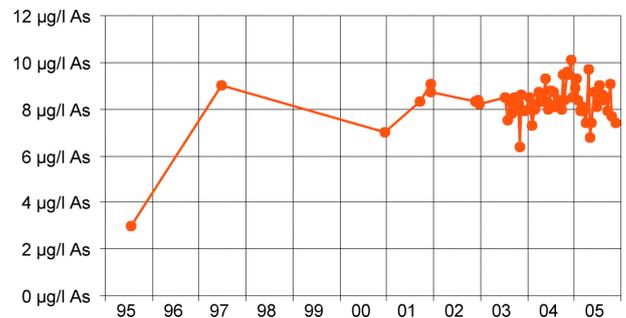
2.3.3. Les données analytiques

Nous avons pu disposer de 66 analyses pour l'arsenic dans le forage Stierkopf-5, dont 58 à des dates où les quatre autres ouvrages ont également été analysés.

Ces analyses montrent (à part la première analyse, en juillet 1995) une grande stabilité, puisqu'elles sont toutes comprises entre 6,4 et 10,1 µg/l As.

Nous avons vu que les teneurs moyennes en arsenic des autres forages du champ captant (sur 58 analyses) allaient de 4,4 à 5,1 µg/l.

Nous avons voulu voir si les teneurs en arsenic des autres forages se corrélaient avec celles du Stierkopf-5. Il apparaît alors que les teneurs en arsenic sont très fortement corrélées pour les quatre autres forages entre eux (coefficient entre 65 et 87%), alors que l'arsenic du Stierkopf-5 n'est que "fortement corrélé" à celui des autres forages (coefficient entre 62 et 68%).



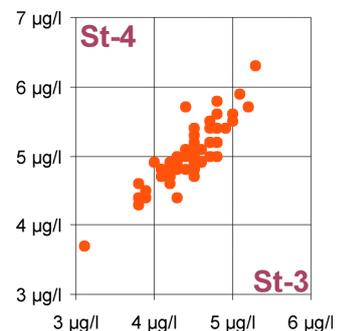
	St-4	St-3	St-2	St-1	St-5
St-4		87	73	65	62
St-3	87		86	76	68
St-2	73	86		82	62
St-1	65	76	82		63
St-5	62	68	62	63	

Pour visualiser ces corrélations, nous présentons ci-contre les teneurs en arsenic relevées dans le forage n°4 en fonction de celles relevées dans le forage n°3...

A de telles fortes corrélations, deux explications sont envisageables :

- soit les teneurs en arsenic dépendent, à une date donnée, de l'étalonnage des appareils de mesure au laboratoire...
- soit une même cause provoque les variations des teneurs en arsenic dans les cinq forages (même si le forage Stierkopf-5 semble se distinguer *légèrement* des quatre autres).

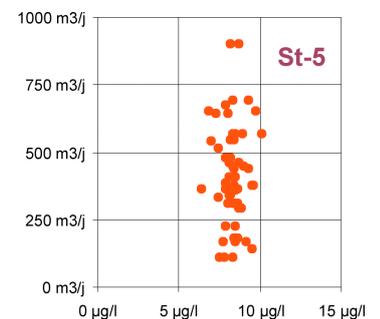
Cette cause est donc à déterminer.



On a donc cherché à corrélérer les teneurs en arsenic aux débits pompés dans le forage, en distinguant :

- le débit journalier moyen, calculé entre deux relevés mensuels, représentant donc la sollicitation "générale" des Grès vosgiens,
- le débit horaire instantané, calculé également entre deux relevés mensuels, et représentant donc la sollicitation "instantanée" des Grès.

Les teneurs en arsenic sont parfaitement indépendantes du débit journalier moyen (figure ci-contre, pour le Stierkopf-5), comme du débit horaire instantané, pour chacun des cinq forages (coefficient de corrélation entre -15 et +10% pour l'ensemble des deux types de débit sur les cinq forages, pour les 58 analyses utilisables).



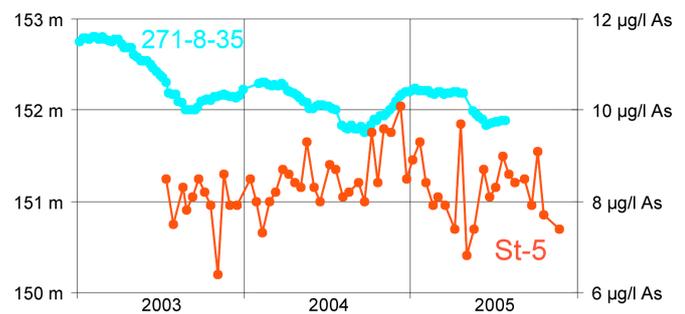
Le niveau de la nappe est la principale cause commune qui pourrait être suspectée pour expliquer les variations des teneurs en arsenic dans les cinq forages. On notera en particulier la très faible teneur mesurée en juillet 1995, au sortir d'un printemps particulièrement pluvieux.

Cependant, il n'existe pas de données sur le niveau de la nappe dans les Grès vosgiens du secteur. Nous avons donc essayé de prendre comme référence le niveau de la nappe en plaine, à Griesheim (piézomètre 271-8-35, suivi par l'Aprona).

Une faible corrélation inverse entre teneur en arsenic et niveau de la nappe en plaine peut être mise en évidence, surtout si l'on tient compte d'un retard dans la réponse du niveau de la nappe dans les Grès vosgiens (ce retard avait été estimé à 50 jours dans le cas du forage de Gresswiller : Jaillard, 2002).

En effet, le minimum du niveau de la nappe fin septembre 2004 peut correspondre au maximum de la teneur en arsenic début décembre 2004.

Mais la corrélation n'est pas flagrante...



Pour les éléments majeurs, on ne dispose que d'une seule analyse complète (avec les huit ions majeurs) pour le forage Stierkopf-5 (en août 1993, données transmises par la DDASS). Il est donc impossible de réaliser une étude statistique...

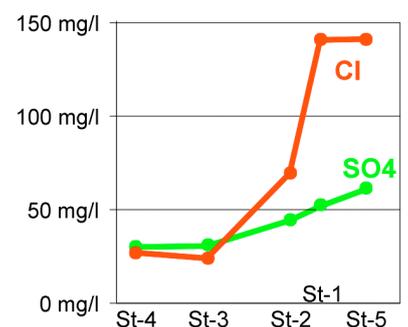
Nous avons donc utilisé l'ensemble des analyses complètes sur les cinq forages du Stierkopf (24 analyses complètes), en y adjoignant la "position" E-W du forage, donnée par son X Lambert.

	E-W	Cl	Na	SO4	K	Mg	Ca	HCO3	NO3
E-W	81	83	80	54	-10	-34	-60	-62	
Cl	81	100	80	78	7	-36	-56	-77	
Na	83	100	82	78	5	-41	-58	-78	
SO4	80	80	82	65	4	-44	-46	-45	
K	54	78	78	65	1	-3	-44	-36	
Mg	-10	7	5	4	1	-8	49	10	
Ca	-34	-36	-41	-44	-3	-8	49	54	
HCO3	-60	-56	-58	-46	-44	49	49	58	
NO3	-62	-77	-78	-45	-36	10	54	58	

Le tableau de corrélations montre très nettement deux familles d'eaux :

- la première famille, dominante à l'est, est caractérisée par une très forte corrélation entre chlorures, sodium, sulfates et potassium ; on la qualifiera (conformément à ce que montreront les diagraphies, voir paragraphes 6.1.1. et 6.1.2. en p 51-52/90) d'eau profonde ;
- l'autre famille peut être qualifiée d'eau superficielle : outre les bicarbonates et le calcium, elle présente des nitrates ;
- le magnésium est en position intermédiaire, provenant à la fois des eaux superficielles (bicarbonates) et des eaux profondes (sulfates ou chlorures ?).

D'un point de vue quantitatif, les teneurs moyennes en chlorures et en sulfates ne sont faibles que dans les deux puits les plus à l'ouest ; dès le puits n°2, elles commencent à augmenter pour atteindre leur maximum dans les puits n°1 et n°5. Il est remarquable que les ratios chlorures/sulfates ne sont pas les mêmes dans ces deux derniers puits, comme d'ailleurs les ratios chlorures/arsenic (l'arsenic n'étant présent en quantité que dans le puits n°5) : il semble donc qu'il existe *plusieurs* venues d'eaux minéralisées, de compositions légèrement différentes.

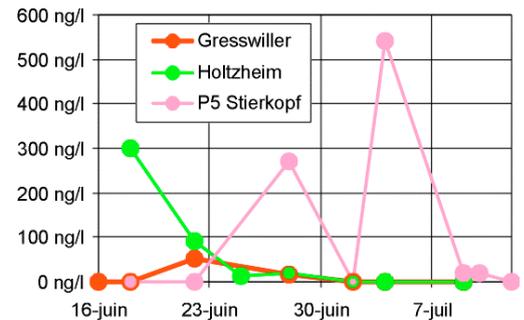


2.3.4. Sensibilité du forage Stierkopf-5 aux eaux de surface

Le forage Stierkopf-5 est un forage ancien, autrefois appelé n°III, qui a été abandonné très vite du fait de contaminations bactériennes ; il a été réutilisé, sous le nom de n°5, après qu'ait été installée une désinfection au chlore (Sauer, 1962).

Ce même forage avait été fortement atteint lors d'une pollution accidentelle en juin 1990 à la scierie Braun, à 6 km à l'amont : du 15 au 17 juin, 6 m³ de produits pesticides (dont du pentachlorophénol) se sont déversés dans un ruisseau, et de là à la Bruche.

Des analyses effectuées à la suite de cette pollution (DDASS, 1990), on retiendra que le forage Stierkopf-5 a été touché, mais avec un retard de plusieurs semaines. Le puits de Holtzheim (à 19 km à l'aval, mais en bordure immédiate de la Bruche) avait été atteint le premier, du fait du transport par la rivière.



Par ailleurs, les teneurs relevées dans le forage Stierkopf-5 présentent deux pics. Ces deux pics semblent montrer que le polluant est arrivé par plusieurs chemins d'accès, probablement par l'intermédiaire de la nappe alluviale de la Bruche.

Ce forage est donc sensible à des influences superficielles. D'ailleurs, le faible rabattement en pompage peut provenir de ces apports de la nappe alluviale de la Bruche.

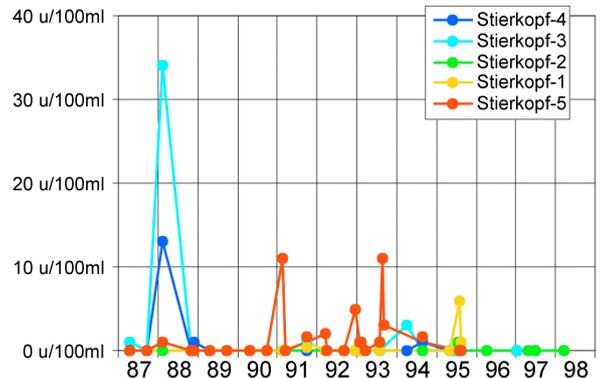
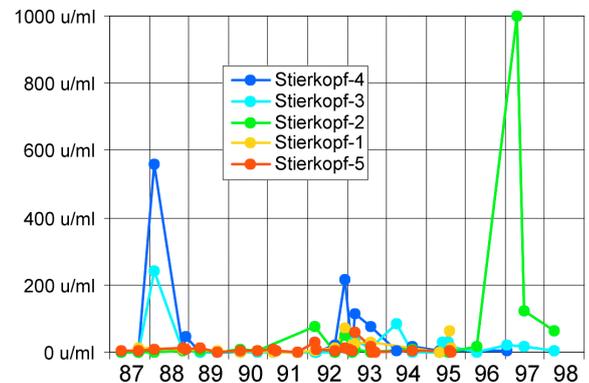
De ce fait, il paraît impossible de définir, avec les données actuelles, une vitesse d'écoulement de la nappe dans les grès, ou dans les alluvions...

Enfin, il est intéressant de comparer cette sensibilité à celle des autres forages du Stierkopf. Nous avons utilisé pour cela les données de la DDASS (années 1987-98), en prenant comme indice de sensibilité les germes aérobies revivifiables à 22°C.

Les forages orientaux (n°1 et n°5) apparaissent alors les moins atteints par ces germes. Au contraire, les forages occidentaux sont les plus touchés, et on aurait tendance à dire que la sensibilité va en décroissant d'ouest en est (le forage n°4 est manifestement le plus fréquemment touché).

Si l'on regarde les coliformes, par contre, le Stierkopf-5 montre des contaminations à répétition, alors que le puits n°2 n'a montré qu'exceptionnellement un coliforme.

Ceci semble confirmer que tous les cinq forages sont sensibles aux contaminations superficielles, mais de manière sans doute différente...

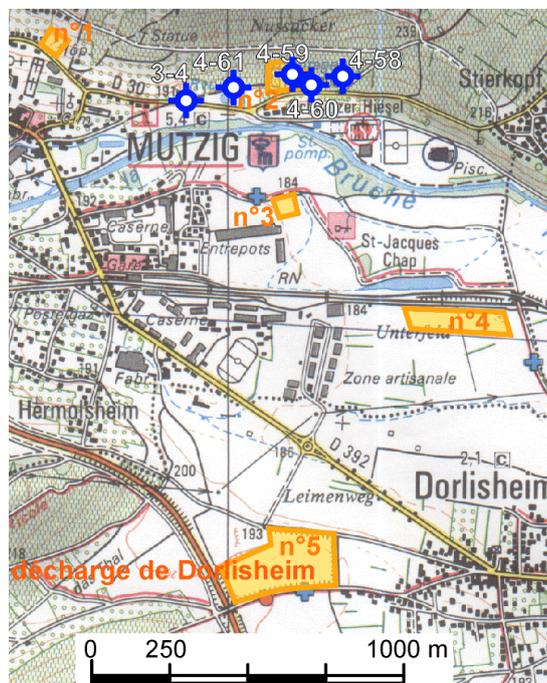


2.3.5. L'enquête environnementale : les décharges

Il y a peu de décharges dans les environs des puits du Stierkopf. Il y a cependant eu des carrières pour l'exploitation des grès du Trias, dont l'une a été utilisée pour y implanter les premiers forages du Stierkopf (Sauer, 1962).

On trouvera en Annexe 2 toutes les informations relatives à ces excavations ou décharges.

Il y a peu de chances que l'une de ces anciennes décharges soit à l'origine d'une contamination des forages du Stierkopf.



La décharge de Dorlisheim présente une importance particulière, puisqu'elle a été suspectée d'être à l'origine des teneurs en arsenic relevées dans le forage Griesheim-2 (BRGM, 1998 ; voir également paragraphe 2.2.4. en p 18/90).

Bien que située largement à l'aval hydraulique des forages du Stierkopf, nous en parlerons ici, car elle se situe dans un contexte (géographique et géologique) proche des forages du Stierkopf...

D'une surface globale de 5,6 ha, elle comprend trois secteurs distincts :

- le secteur Nord est l'ancienne décharge communale (ouverte avant 1960, fermée en 1973),
- le secteur Est est l'ancienne gravière Denni, exploitée de 1963 à 1980, reprise alors par MultiServices, pour stocker des matériaux inertes
- le secteur Ouest est l'ancienne gravière Eck, exploitée à partir de 1965, et remblayée avec les ordures ménagères de la Commune à partir de 1968, puis du SIVOM après 1974.

L'ensemble des opérations a été arrêté vers la fin des années 80's, et MultiServices a alors été racheté le 1^{er} juin 1990 par AlphaOnyx, qui a entrepris la procédure d'abandon en 1993.

Les piézomètres réalisés pour la surveillance du site montrent tous que l'épaisseur des alluvions est supérieure à 25 m (le substratum n'a jamais été atteint).

L'arsenic a été mis en évidence dans ces piézomètres en 1995, et un suivi semestriel effectué par Antéa jusqu'en 2002 (Tauw Environnement, 2004). Le résultat de ce suivi a montré des teneurs en arsenic dépassant parfois 7000 µg/l à l'aval (moyenne de 3700 µg/l), mais aussi, ce qui est plus surprenant, une moyenne de 397 µg/l à 1 km à l'amont de la décharge (!).

Dans cet ouvrage, les teneurs sont très stables (400-613 µg/l) sauf pour trois prélèvements (5-34 µg/l). Un prélèvement ultérieur (juin 2004) dans cet ouvrage ayant donné seulement 3 µg/l *en statique* (la pompe de prélèvement étant tombée en panne), on peut se demander si les trois prélèvements à faible teneur ne correspondent pas également à des prélèvements sans pompage. [Après notre propre campagne d'analyse, on peut d'ailleurs se demander si l'ouvrage alors analysé n'était pas en fait le 271-4-188, et non le 271-3-113 comme indiqué...].

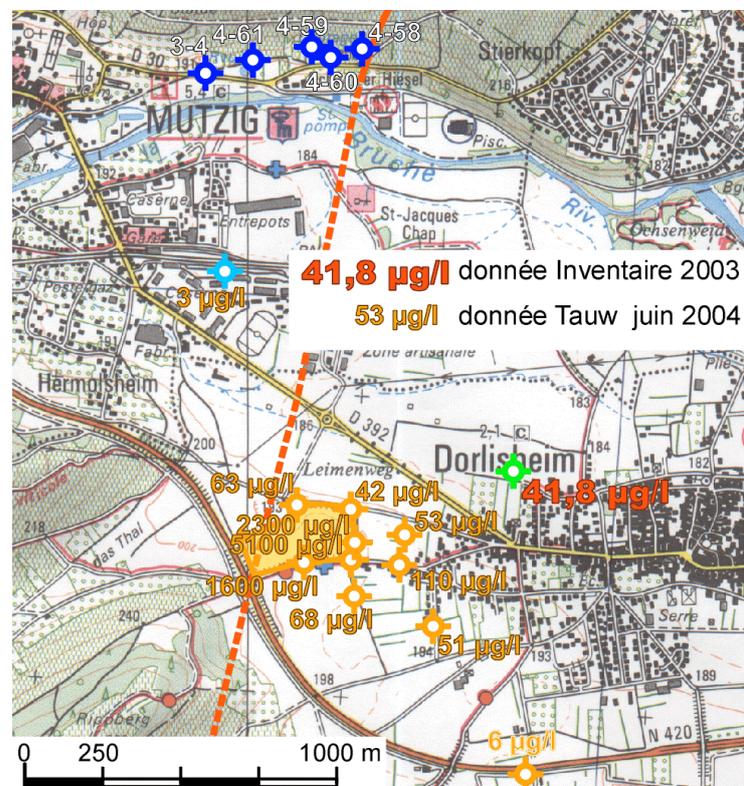
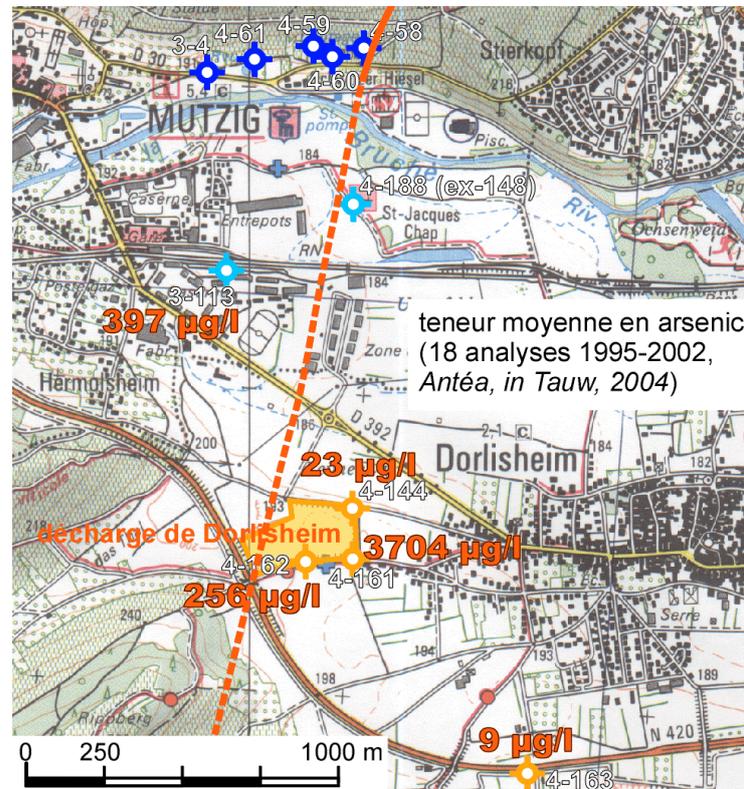
L'origine de l'arsenic dans cet ouvrage est donc inconnue. Mais l'hypothèse de départ (voir paragraphe 2.3.1. en p 20/90) pourrait être vérifiée : **l'arsenic du Stierkopf pourrait être d'origine naturelle, et arriver par la faille limitant à l'est le champ captant.**

Nous avons depuis vérifié (et confirmé) cette hypothèse par des analyses complètes des eaux dans ce secteur de la plaine alluviale (voir paragraphe 9.1.1. en p 69-70/90).

Pour en finir avec cette décharge de Dorlisheim, nous nous garderons de conclure quant à l'origine de l'arsenic trouvé sous le site.

En effet, la campagne de juin 2004 (Tauw Environnement, 2004) montre les fortes teneurs en arsenic (>1000 µg/l) sont associées à des teneurs en chlorures élevées (170-270 mg/l), mais pas autant que ce que l'on pouvait en attendre. Il existe également des nitrites en quantité (jusqu'à 16,9 mg/l), qui ne semblent pas se corréliser à l'arsenic ou aux chlorures.

Nous avons également pu obtenir des données de l'inventaire 2003 de la qualité des eaux (sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace) : un point de contrôle, dans le village de Dorlisheim (puits privé) montre une teneur de 42 µg/l, alors qu'il n'est pas à l'aval hydrodynamique de la décharge...



3. La problématique ATRAZINE

3.1 L'atrazine en général

3.1.1. L'atrazine en Alsace

L'atrazine est présente en Alsace, dans bien des points d'eau. L'inventaire de la qualité des eaux souterraines en 1997 (publié sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace, 2000) donne un aperçu dont nous reprendrons quelques constats :

«L'atrazine est un herbicide utilisé essentiellement dans la culture du maïs, mais également en viticulture, dans la culture des asperges et en horticulture. Elle a également été longtemps utilisée pour le désherbage des voiries, des voies ferrées ou des espaces verts».

«En Alsace, l'atrazine a été quantifiée sur 59% des points d'observation [...] ; la limite de potabilité de 0,1 µg/l est dépassée pour 13,5% des points».

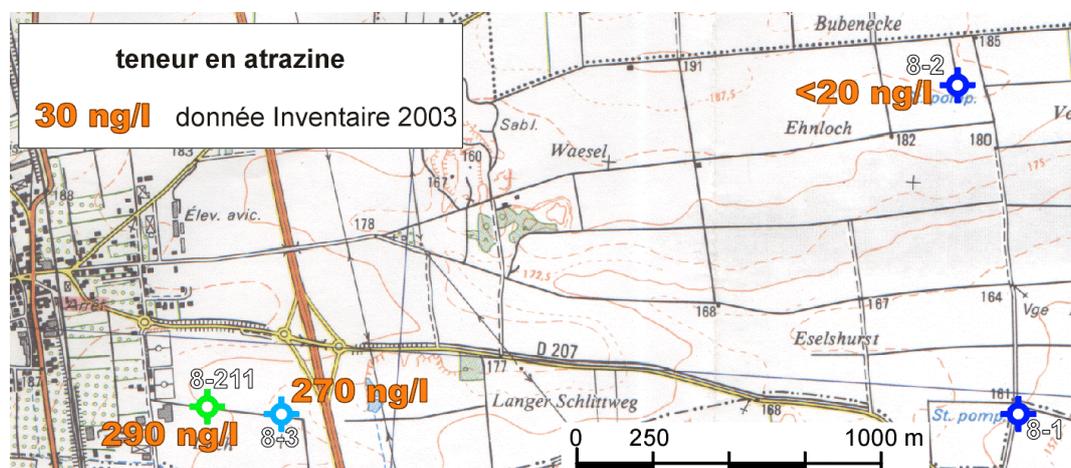
«Bien que les points de mesure, où les concentrations en atrazine et déséthylatrazine sont élevées, soient répartis uniformément sur l'ensemble de la nappe, des zones de pollution plus caractérisées peuvent être mises en évidence : à l'aval de Mulhouse, **entre Molsheim et Blaesheim**, et, dans une moindre mesure, dans la partie sud de la Hardt (entre Bâle et Ottmarsheim) et au sud de Haguenau».

«La comparaison des analyses de 1992 et de 1997 en Alsace ne montre pas d'évolution significative concernant l'atrazine, il semble que l'état de la contamination reste stable».

«En Allemagne, l'utilisation de l'atrazine est interdite depuis 1991. Cependant, en raison de sa rémanence et du temps de transfert dans le sol et les eaux souterraines, ce polluant est encore détecté dans les eaux souterraines, parfois en forte concentration».

Le problème est donc bien connu dans le secteur de Molsheim...

Enfin, s'il n'y a pas *actuellement* de problème d'atrazine à Griesheim, nous signalerons les fortes teneurs mises en évidence par l'inventaire de la qualité des eaux souterraines en 2003 (sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace) à 2 km à l'ouest du forage Griesheim-3.



3.1.2. Le dosage des triazines

Toute analyse chimique doit être interprétée au regard de sa reproductibilité. Cette reproductibilité dépend à la fois de la méthode utilisée et du laboratoire où est effectuée l'analyse. La reproductibilité est caractérisée par le CVR (coefficient de variation), défini, pour une série de mesure sur un échantillon donné, comme le rapport de l'écart-type (S_R) sur la moyenne (M) ; l'intervalle de confiance à 95% de l'analyse est égal à $M+2.S_R$, c'est-à-dire que pour un CVR de 50%, la mesure n'est plus quantitative (Guarini, 2005).

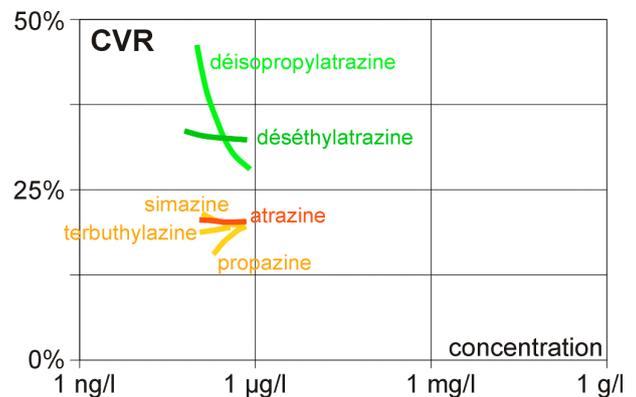
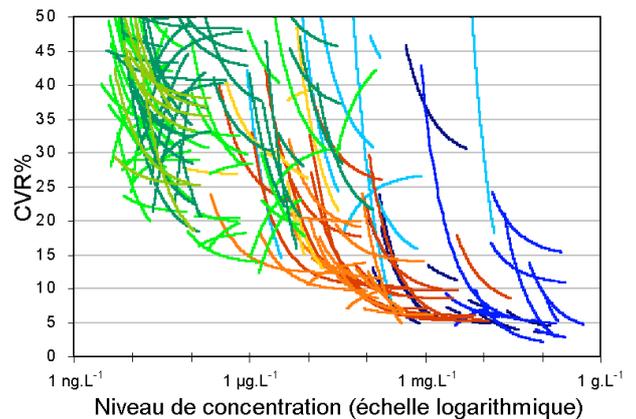
Des études systématiques menées sur des analyses ont montré que le niveau d'incertitude croît rapidement avec la diminution des teneurs à mesurer.

Si, pour les éléments majeurs (présents dans les eaux à raison de plusieurs mg/l) les mesures sont fiables (en bleu sur la figure ci-contre, Guarini, 2005), l'incertitude s'accroît rapidement pour les éléments-traces minéraux (présents dans les eaux à raison de plusieurs $\mu\text{g/l}$, en rouge sur la figure), et devient rapidement très importante (au point de n'être parfois plus quantitative) pour les micropolluants lorsqu'on est au-dessous du $\mu\text{g/l}$ (en vert sur la figure)

Plus précisément, pour les triazines, on arrive à doser les produits-mère avec une reproductibilité correcte (CVR de 20% pour l'atrazine par exemple, c'est-à-dire que le résultat est entaché d'une incertitude de 40% pour un intervalle de confiance de 95%).

Mais les produits de dégradation sont dosés de façon beaucoup moins fiable. La déséthylatrazine par exemple montre un CVR de 33%, c'est-à-dire que le résultat est connu à $\pm 66\%$ près...

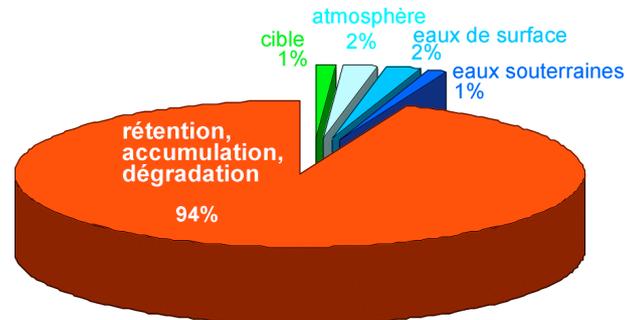
Ce qui explique que les teneurs en déséthylatrazine paraissent souvent "erratiques".



3.1.3. Le devenir de l'atrazine

Lorsque l'on épand des pesticides, on considère la répartition suivante de la quantité utilisée (Dousset, 2005) :

- 1% va à la cible (la plante)...
- 2% s'évaporent
- 2% partent en ruissellement,
- 1% (seulement !) s'infiltrent et passent dans les eaux souterraines,
- 94% enfin va "vivre sa vie" de manière variable : une partie sera retenue dans le sol, une partie s'accumulera dans la biomasse, et une partie sera dégradée...



La rétention dans les sols, favorisée par la présence de matière organique, dépend de la molécule. L'atrazine, en particulier, présente un coefficient d'absorption (K_d) particulièrement bas : seulement 2, contre 56 par exemple pour le glyphosate (Dousset, 2005).

Ceci explique que la part d'atrazine passant dans les eaux souterraines peut être beaucoup plus élevée que les 1% donnés pour les pesticides en général : on a pu voir jusqu'à 8% de l'atrazine passer dans les eaux souterraines (Southwick & al., 1992, *in* Dousset, 2005).

La dégradation de la molécule est caractérisée par sa demi-vie, très variable d'une molécule à l'autre ; on cite les chiffres de 24 à 36 jours pour le glyphosate, mais de 30 mois pour le rimsulfuron (Dousset, 2005). Mais ces chiffres ne sont valables que *dans le sol*, pas dans la zone non saturée (encore moins dans la nappe...).

Les données sur la demi-vie de l'atrazine sont extrêmement variables : pour les sols on trouve des demi-vies de un à trois mois, ou même de trois ans, selon les sources...

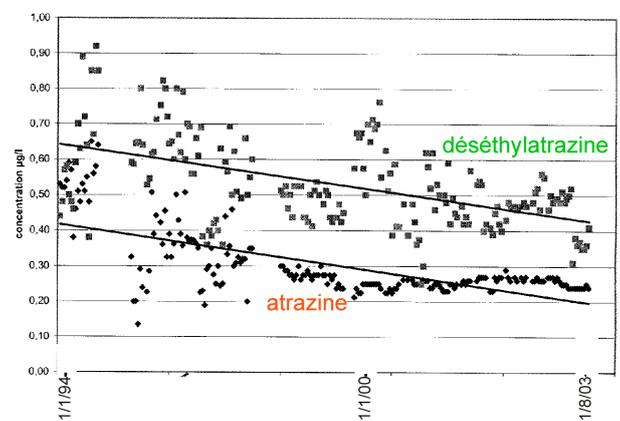
Un exemple de la rémanence de ce pesticide peut être donné par une étude particulière (Welté & al., 2005), concernant un bassin versant bien défini (3000 ha dont 2000 cultivés par 35 exploitants). Les sources captées étant chargées en atrazine (environ 0,55 µg/l), une action concertée a été entreprise :

- 1994 : suppression de l'atrazine, remplacée par metalochlor et terbuthylazine,
- 2002 : suppression des metalochlor et terbuthylazine, remplacés par des sulfonilurées.

Les teneurs en atrazine ont montré une décroissance assez rapide au début, mais depuis 1999 sont stabilisées à 0,25 µg/l. Ceci montre que le relargage de la molécule passée en rétention dans le sol dure au minimum dix ans (et pourrait durer encore quelques décennies ?).

On ajoutera que la terbuthylazine n'est apparue dans l'eau des sources que quatre ans après sa première utilisation...

On remarquera enfin le caractère "erratique" des analyses de déséthylatrazine, qui confirme ce que nous avons dit au paragraphe précédent.



3.2. L'atrazine au Stierkopf

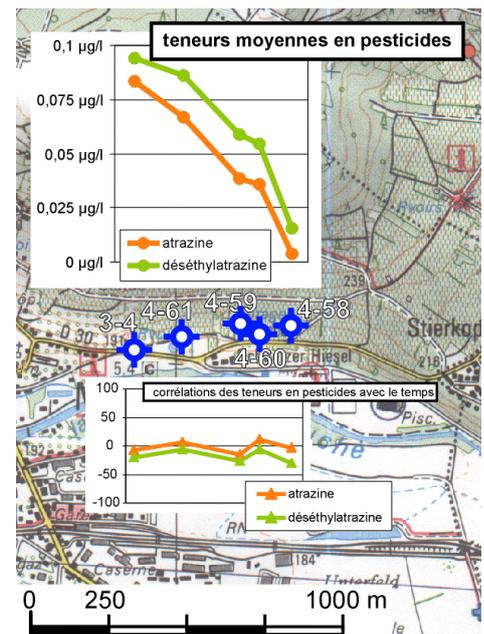
3.2.1. La répartition de l'atrazine

Les cinq puits du Stierkopf présentent, d'ouest en est, pour l'ensemble des analyses disponibles, des teneurs moyennes en atrazine (30 analyses) allant de 83 à 4 ng/l, alors que la déséthylatrazine décroît de 94 à 15 ng/l.

Il est donc clair que le problème vient de l'ouest...

Si l'on regarde les corrélations des teneurs en atrazine de chaque puits avec le temps, il apparaît que les teneurs sont stables ou en légère régression (coefficient de corrélation nul ou légèrement négatif).

S'agissant ici de déterminer l'origine de ce contaminant, nous regarderons principalement ce qui se passe dans le forage Stierkopf-4, le plus chargé.



De la simazine a également été décelée (analyses de la DDASS), les teneurs étant à peu près égales à 40% de celles en atrazine (soit par exemple, en 2002, 40 ng/l dans le Stierkopf-4, et 30 ng/l dans les Stierkopf-3, -2 et -1).

3.2.2. Les données analytiques

Nous avons pu disposer de 28 analyses pour l'atrazine (et la déséthylatrazine) dans les cinq forages du Stierkopf.

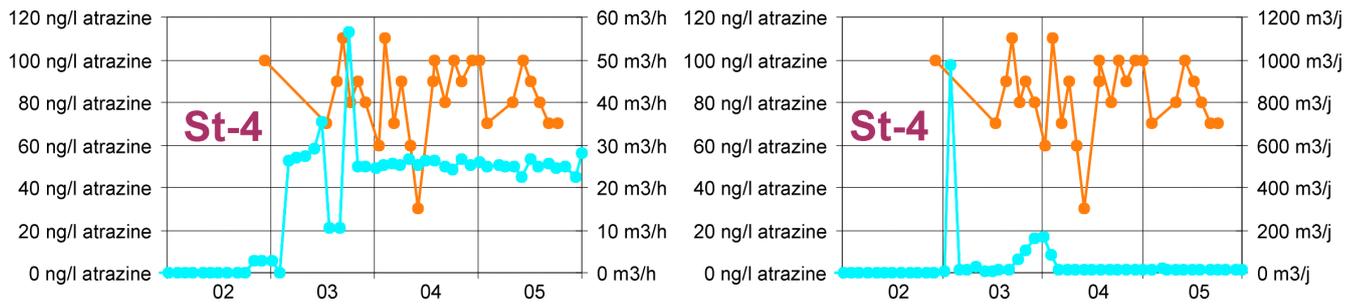
Nous avons établi le tableau des corrélations pour ces analyses. Il apparaît, comme on l'a dit plus haut, que les teneurs ont globalement tendance à rester stables dans le temps.

On constate également que, à partir du Stierkopf-4, le plus à l'ouest et qui semble être le plus proche de la source, les corrélations avec ses teneurs décroissent en allant vers l'est.

	date	St-4	St-3	St-2	St-1	St-5
date	-7	3	-17	12	-2	
St-4	-7		40	23	14	-8
St-3	3	40		7	39	37
St-2	-17	23	7		56	-10
St-1	12	14	39	56		-2
St-5	-2	-8	37	-10	-2	

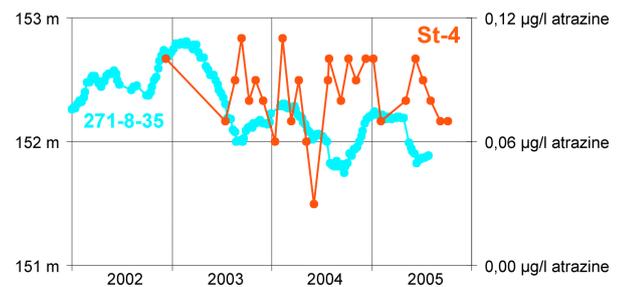
Les corrélations plus élevées entre les teneurs observées dans les puits n°1 et n°2 peut s'expliquer par la grande proximité de ces deux ouvrages.

Les teneurs en pesticides du puits Stierkopf-4 ne sont pas corrélés avec les débits pompés dans ce puits (ni les débits instantanés [m³/h], ni les débits mensuels [m³/j]).



Nous avons également regardé le niveau de la nappe de la plaine d'Alsace (piézomètre 271-8-35) ; il n'y a pas non plus de corrélation.

Pour les éléments majeurs, nous ne disposons malheureusement d'aucune analyse complète (avec les huit ions majeurs) pour le forage Stierkopf-4, à la même date qu'une analyse d'atrazine. Il est donc impossible de réaliser une étude statistique...



On donnera enfin, à toutes fins utiles, quelques résultats d'une analyse de l'eau de l'un des forages militaires récents du sommet de la colline du Stierkopf (FE166 et FE288, proches du 3-33, mais localisation exacte confidentielle), faite en 2002 :

- 7 mg/l de chlorures (l'arsenic n'a pas été dosé),
- 3,2 mg/l de nitrates seulement,
- aucune triazine détectée (<20 ng/l).

3.2.3. L'enquête environnementale : l'agriculture

Il faut tout d'abord remarquer que l'on ne connaît pas précisément (à ce stade de l'étude) le sens des écoulements des eaux dans les grès de la colline : si les niveaux hydrostatiques dans les forages du Stierkopf sont donnés comme allant de 184 à 180,6 m (BRGM, 1993b), le niveau hydrostatique au centre de la colline était donné comme étant à 185,1 m (forage 3-33, date de la donnée inconnue [forage remblayé] : BRGM, 1993b).

Les forages militaires récents FE166 et FE288 présentaient en mai-juin 2005 un niveau hydrostatique de 182 à 183 m (donnée fournie par les militaires), soit proche du niveau de la Bruche !

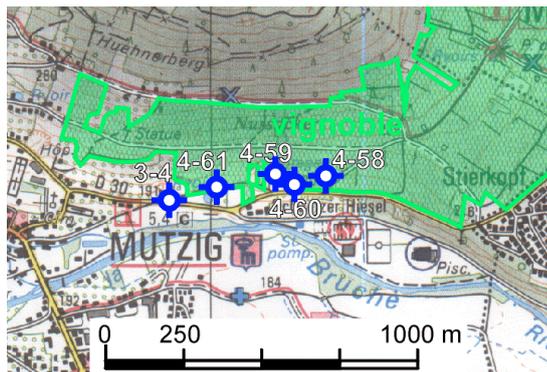
C'est dire si le sens d'écoulement restait à préciser, ce qui devait passer par la mesure de la piézométrie dans le secteur, ainsi que par le nivellement de la Bruche dans le secteur.

Nous regarderons cependant ici l'activité agricole du secteur de la colline du Stierkopf.

Le secteur immédiatement à l'amont des puits du Stierkopf est constitué du vignoble de Mutzig, et de prolonge vers l'est par le vignoble de Molsheim.

Or, ce vignoble a été un possible utilisateur d'atrazine et/ou de simazine dans les années passées. On peut estimer à 1,5 kg/ha (parfois beaucoup plus...) la quantité de produit utilisé.

Un autre secteur où des désherbants sont utilisés est le fort militaire, au sommet de la colline : 5 ha (superficie du chemin de ronde) sont désherbés, actuellement au glyphosate (Rival 36[®], Kiralis[®]) ; les produits utilisés autrefois ne sont pas connus.



3.2.4. Conclusion

Les données concernant l'atrazine ne permettent pas de les mettre en regard d'autres éléments, tels que la composition de l'eau, et donc son origine probable.

Cependant, on observe une décroissance très nette des teneurs d'ouest en est, ainsi qu'une décroissance des corrélations des teneurs avec le forage le plus à l'ouest.

Ceci nous incite à penser que la source est proche de cet ouvrage, le Stierkopf-4. La conception de cet ouvrage (la partie crépinée étant plus de 10 m au-dessous du niveau de la Bruche) rend peu probable l'arrivée de ce contaminant depuis les alluvions de la rivière. Par ailleurs, le fait que l'atrazine soit présente quel que soit le régime de pompage de cet ouvrage incite à penser que ce polluant est présent dans les environs immédiats du puits, et ne provient pas de la Bruche (ou de ses alluvions).

C'est pourquoi la teneur en atrazine des eaux de la Bruche a été contrôlée (voir paragraphe 9.1.2., en p 71/90).

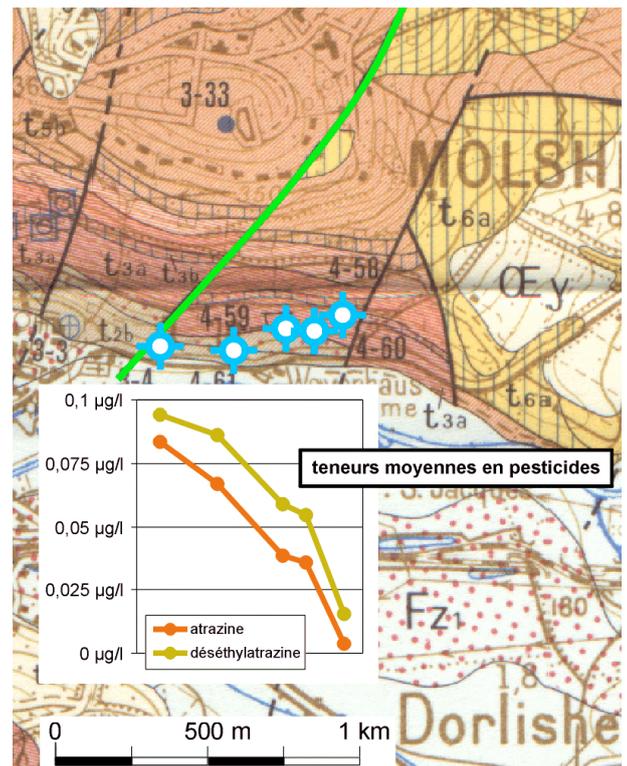
Mais la carte géologique suggère une autre origine, une grande faille prenant en écharpe toute la colline du Stierkopf. Cette faille, qui affecte les grès du Trias, traverse le vignoble de Mutzig, et passe au pied des fortifications militaires.

Une telle faille peut jouer le rôle d'un drain, amenant les contaminants infiltrés à proximité des forages, où ils pourront être pompés.

Nous avons donc proposé la mise en place d'un piézomètre de contrôle amont (voir paragraphe 7.2. en p 58/90), avec un double objectif :

- il permettrait de déterminer la direction d'écoulement des eaux dans le massif gréseux, qui est actuellement complètement inconnue,
- il permettrait de tester la qualité de l'eau dans le vignoble, et à son amont.

Pour cela, il devait être implanté, sur l'un des deux chemins d'exploitation parcourant le vignoble, au croisement de la faille suspectée de drainer les eaux. Le tracé de cette faille, connu actuellement de manière approximative (carte géologique au 1/50.000^e) a été précisé par deux profils de géophysique électrique sur ces deux chemins d'exploitation (voir paragraphe 7.1. en p 57/90).



4. La problématique SOLVANTS CHLORES

4.1. Les solvants chlorés en général

4.1.1. Les solvants chlorés en Alsace

Les solvants chlorés sont présents en Alsace, dans bien des points d'eau. L'inventaire de la qualité des eaux souterraines en 1997 (publié sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace, 2000) donne un aperçu que nous reprendrons :

«En Alsace, le tétrachloréthylène a été détecté sur 20,9% des points de mesure [...]. Parmi ceux-ci, 2,8% dépassent la valeur de 10 µg/l en Alsace, 0,7% dépassent le seuil de l'OMS de 40 µg/l».

«Pour le trichloréthylène, 19,0% des résultats sont positifs en Alsace [...]. La valeur de 10 µg/l est dépassée pour 2,5% des points de mesure en Alsace, dont 0,9% indiquent un résultat d'analyse supérieur au seuil de l'OMS de 70 µg/l».

«En Alsace, les concentrations les plus élevées en OHV sont essentiellement mesurées dans les agglomérations ou à proximité des sites industriels (métallurgie, chimie...) à Strasbourg, Sélestat, **Molsheim**, Obernai [...]. On retrouve souvent une contamination simultanée sur le même point de mesure pour le trichloréthylène et le tétrachloréthylène ; la répartition de la pollution par ces deux substances est donc sensiblement la même».

Connu à l'aval de Molsheim, ce problème avait été détecté dès 1991 à l'amont, et avait fait l'objet d'études approfondies, sur lesquelles nous reviendrons (BRGM, 1993a ; BRGM, 1993b ; BRGM, 1994 ; Toulet, 1994 ; Antéa, 1994).

4.1.2. Quelques petits rappels sur ces solvants

Nous rappellerons juste quelques caractéristiques physico-chimiques de ces solvants :

<i>nom</i>	<i>"petit nom"</i>	<i>formule</i>	<i>densité</i>	<i>solubilité à 20 °C</i>	<i>tension de vapeur à 20 °C</i>	<i>point d'ébullition</i>
trichloroéthylène	TCE	$\text{CCl}_2=\text{CClH}$	1,46	1,0 g/l	8,6 kPa	87 °C
tétrachloroéthylène	PCE	$\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$	1,62	0,15 g/l	1,9 kPa	121 °C

Il apparaît donc que le trichloroéthylène est beaucoup plus mobile que son cousin le tétrachloroéthylène (solubilité, volatilité).

4.2. Les solvants chlorés au Stierkopf

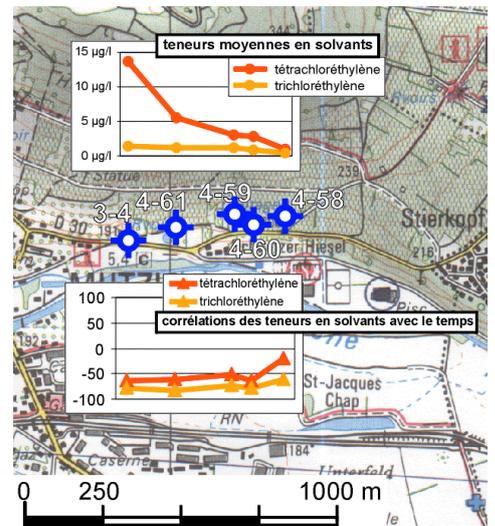
4.2.1. La répartition des solvants

Les cinq puits du Stierkopf présentent, d'ouest en est, pour l'ensemble des analyses communiquées par le SDEA, des teneurs moyennes en tétrachloroéthylène (entre 64 à 70 analyses entre 1995 et 2005) allant de 14 à 1 µg/l, alors que le trichloroéthylène décroît de 1,4 à 0,4 µg/l.

Il est donc clair que, comme pour l'atrazine, le problème vient de l'ouest...

Si l'on regarde les corrélations des teneurs en solvants de chaque puits avec le temps, il apparaît que les teneurs sont en forte régression (coefficients de corrélation fortement négatifs).

S'agissant ici de déterminer l'origine de ces contaminants, nous regarderons principalement ce qui se passe dans le forage Stierkopf-4, le plus chargé.



4.2.2. Les données analytiques (1995-2005)

Nous avons pu disposer de 50 analyses pour les solvants chlorés (tétrachloroéthylène et trichloroéthylène) dans les cinq forages du Stierkopf à la fois, entre 1995 et 2005 (données SDEA).

Nous avons établi plusieurs tableaux des corrélations pour ces analyses.

Tout d'abord, il apparaît que tétrachloroéthylène et trichloroéthylène sont fortement corrélés dans tous les sondages ; ceci nous autorisera à étudier principalement le tétrachloroéthylène, plus abondant que le trichloroéthylène.

On constate également que, à partir du Stierkopf-4, le plus à l'ouest et qui semble être le plus proche de la source, les corrélations avec ses teneurs décroissent en allant vers l'est (tout comme pour l'atrazine) : les teneurs dans le Stierkopf-5, le plus éloigné de la source supposée, présentent les plus faibles corrélations avec les teneurs du puits n°4.

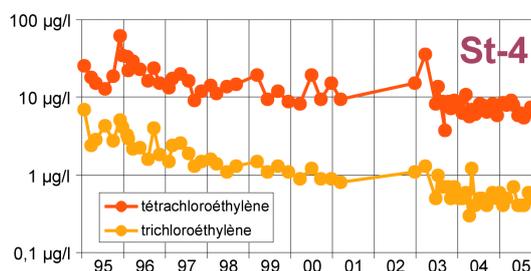
m	
---	--

	date	St-4	St-3	St-2	St-1	St-5
date		-66	-63	-55	-84	-31
St-4	-66		94	89	74	76
St-3	-63	94		91	68	66
St-2	-55	89	91		63	76
St-1	-84	74	68	63		36
St-5	-31	76	66	76	36	

Il apparaît enfin, comme on l'a dit plus haut, que les teneurs sont fortement décroissantes dans le temps. La variation des teneurs avec le temps sera regardée plus en détail, dans le cas du puits n°4, le plus chargé en solvants.

Les teneurs en tétrachloroéthylène sont dix fois plus importantes que celles en trichloroéthylène (la quasi-constance de cette proportion est assez peu évidente en échelle non logarithmique).

On constate que la décroissance des teneurs a été constante entre les années 1995 et 2001 : la "demi-vie" était alors de l'ordre de 3 ans, c'est-à-dire que les teneurs étaient divisées par deux au bout de trois ans (ou divisées par dix au bout de dix ans...).



Après un soubresaut au début de 2003, les teneurs semblent actuellement être stabilisées.

Pour les autres ouvrages, le ratio tétra/trichloroéthylène décroît en allant vers l'est.

	St-4	St-3	St-2	St-1	St-5
ratio tétra/tri (moy. 95-05)	9,6	4,7	2,6	3,2	2,4

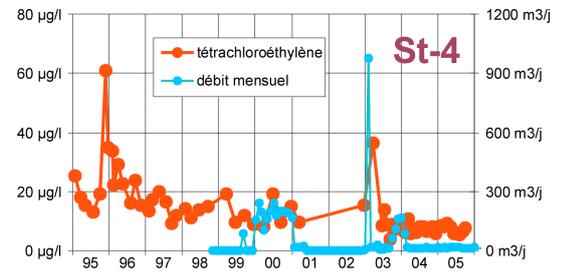
Nous avons donc recalculé les corrélations sur la période juin 2003-2005, qui confirment bien une stabilisation dans les puits à l'ouest (les plus chargés), alors que les teneurs continuent de baisser plus doucement dans les puits plus à l'est.

	St-4	St-3	St-2	St-1	St-5
corrélations					
tétrachlo / temps (2003-05)	-10	-10	-21	-35	-57

On ne peut manquer de comparer une telle stabilisation à ce qui a été mis en évidence dans le cas de l'atrazine (voir paragraphe 3.1.3. en p 30/90), où pendant six ans après l'arrêt des apports, on a observé une baisse des teneurs, avant que celles-ci ne se stabilisent à un niveau correspondant vraisemblablement à un lent relargage de ce qui a été adsorbé dans les terrains...

Les corrélations avec le débit pompé sont pratiquement nulles : le puits n°4 est à l'arrêt complet sur de longues périodes, sans que cela influe sur les teneurs en tétrachloroéthylène. Par contre, il est vrai qu'un redémarrage en janvier 2003 (26.400 m³ pompés en un mois) semble avoir provoqué un net soubresaut des teneurs en solvants.

Comme pour l'atrazine, on en déduit que les solvants sont présents dans l'environnement immédiat du forage, sans qu'il soit besoin de le faire migrer sous l'effet d'un pompage.



4.2.3. Les études antérieures (1993-94)

Nous ne disposons pas des valeurs d'analyses de solvants chlorés antérieures, mais les graphiques et quelques chiffres donnés dans des études précédentes (BRGM, 1993b ; BRGM, 1994 ; Toulet, 1994 ; Antéa, 1994) permettent d'affiner les conclusions données ici.

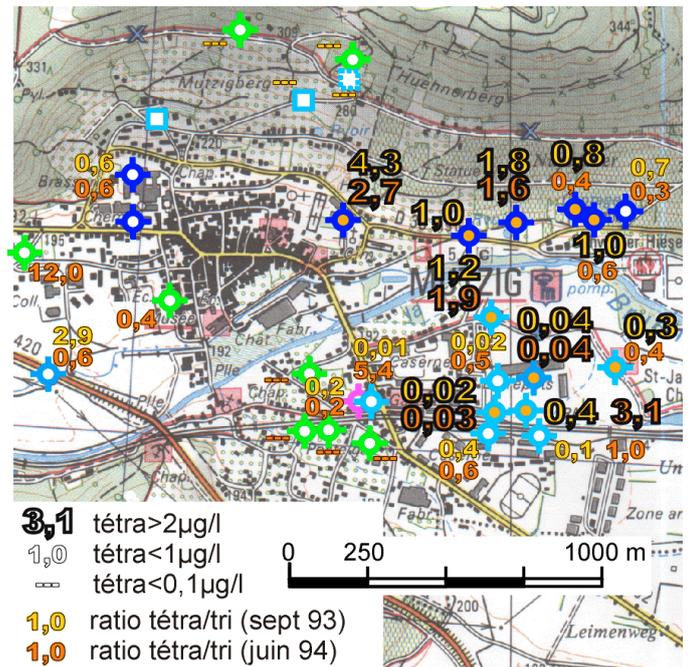
Une pollution en solvants avait été décelée dans les captages du Stierkopf, et les investigations étaient remontées jusqu'aux établissements de l'ERM à Gresswiller. Les solvants en cause à l'ERM étaient essentiellement du trichloroéthylène ; une autre source avait été déterminée aux alentours des établissements Raisch à Mutzig (ouvrages 271-3-112 et 4-104), avec encore essentiellement du trichloroéthylène.

Une carte des ratios tétra/tri (ou PCE/TCE) peut être établie, qui montre de faibles ratios en provenance de l'amont, de très faibles ratios au niveau de Raisch (teneurs en trichloroéthylène entre 200 et 1000 µg/l).

Au contraire, les ouvrages situés en rive gauche de la Bruche (puits du Stierkopf, mais aussi puits de l'Hôpital) montrent un ratio tétra/tri égal ou supérieur à 1 : le tétrachloroéthylène y domine donc.

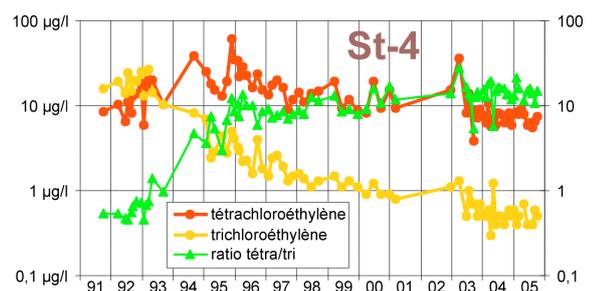
Ceci justifiait la conclusion d'alors : «Cela confirmerait l'hypothèse d'un apport de tétrachloroéthylène provenant de la partie nord de la vallée» (Antéa, 1994), c'est-à-dire de sa rive gauche.

On constatera enfin que, dans le Stierkopf-4, les teneurs en solvants ont augmenté jusqu'en 1993, celle en PCE seul jusqu'en 1995.



Mais le ratio PCE/TCE a augmenté rapidement de 0,5 en 1991 à 10 en 1995, puis ne croît plus que très lentement, mais régulièrement, jusqu'à 15 en 2005.

L'explication n'est pas connue, mais pourrait résulter de la différence de mobilité (volatilité en particulier) des deux solvants.



4.2.4. Conclusion

Les données concernant les solvants chlorés rappellent celles concernant l'atrazine, avec une grosse différence cependant :

- dans les deux cas, c'est le Stierkopf-4 qui est le plus atteint,
- et l'on observe une décroissance très nette des teneurs d'ouest en est,
- dans les deux cas, on observe une décroissance des corrélations des teneurs avec celles du Stierkopf-4,
- dans les deux cas enfin, les teneurs en contaminant sont indépendantes du régime de pompage de cet ouvrage, ce qui incite à penser que le polluant est présent dans les environs immédiats du puits, et ne provient pas de la Bruche (ou de ses alluvions),
- cependant, les teneurs en solvants sont en baisse constante (bien que peut-être stabilisées depuis trois ans ?), alors que celles en atrazine sont stables depuis toujours : mais ceci est certainement le résultat de la différence de comportement de ces polluants (adsorption, volatilité,...).

La teneur en solvants chlorés des eaux de la Bruche devra cependant être contrôlée, pour vérifier ce point.

Nous reprendrons donc, à titre d'hypothèse à vérifier, l'explication proposée pour la venue de l'atrazine, à savoir le rôle de drain que pourrait jouer la grande faille prenant en écharpe toute la colline du Stierkopf.

5. La problématique NITRATES

5.1. Les nitrates à Griesheim

5.1.1. Les données analytiques

Nous avons pu disposer de nombreuses analyses concernant les nitrates à Griesheim, sur presque 20 ans.

Globalement, les teneurs en nitrates étaient élevées sur le Griesheim-1, forage maintenant abandonné, car mal protégé et sujet à de fréquentes contaminations bactériologiques.

Sur le Griesheim-2, les teneurs ont peu évolué, malgré le pic de 1999.

L'évolution la plus importante concerne le forage Griesheim-3, le plus au sud, dont les teneurs sont passées, régulièrement, de 15 mg/l il y a vingt ans à 30 mg/l en 2006.

Quant aux pesticides, sur les 16 analyses disponibles sur les forages Griesheim-2 et -3, seule l'atrazine a été détectée une fois (en 1993) sur le forage Griesheim-2, à une teneur de 0,06 µg/l. Il n'y a donc pas de problème de pesticides dans ce secteur.

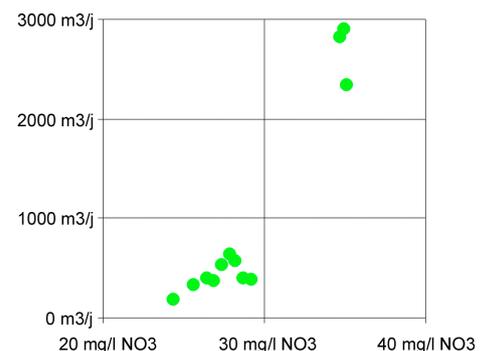
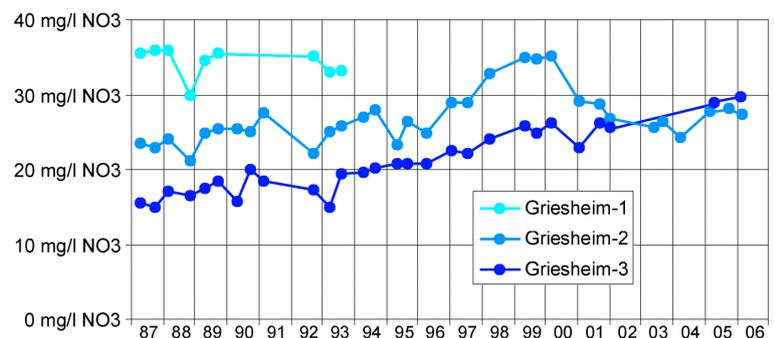
Nous avons essayé de corrélérer la teneur de l'eau en nitrates avec différents paramètres, physiques ou chimiques.

Les corrélations avec le niveau de la nappe (en utilisant les données du piézomètre 271-8-35, suivi par l'Aprona, et situé entre les forages Griesheim-2 et -3) montrent que les teneurs en nitrates sont indépendantes du niveau de la nappe.

Par contre, comme nous l'avons vu plus haut (voir paragraphe 2.2.3. en p 15/90), la corrélation est très forte, dans le forage Griesheim-2, entre la teneur en nitrates et le débit mensuel pompé (représenté ci-contre en débit journalier, plus parlant).

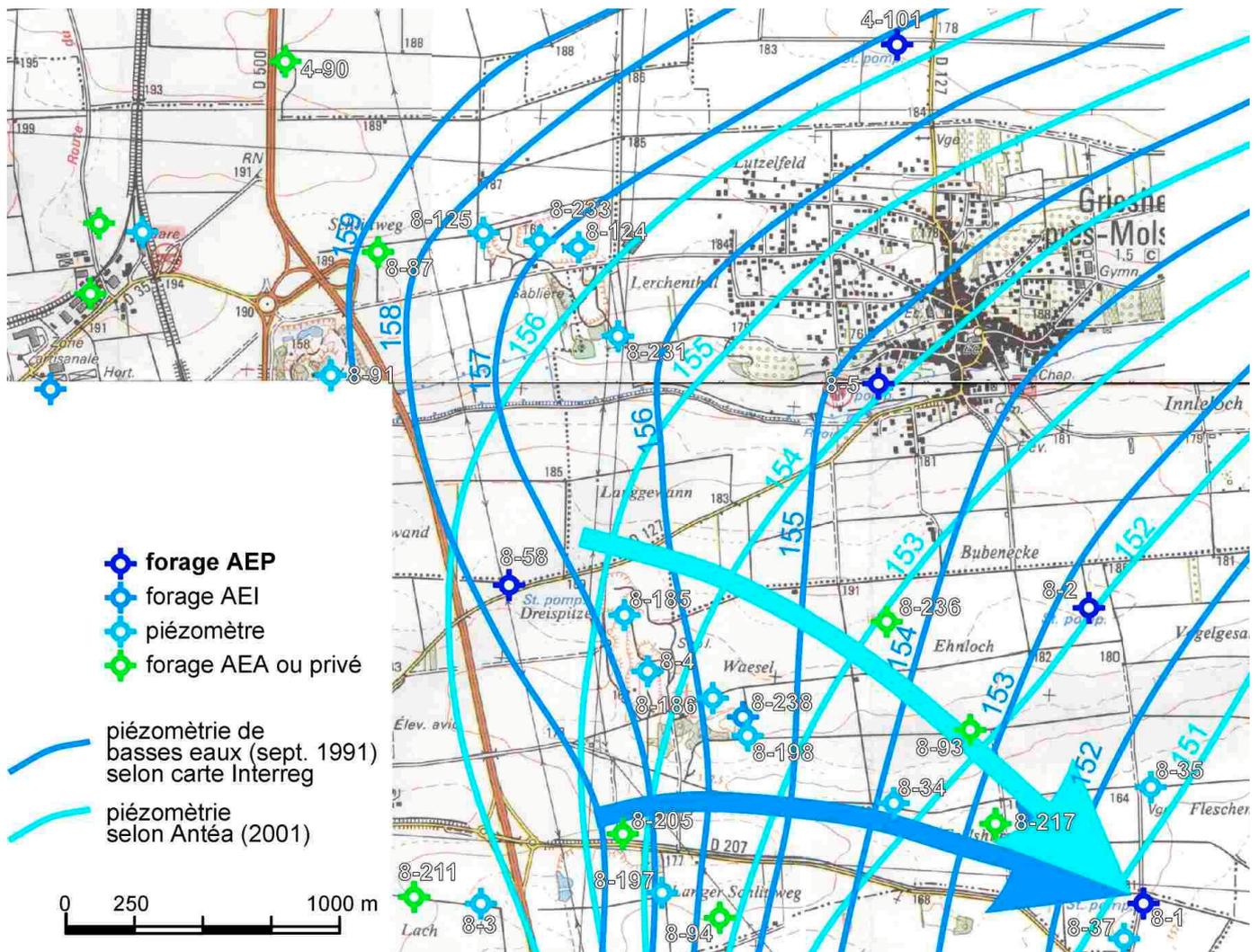
Une telle corrélation indique clairement que le forage attire, en cas de pompage prolongé, un panache nitraté passant à proximité (mais non dans l'axe) de l'ouvrage.

Il apparaît ainsi que le pic des nitrates en 1999 pourrait être dû principalement à un débit d'exploitation élevé, entraînant un élargissement de la zone d'emprunt. La teneur en nitrates serait donc d'environ 23 mg/l environ au droit du forage, sans pompage.



5.1.2. La piézométrie à Griesheim

La piézométrie à Griesheim était assez mal connue : nous donnons ci-dessous les courbes isopièzes provenant de deux études différentes, dont l'une (carte Interreg/région Alsace) sert souvent de référence.



Selon ces cartes, la source des nitrates du forage Griesheim-3 pouvait être recherchée entre Rosheim et Bischoffsheim (Antéa, 2001) ou à Bischoffsheim même (carte Interreg) ; c'est donc dans ce secteur que les risques environnementaux ont été plus particulièrement étudiés. C'est d'après ces mêmes cartes que l'on pouvait craindre une arrivée possible de pesticides sur le forage Griesheim-3 (voir paragraphe 3.1.1. en p 28/90).

Or nous verrons plus loin que notre propre carte piézométrique (voir paragraphe 8.2. en p 65-66/90) est fort différente...

5.1.3. L'enquête environnementale : agriculture et assainissement

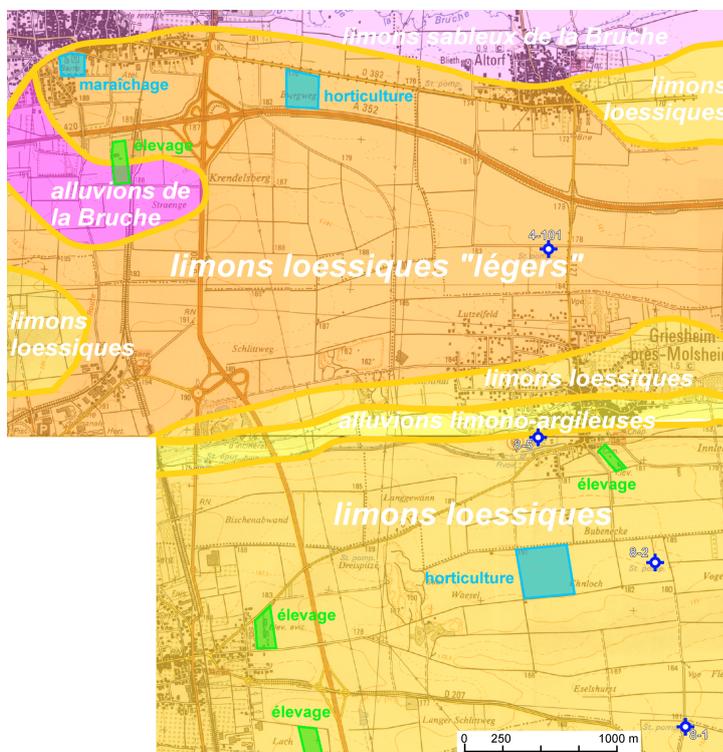
Les forages de Griesheim sont situés dans une zone agricole, dont nous détaillerons les sols.

L'essentiel du territoire est recouvert de limons loessiques, sols très profonds, à réserve utile importante, et à très faible risque de lessivage des nitrates.

C'est dans de tels sols que des études de migration ont été réalisées à Obernai (Richert, 2004). Ces études ont montré une très faible vitesse de percolation des eaux dans les loëss (entre 15 et 25 cm/an !).

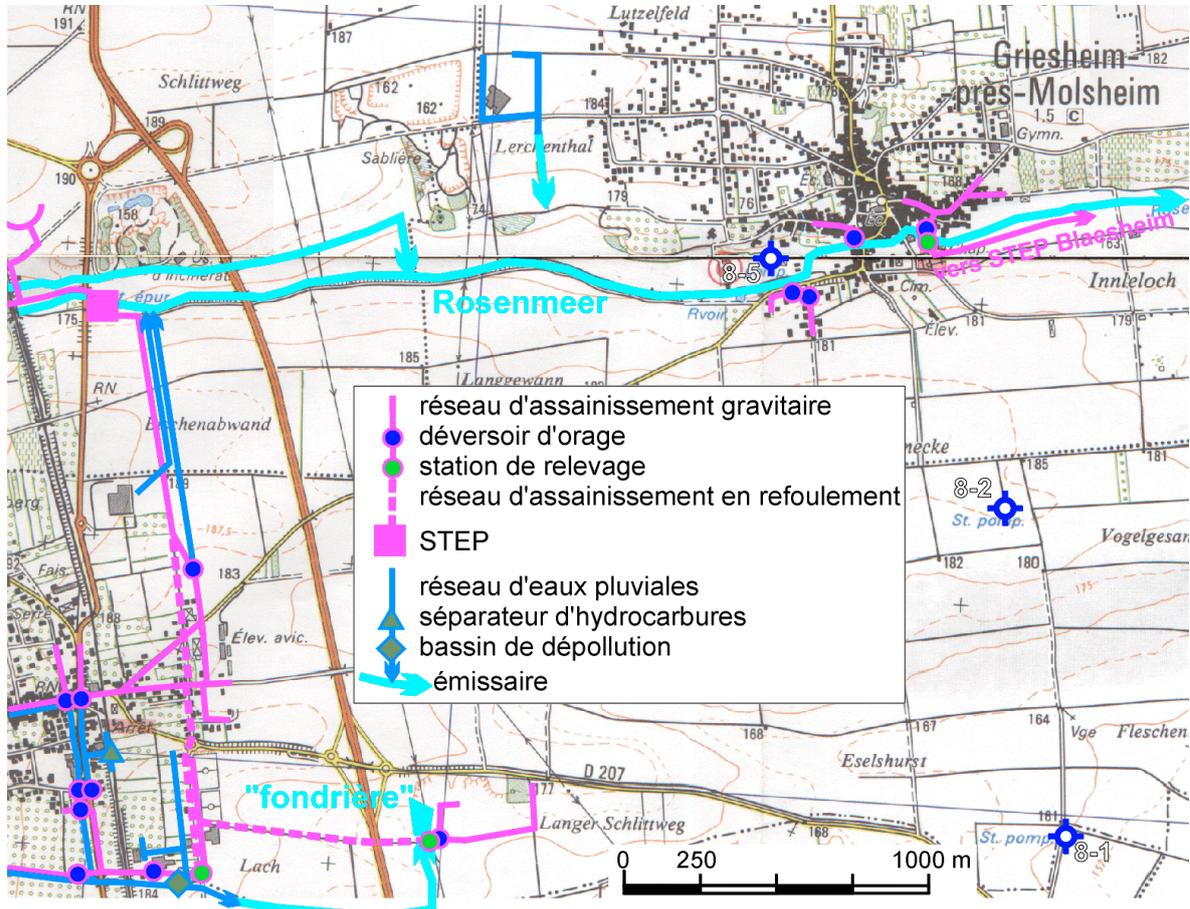
La couche de loëss étant généralement épaisse de 10 m, cela signifie que l'eau infiltrée aujourd'hui mettra entre 40 et 60 ans à la traverser...

Les caractéristiques pédologiques de ces différents sols sont données dans le tableau ci-dessous :



	<i>limons loessiques</i>	<i>limons loessiques "légers"</i>	<i>alluvions limono-sableuses</i>	<i>alluvions de la Bruche</i>	<i>limons sableux de la Bruche</i>
type de sol	sol limoneux calcaire, profond, sur loëss	sol limoneux décarbonaté, profond, sur loëss	sol limono-argilo-sableux, profond, très hydromorphe	sol sableux, peu profond, hydromorphe	sol limono-sablo-argileux, profond, hydromorphe
caractères du sol	prof. : >1,20 m RU : 200-220 mm pour 1,20 m de sol hydromorphie : H0	prof. : >1,20 m RU : 170 mm pour 1,20 m de sol hydromorphie : H0	prof. : >1,00 m RU : 90 mm pour 0,60 m de sol hydromorphie : H3+, H4	prof. : 0,4-0,80 m RU : 60 mm pour 0,50 m de sol hydromorphie : H3	prof. : 0,8-1,20 m RU : 100 mm pour 0,80 m de sol hydromorphie : H2, H3
lessivage des nitrates	risque très limité (classe 1)	risque très limité (classe 1)	risque élevé (classe 4)	risque très élevé (classe 5)	risque moyen (classe 3)
pouvoir épurateur	élevé	suffisant	médiocre ou insuffisant	médiocre ou insuffisant	médiocre ou insuffisant
satisfaction des besoins en eau	suffisante	suffisante	suffisante	très limitée	limitée en été
Comportement en période pluvieuse	ressuyage rapide	ressuyage rapide	submersion en période pluvieuse et en hiver (remontée de la nappe)	inondation locale en période pluvieuse	inondation en période pluvieuse et en hiver (remontée de la nappe)

Le réseau d'assainissement du secteur est illustré par la figure ci-dessous, et appelle quelques commentaires :



Griesheim (1.722 hab. en 1999) dispose d'un réseau unitaire, gravitaire, relié à la STEP de Blaesheim (via une station de refoulement) ; cinq déversoirs d'orage rejettent leur excédent dans le Rosenmeer. Cependant, un réseau des eaux pluviales a été créé sur la zone d'activité à l'ouest du village, avec rejet vers le Rosenmeer ; une habitation (Rihn), en rive droite, n'est pas raccordée et dispose d'un assainissement autonome.

Rosheim (4.548 hab. en 1999) dispose d'un réseau principalement unitaire. 91% des habitations raccordables sont reliées à ce réseau, mais 4% disposent d'une fosse septique (données de 1989). Ce réseau se dirige vers la STEP du Rosenmeer, mise en service en 1995, en remplacement de la précédente qui datait de 1972.

Dix déversoirs d'orage rejettent leur excédent dans le Rosenmeer. Pendant de longues années, les eaux usées de Rosenwiller, à l'amont de Rosheim, étaient rejetées directement dans le Rosenmeer, qui était ensuite capté dans le réseau de Rosheim...

Bischoffsheim (2.768 hab. en 1999) dispose également d'un réseau unitaire et gravitaire, sauf la partie sud-est du village (rue du Stade, zone d'activité "les Acacias") où le réseau est séparatif, avec refoulement des eaux usées ; toutes les eaux usées vont donc vers la STEP du Rosenmeer ; les eaux pluviales du secteur sud-est sont envoyées dans une ancienne sablière.

Nous montrerons cependant que l'assainissement de ces trois villages ne peut être mis en cause pour expliquer les teneurs en nitrates observées à Griesheim (voir paragraphe 9.2.3. en p 81-82/90).

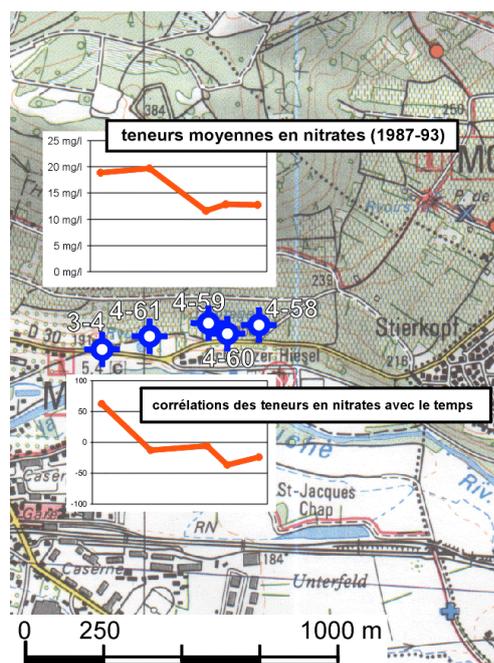
5.2. Les nitrates au Stierkopf

5.2.1. La répartition des nitrates

Les nitrates n'ont malheureusement pas été l'objet du même suivi analytique dans le sprints du Stierkopf que les autres contaminants vu jusqu'ici : nous ne disposons, d'après les données de la DDASS, que de 7 dates (entre 1987 et 1993) où ils ont été analysés dans les cinq puits à la fois...

Nous donnons cependant la carte de répartition suivante, sur ces seules valeurs, qui montre que les deux puits le plus à l'ouest, Stierkopf-4 et -3, sont les plus touchés.

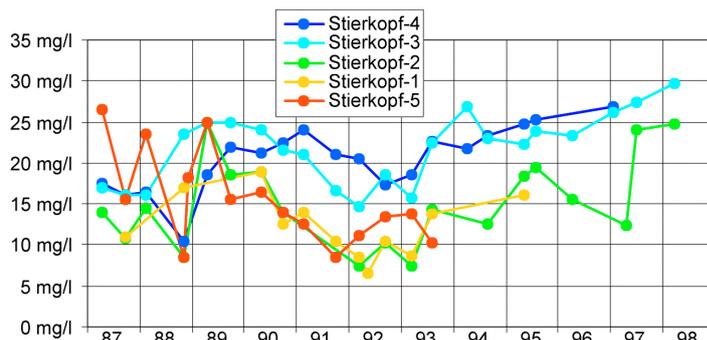
Les corrélations avec le temps montrent que, durant cette période, seul le Stierkopf-4 montrait une augmentation régulière des teneurs en nitrates.



5.2.2. Les données analytiques

Les données analytiques de la DDASS s'étendent cependant plus loin dans le temps, et l'on peut tracer les courbes d'évolution de chacun des puits, qui montrent que les teneurs en nitrates augmentent, en fait, dans pratiquement tous les ouvrages.

Seul le Stierkopf-5 semble être à l'écart de cette tendance, mais les données s'arrêtent à 1993...



L'étude des corrélations des teneurs en nitrates avec les débits pompés (débit mensuel ou débit instantané) s'est révélée impossible : les données relatives aux débits pompés dans chacun des puits (fournies par le SDEA) ne concernent que la période de octobre 1998 à 2006, pour laquelle nous ne disposons pas d'analyse de nitrates par puits.

Pour les éléments majeurs, nous avons utilisé l'ensemble des analyses complètes sur les cinq forages du Stierkopf (24 analyses complètes), en y adjoignant la "position" E-W du forage, donnée par son X Lambert.

	E-W	Cl	Na	SO4	K	Mg	Ca	HCO3	NO3
E-W	81	83	80	54	-10	-34	-60	-62	
Cl	81	100	80	78	7	-36	-56	-77	
Na	83	100	82	78	5	-41	-58	-78	
SO4	80	80	82	65	4	-44	-46	-45	
K	54	78	78	65	1	-3	-44	-36	
Mg	-10	7	5	4	1	-8	49	54	
Ca	-34	-36	-41	-44	-3	-8	49	58	
HCO3	-60	-56	-58	-46	-44	49	49	58	
NO3	-62	-77	-78	-45	-36	10	54	58	

Le tableau de corrélations a déjà été présenté plus haut (voir paragraphe 2.3.3. en p 23/90) ; il montre très nettement la coexistence de deux familles d'eaux :

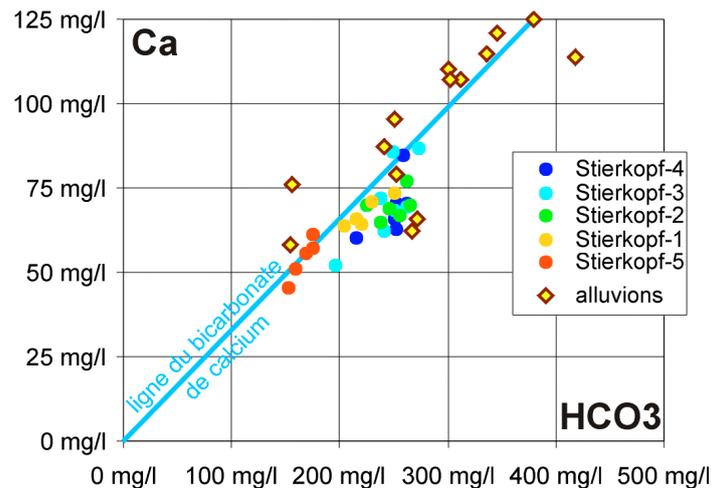
- la première famille, dominante à l'est, est caractérisée par une très forte corrélation entre chlorures, sodium, sulfates et potassium ; il s'agit d'une venue d'eau profonde ;
- l'autre famille peut être qualifiée d'eau superficielle : outre les bicarbonates et le calcium, elle présente des nitrates ;
- le magnésium est en position intermédiaire, mais provient principalement des eaux superficielles (corrélation la plus forte aux bicarbonates).

Les eaux profondes ont été regardées plus haut au sujet de l'arsenic, et nous nous intéresserons surtout ici aux eaux superficielles.

La corrélation entre bicarbonates et calcium peut être mise en graphique. Nous y avons ajouté les valeurs trouvées par ailleurs (Antéa, 1994) pour les puits du Stierkopf ainsi que pour des ouvrages dans les alluvions de la Bruche, sur le ban de la commune de Mutzig.

On voit alors clairement une différence de composition des eaux dans les forages du Stierkopf :

- le Stierkopf-5 est le moins minéralisé en bicarbonates (les chlorures y sont abondants), et les analyses montrent qu'il s'agit alors de bicarbonate de calcium seul,
- pour les forages Stierkopf-4, -3 et -2, il existe un déficit en calcium, indiquant la présence de bicarbonate de calcium dominant, mais aussi de bicarbonate de magnésium,
- le Stierkopf-1 est dans une position intermédiaire,
- pour les eaux des alluvions de la Bruche, certains ouvrages (situés en bordure nord de la voie ferrée) montrent un déficit en calcium, comme dans les forages les plus à l'ouest du Stierkopf,
- mais la plupart des ouvrages montrent un léger excès de calcium, associée à des teneurs un peu élevée en sulfates : il s'agit de mise en dissolution de gypse, présent dans les formations du Muschelkalk et du Keuper (Trias moyen et supérieur), par exemple au nord de Dinsheim,
- enfin, en dehors de deux ouvrages (situés au sud de la voie ferrée, donc loin des puits du Stierkopf) qui présentent 150 mg/l de bicarbonates, tous les autres ont une minéralisation beaucoup plus élevée (supérieure à 240 mg/l de bicarbonates), et généralement *plus élevée* que celle des puits du Stierkopf.



Enfin, on notera que les analyses de l'eau de la Bruche à Gresswiller (à quelques kilomètres à l'amont, donc : Antéa, 2003) montrent que, depuis 1997, les teneurs en bicarbonates sont restées comprises entre 22 et 68 mg/l (et la teneur en nitrates n'y a d'ailleurs jamais dépassé 8 mg/l).

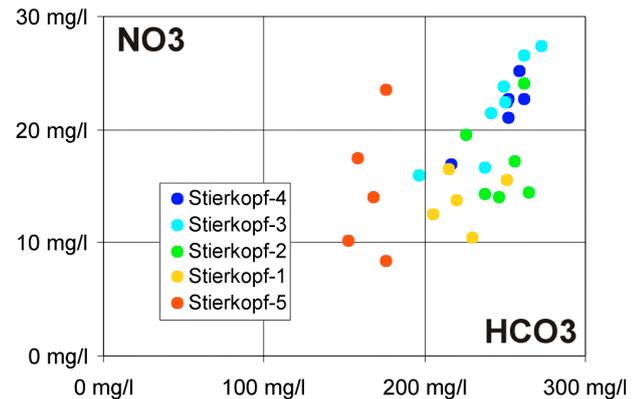
Une alimentation des forages du Stierkopf par de l'eau en provenance des alluvions de la Bruche devrait donc avoir pour effet d'augmenter leur teneur en bicarbonates. Il n'est cependant pas possible d'en déduire que les trois forages à l'ouest reçoivent de l'eau de ces alluvions, car une bonne part de leur bicarbonates provient du Trias encaissant...

On notera incidemment qu'il n'existe pas de point d'accès à la nappe dans les alluvions de la Bruche sur sa rive gauche.

La corrélation entre bicarbonates et nitrates peut également être mise en graphique. Nous y avons encore ajouté les valeurs trouvées par ailleurs (Antéa, 1994) pour les puits du Stierkopf.

On peut y faire plusieurs constatations :

- dans les forages Stierkopf-4 et -3, les nitrates sont assez bien corrélés, ce qui accrédite l'hypothèse que ces nitrates peuvent être amenés par les eaux des alluvions de la Bruche,
- dans le forage Stierkopf-5, les teneurs en nitrates semblent indépendantes de la teneur en bicarbonate (qui varie très peu),
- les deux autres forages présentent une situation intermédiaire, moins claire.



Il serait donc possible d'envisager un apport de nitrates depuis les alluvions de la Bruche pour les deux premiers puits, et depuis "ailleurs" pour le forage le plus à l'est...

5.2.3. L'enquête environnementale : l'assainissement

Le rôle possible de l'agriculture et son extension locale (vignoble) a été envisagé à propos de l'atrazine (voir paragraphe 3.2.3 en p 33/90). Ce vignoble pourrait également être la source des nitrates.

Mais une autre source possible de nitrates est le réseau d'assainissement.

La commune de Mutzig (5584 hab. en 1999) dispose d'un réseau unitaire, exclusivement gravitaire.

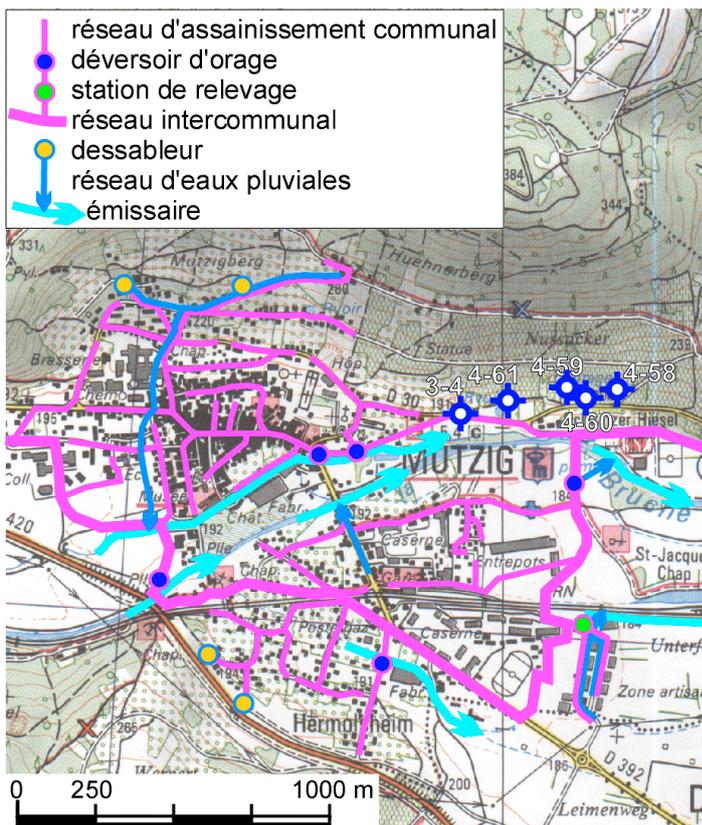
[A l'exception de la zone artisanale, sur la route de Dorlisheim, qui dispose d'un réseau séparatif et d'une station de relevage vers le collecteur intercommunal].

Le réseau intercommunal, en provenance de Gresswiller et Dinsheim, passe *sous la Bruche* à deux reprises, et se poursuit vers Molsheim et la station d'épuration.

Les rejets des déversoirs d'orage se font soit dans le Bruche, soit dans le Canal de la Bruche, soit, au sud de la voie ferrée, dans des fossés.

Les eaux usées d'une grande partie de la ville de Mutzig (le centre ville, en fait) sont collectées en rive gauche du Canal de la Bruche ; elles sont alors acheminées vers le collecteur intercommunal sous la route passant devant les forages Stierkopf-4 et -3.

Le plan détaillé montre que ce collecteur (Ø800) passe à 18 m seulement (bouche n°1075) du forage Stierkopf-4. Cependant, nous montrerons plus loin, par les analyses effectuées, que cette proximité ne peut être mise en cause, le problème étant beaucoup plus général sur le secteur (voir paragraphe 9.1.4., et en particulier la figure de la p 75/90).



6. Les diagraphies

6.1. Les diagraphies au Stierkopf

6.1.1. Les premières diagraphies

Des diagraphies ont d'abord été réalisées dans le forage Stierkopf-5, par la société Terratec, le 26 avril 2006 ; rendues très délicates par l'étroitesse (et l'irrégularité) de l'espace entre les brides de la colonne de refoulement et l'équipement du forage, elles se sont avérées impossibles pour le micromoulinet. Il est cependant intéressant de commenter ces diagraphies, réalisées avec la pompe d'exploitation normale, placée à 48,70 m de profondeur.

Le point de référence a été pris au sommet du rebord du capot-regard en surface, soit approximativement au niveau du sol.

Le niveau de l'eau se trouvait à 28,20 m.

Au repos, la courbe de conductivité montre trois sections bien différenciées, en remontant :

- depuis la base, la conductivité est pratiquement constante à 6300-6500 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- puis elle décroît brutalement pour descendre à 935 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 33,60 m ;
- elle reste ensuite stable vers 930 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

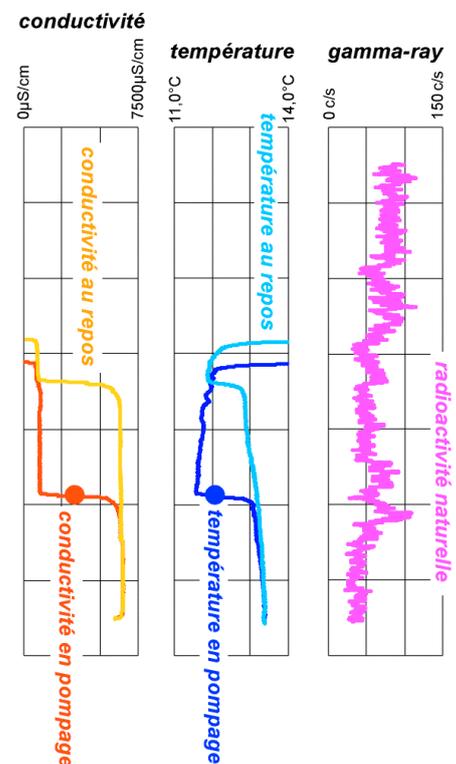
En pompage, la courbe montre les variations suivantes (toujours en remontant) :

- depuis la base, une conductivité pratiquement constante à 6500 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- avec une petite chute à 54,90 m (arrivée d'eau plus douce), qui amène la conductivité à 6350 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- une chute brutale de conductivité vers 48,90 m, correspondant à la position de la pompe,
- la conductivité au-dessus de la pompe étant de 1080 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- entre 37,90 et 34,00 m, une petite venue d'eau peu salée (maximum 1130 $\mu\text{S}/\text{cm}$), le sommet de la crépine étant sans doute très proche.

Il est à noter que la petite baisse de conductivité observée au fond du forage (6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) n'est pas comprise (plongée dans un dépôt de boue ?).

La température confirme ces données, avec une venue d'eau profonde *chaude* (13,4°C) et des eaux plus froides en surfaces (<12°C) ; lors de l'arrêt de l'ouvrage, les eaux profondes, chaudes et très minéralisées, envahissent la totalité de l'ouvrage, montrant qu'elles arrivent "sous pression" (artésianisme !).

Le gamma-ray, enfin, ne montre rien de particulier ; en effet, si l'augmentation de radioactivité observée entre 45 et 53 m correspond exactement à une portion de tubage plein avec cimentation à l'extrados, on ne sait pas si ce tubage plein a été placé pour permettre de placer la pompe (c'est effectivement la position de la pompe d'exploitation), ou pour masquer une passée argileuse dans la série stratigraphique...



6.1.2. Les diagraphies complémentaires

De nouvelles diagraphies ont été réalisées, toujours dans le forage Stierkopf-5 par la société Terratec, le 18 mai 2006, après que le SDEA ait retiré la colonne de pompage. Une pompe de 16 m³/h a été alors installée, à une profondeur variable selon les opérations à effectuer :

- à 31,50 m de profondeur pour le micromoulinet en pompage (pompe en haut),
- à 61 m de profondeur pour la conductivité et la température (pompe en bas, de manière à connaître la qualité de l'eau qu'il serait possible d'obtenir après modification de l'ouvrage),
- à 57 m de profondeur enfin, pour effectuer des prélèvements d'eaux (réalisés par le CAR) à différentes profondeurs : 62 m (eau en provenance du fond), 54 m, puis 34 m ; de nouvelles diagraphies ont encore été réalisées ensuite.

La diagraphie du forage Stierkopf-1 n'a pas été possible ce jour-là, les conditions météorologiques interdisant l'accès en véhicule 4x4 à l'ouvrage...

Dans le Stierkopf-5, les diagraphies du 18 mai montrent les résultats suivants :

Le niveau de l'eau se trouvait toujours à 28,20 m.

Les courbes de conductivité se superposent exactement au-dessus de la pompe, mais elles diffèrent selon la position de celle-ci :

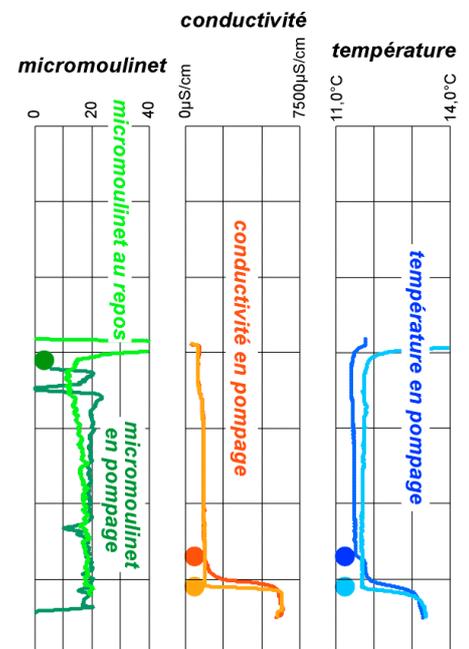
- pompe à 61 m, la chute est brutale au niveau de la pompe, montrant l'absence de venue minéralisée au-dessus de 61 m,
- pompe à 57 m, la chute est progressive entre 61,5 et 57 m, démontrant l'existence d'une venue d'eau douce entre 57 et 61 m.

Les courbes de température permettent de préciser ces constatations :

- pompe à 61 m, on retrouve le même schéma, avec une chute brutale au niveau de la pompe,
- pompe à 57 m par contre, le changement de température au niveau de la pompe montre que la venue d'eau douce profonde est plus chaude que les venues superficielles (elle est suffisante pour diluer la salinité de la venue minéralisée, mais pas pour faire retomber la température).

Le micromoulinet au repos, enfin, montre qu'il existe une circulation ascendante d'eau, qui est absorbée par le massif principalement entre 35 et 48 m. Le micromoulinet en pompage est plus difficile à interpréter : il est perturbé par des arrêts de l'hélice, très vraisemblablement dus à des particules en suspension dans l'eau du puits (rouille) à la suite des différentes manipulations réalisées ; les arrivées principales d'eau semblent cependant avoir lieu vers 33 à 38 m.

Le micromoulinet ne permet donc pas de quantifier les venues d'eaux, mais les autres données le permettent : la courbe de température indique que la venue minéralisée profonde présente un débit *au plus égal* à 16% de celui de la venue comprise entre 57 et 60 m ; cette venue n'étant d'ailleurs pas la plus importante des venues d'eau douce, on voit que la venue minéralisée ne représente qu'une très faible part de l'alimentation du forage (mais avec une eau très minéralisée...).



6.1.3. L'inspection vidéo : cotes de l'ouvrage

Pour mémoire, le SDEA a également fait réaliser, le 18 mai 2006 encore, une inspection vidéo du forage Stierkopf-5, par Herli-France.

Les observations effectuées sont notées dans le tableau suivant, qui reprend les différentes cotes utilisées (en italique, cotes non observées mais déduites par le calcul) :

	cotes depuis surface	cotes Herli	plan ancien
sommet capot-regard	0,00	-	
sommet tubage dans la cave	3,05	0,00	
sommet tubage Ø350	23,95	20,90	23,26
niveau piézométrique	28,15	25,10	
sommet crépine	<i>28,46</i>	<i>25,41</i>	<i>27,77</i>
sommet passage en tube plein	<i>43,69</i>	<i>40,64</i>	<i>43,00</i>
base passage en tube plein	<i>51,99</i>	<i>48,94</i>	<i>51,30</i>
fond actuel	63,85	60,80	

6.1.4. Conclusion

Il apparaît donc bien que l'eau minéralisée arrive par le fond de l'ouvrage. En effet, l'eau minéralisée arrive par le bas, et sous une certaine pression ; lorsque le puits est au repos, elle envahit donc tout l'ouvrage ; ceci explique que certaines analyses paraissent anormales, car trop "minéralisées" : lorsqu'un prélèvement est effectué juste après la mise en route de l'ouvrage, il n'est constitué que d'eau profonde, très minéralisée. Par exemple, l'analyse du 3 novembre 1988 (donnée de la DDASS) montrait une conductivité de 3065 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (corrigée à 25°C), avec 730 mg/l de chlorures, 440 mg/l de sodium, 21 mg/l de potassium et 214 mg/l de sulfates...

6.2. Les diagraphies à Griesheim

6.2.1. Les premières diagraphies

Des diagraphies ont été réalisées dans le forage de Griesheim-2, par la société Terratec, le 26 avril 2006 ; elles ont été rendues délicates par l'étroitesse (et l'irrégularité) de l'espace entre les brides de la colonne de refoulement et l'équipement du forage.

Le point de référence avait été pris au sommet du tubage, dans le local enterré, soit à (environ) 2,70 m de profondeur par rapport à la surface du sol. Les courbes sont présentées avec ce décalage de 2,70 m, c'est-à-dire en profondeur par rapport à la surface du sol.

Le niveau de l'eau se trouvait donc à 31,20 m.

Au repos, la courbe de conductivité montre trois sections bien différenciées, en remontant :

- depuis la base, et jusqu'à 56 m, la conductivité décroît doucement de 1740 à 1175 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- puis après un long palier autour de 1175 $\mu\text{S}/\text{cm}$, elle chute à 795 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre 42,70 et 39,50 m ;
- elle reste ensuite stable à 790 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

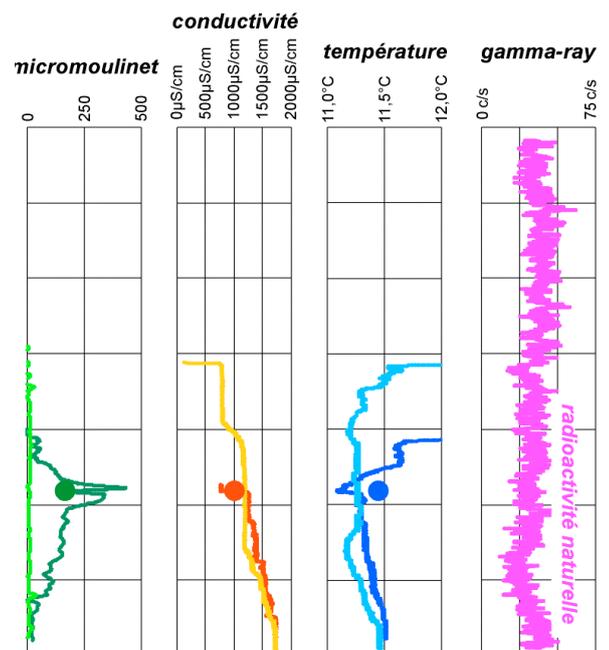
En pompage, la courbe montre une chute brutale de conductivité (toujours en remontant) vers 48,30 m, correspondant à la position de la pompe ; au-dessus de la pompe, la conductivité est stable à 785 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (à partir de 47,50 m, la fin de courbe est inexploitable, sans doute du fait de la proximité des câbles de la pompe, provoquant des interférences électroniques).

On remarque des petits décrochements, sur la courbe de conductivité en pompage (à 57,80 m et à 52,50 m), qui correspondent à des arrivées d'eau plus douce, qui permettent de diluer un peu les eaux en provenance du fond du forage.

La température confirme à peu près ces données, avec une venue d'eau froide entre 56 et 58 m ; il est par ailleurs curieux de constater que les eaux les plus superficielles (41-45 m) sont, en pompage, plus chaudes (11,6°C) que les eaux profondes (11,3 à 11,5°C).

Le micromoulinet au repos montre une courbe très plate, indiquant qu'il n'existe pas de circulation sensible d'eau dans l'ouvrage. Le micromoulinet en pompage n'est pas interprétable quantitativement, la pompe étant située au milieu des venues d'eau. On remarque cependant les venues d'eau principales au-dessus de 50,80 m ; les venues d'eau inférieures sont de bien moindre importance ; on note ces venues vers 57,50 et 62,50 m.

Le gamma-ray, enfin, ou radioactivité naturelle, montre, comme généralement en plaine d'Alsace, que les argiles ne sont pas radioactives (car non potassiques).



6.2.2. Les diagraphies complémentaires

De nouvelles diagraphies ont été réalisées, toujours dans le forage Griesheim-2 par la société Terratec, le 13 décembre 2006, après que le SDEA ait retiré la colonne de pompage. Une pompe de 10 m³/h a été alors installée, à une profondeur variable selon les opérations à effectuer :

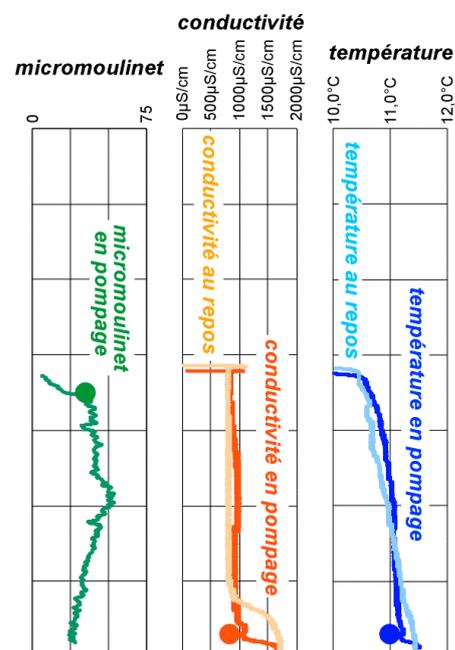
- à 35 m de profondeur pour le micromoulinet en pompage (pompe en haut),
- à 67 m de profondeur pour la conductivité et la température (pompe en bas, de manière à connaître la qualité de l'eau qu'il serait possible d'obtenir après modification de l'ouvrage).
- c'est lors de ce pompage qu'ont été effectués des prélèvements d'eaux (réalisés par le CAR) à différentes profondeurs : 68 m (eau en provenance du fond) et 53 m.

Lors de cette opération, la conductivité au repos montre une différence avec la diagraphie réalisée en avril : la passage des fortes conductivité (1690 µS/cm à la base du forage) aux conductivités plus faibles de fait beaucoup plus bas dans le forage ; le passage à moins de 1000 µS/cm se fait à 62,80 m, au lieu de 40,45 m en avril...

La cause n'en est pas comprise : la nappe est sensiblement au même niveau (31,40 m en décembre, 31,20 m en avril).

La conductivité en pompage (pompe à 67 m) montre clairement une eau profonde minéralisée (1680 µS/cm), une eau moins minéralisée (915 µS/cm) venant d'en haut, mais avec une arrivée d'eau minéralisée dès 65,60 m (portant le mélange descendant à 1070 µS/cm).

La température en pompage montre un résultat similaire, avec une eau profonde légèrement plus chaude (11,5°C) que celle venant d'en haut (11,2°C). Mais les eaux plus fraîches (<11°C) ne se rencontrent qu'au-dessus de 48 m environ.



6.2.3. Conclusion

Des diagraphies réalisées, on peut en déduire qu'il existe une venue d'eau profonde, bien minéralisée, qui arrive "sous pression" depuis le fond du forage, puisque cette eau minéralisée occupe la presque totalité du forage après 12 h environ de mise au repos de l'ouvrage. Le débit reste cependant faible, puisque le moulinet au repos ne le détecte pas (il est vrai que la section de l'équipement est large : Ø300).

Si cette eau profonde est celle qui amène arsenic, chlorures et sodium (ce qui est vraisemblable), alors cette arrivée sous pression explique parfaitement la corrélation inverse avec le niveau de la nappe : la pression d'arrivée doit être de l'ordre de 0,2 à 0,25 bars, puisqu'une hauteur de nappe de 154,5 m dans le piézomètre 271-8-35 (soit 2 à 2,5 m de plus que le niveau habituel) devrait arrêter toute venue profonde, la pression de la nappe "superficielle" contrebalançant la venue sous pression.

La coupe géologique montre qu'il existe deux aquifères superposés :

- l'aquifère supérieur (31,5-52,4 m) qui fournit la plus grande partie de l'eau,
- un aquifère inférieur (59,6-70,8 m) avec seulement de faibles venues d'eau, mais très minéralisées,

Ces aquifères sont séparés par une zone argileuse de 7 m de puissance ; au-dessous, les argiles sableuses rencontrées rappellent les "lehms jaunes" rencontrés sous les alluvions, parfois sur des épaisseurs dépassant 70 m, dans certains sondages miniers du Bassin Potassique. Cette formation représente vraisemblablement un Quaternaire ancien, ou même du Pliocène.

L'origine des eaux profondes (chargées en arsenic, chlorures et sodium) peut être assez éloignée, puisque la température de cette venue n'est pas "chaude" comme on pourrait l'attendre d'une eau venant directement des profondeurs... Il est donc illusoire de vouloir localiser, sous une telle profondeur d'alluvions, l'éventuelle faille source des eaux minéralisées.

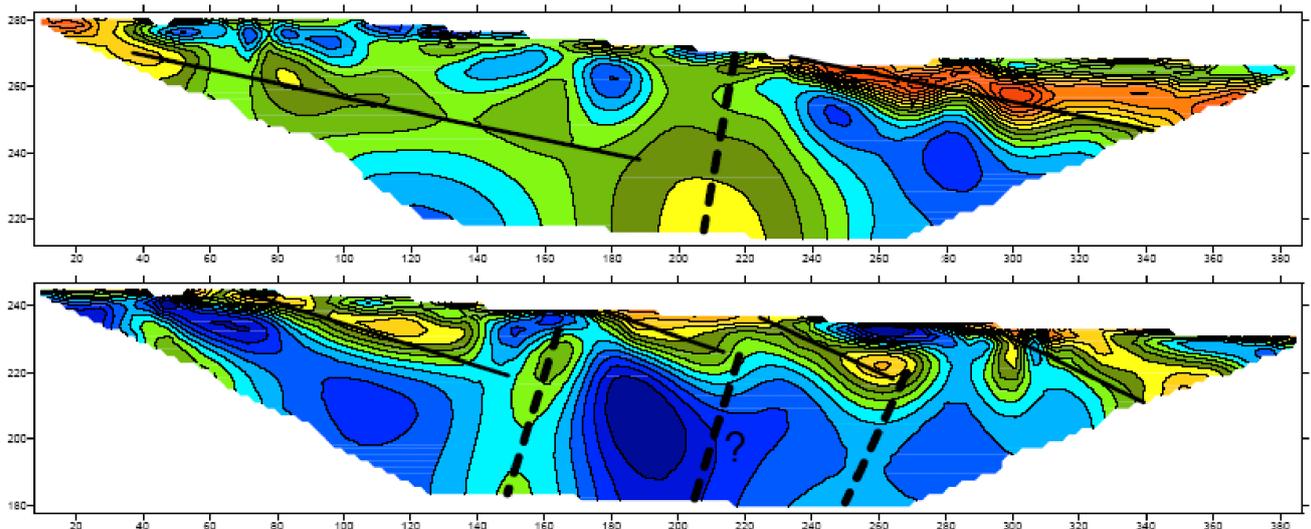
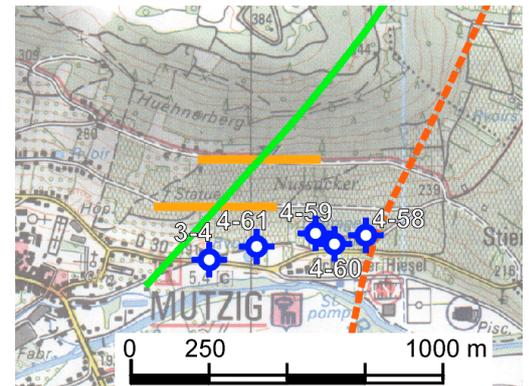
7. Le nouveau piézomètre

7.1. La géophysique

L'objectif du piézomètre profond était de vérifier la faille oblique qui, d'après la carte géologique, prend en écharpe la colline du Stierkopf (en vert sur la carte ci-contre). Il importait donc, dans un premier temps, de localiser plus précisément le tracé de cette faille.

Deux profils géophysiques ont donc été réalisés (en orange sur la carte ci-contre) sur les deux chemins d'exploitation viticole qui recoupent, à peu près horizontalement, le flanc sud de la colline du Stierkopf.

Les résultats sont donnés sur les coupes ci-dessous, les terrains les plus résistants (dolomie et grès) étant en bleu, les plus conducteurs (argiles et marnes) étant en rouge (voir également en Annexe 11).



On constate, sur ces coupes, plusieurs points :

- le pendage général des couches est très nettement dirigé vers l'est (vers la plaine d'Alsace),
- il existe des failles recoupant les formations ; mais, contrairement à ce que dessine la carte géologique, ces failles sont "contraires inverses", et compensent à chaque fois le pendage...
- la faille recherchée est probablement celle qui passe au pm 220 sur le profil nord, au pm 165 sur le profil sud.

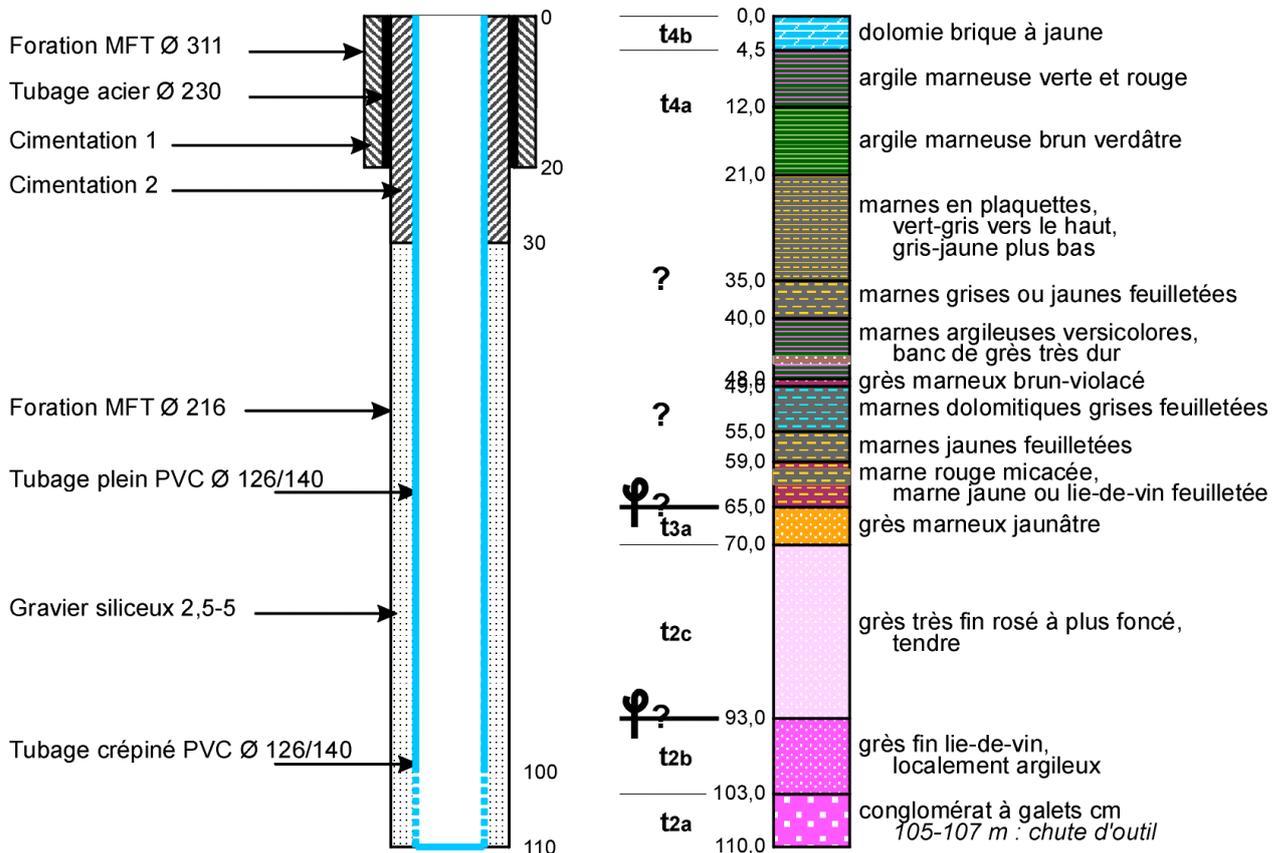
Destiné à explorer la nappe à l'aplomb de cette dernière faille, le piézomètre profond n'a cependant pu être implanté qu'à son aval, au pm 272 du profil nord (sur le chemin supérieur).

7.2. Le piézomètre

Ce piézomètre a fait l'objet des déclarations réglementaires nécessaires :

- déclaration à la MISE au titre de la "Loi sur l'Eau" (Jaillard, 2006),
- déclaration à la DRIRE au titre de l'article 131 du Code minier (faite le 14/11/06 par Vauthrin-Forages),
- déclaration à la BSS (Banque du Sous-Sol) : n°BSS 271-4-281.

Il a été réalisé par Vauthrin-Forages, le chantier s'étant étalé du 23/11/06 au 4/12/06. Destiné à établir la qualité de la nappe au droit de la faille recherchée, il a été gravillonné sur presque toute sa hauteur pour récupérer d'éventuels suintements, alors que le niveau de la nappe se trouve à 90 m de profondeur...



Des pompages ont été effectués par le foreur, pour nettoyer l'ouvrage, puis pour permettre le prélèvement d'eau pour analyse par le CAR (le 01/12/06, le laboratoire ne disposant pas de pompe permettant de pomper à cette profondeur). Le rabattement spécifique a été de 4,4 m/m³/h (soit un débit spécifique de l'ordre de 6.10⁻⁵ m²/s). A noter la température élevée de l'eau pompée (21 °C !).

Sa coupe géologique n'a pas pu être interprétée en totalité : les marnes ont été traversées sur une puissance très importante (60 m), et représentent sans doute des répétitions de séries par faille. Les grès ne sont touchés qu'à 70 m de profondeur.

8. La campagne piézométrique

A l'origine, le marché prévoyait une campagne piézométrique avec dix points de mesures ; l'avenant n°1 a augmenté ce nombre à quarante points, permettant de les répartir avec une vingtaine de points par secteur.

Une première campagne de mesure a donc été réalisée sur plusieurs jours, les 30 novembre, 1^{er} et 4 décembre 2006.

Pour permettre une interprétation rigoureuse des mesures effectuées, le nivellement des points de mesure a été également réalisé ; non prévue au marché initial, cette opération a été prise en charge directement par le SDEA, et réalisée par Faber & Schaller de Sélestat, avec notre participation.

On trouvera en Annexe 3 les levés topographiques de Faber & Schaller, ainsi que nos relevés de la piézométrie.

Sur chacun des deux secteurs, les résultats ont montré que les sources de certains contaminants devaient être recherchés plus à l'amont, ce qui a justifié l'extension de cette campagne vers l'amont (par un avenant n°2).

Une deuxième campagne de mesure a donc été réalisée, après recherche de nouveaux ouvrages, le 19 juillet 2007, avec levé topographique par le cabinet Frey de Molsheim. On trouvera en Annexe 3 les levés topographiques du Cabinet Frey, ainsi que nos relevés de la piézométrie.

8.1. La piézométrie au Stierkopf

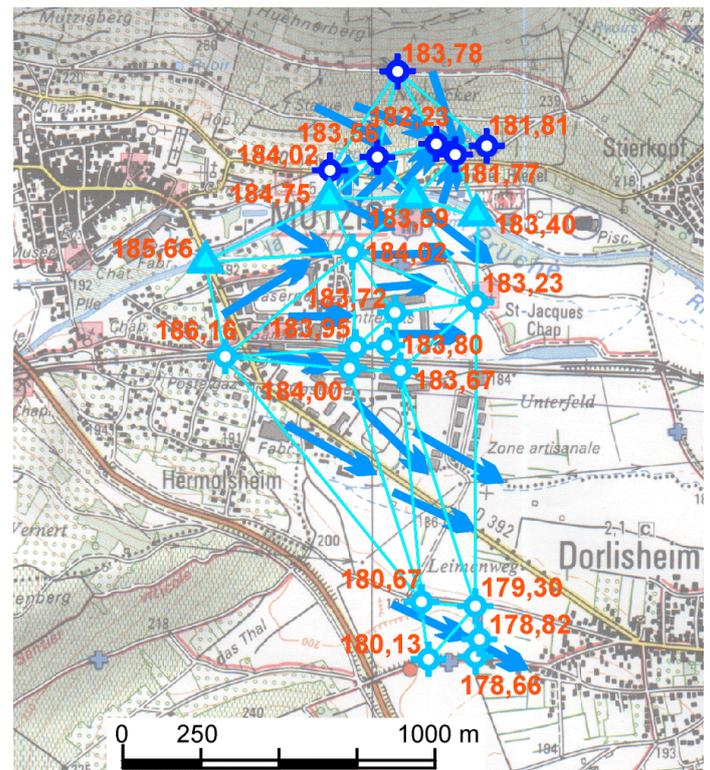
Sur le secteur du Stierkopf, rappelons tout d'abord que le piézomètre profond a été réalisé dans le but, entre autres, de connaître le niveau de la nappe en cet endroit. Les points mesurés lors de la première campagne ont donc été, du nord au sud :

- le piézomètre profond ;
- les cinq puits du Stierkopf ; ces puits ont été mesurés entre 8h et 9h du matin, alors que le pompage était arrêté sur les cinq puits entre 7h et 9h ("heures pleines") ; on pouvait donc espérer un retour vers le niveau statique ;
- la Bruche au pont dans la ville de Mutzig (depuis le parapet) ; ce point a été mesuré à nouveau lors des levés topographiques, et la différence de niveau (montée de 11 cm) a été retranchée des trois autres mesures de la surface de la rivière réalisées par le topographe : on a donc ainsi quatre points du niveau de la rivière, en donnant un profil exact (en période de basses eaux) ;
- huit ouvrages dans la ville de Mutzig, dont six sont des ouvrages réalisés en 1993 pour reconnaître la pollution par les solvants chlorés,
- enfin, cinq ouvrages autour de l'ancienne décharge de Dorlisheim.

Une fois les cotes de la nappe définies, les directions d'écoulement ont été calculées mathématiquement dans 21 triangles qui ont pu être tracés entre les points de mesure, et reportés sur carte.

Il apparaît clairement :

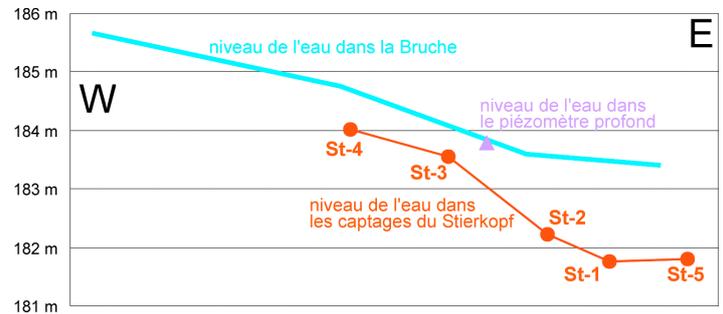
- que la Bruche alimente fortement la nappe, aussi bien au sud (plaine alluviale) qu'au nord (captages du Stierkopf) [à moins qu'elle ne soit suspendue, mais la pollution au pentachlorophénol en 1990 montre que tel n'est pas le cas],
- que le rabattement résiduel du champ captant du Stierkopf est resté très important, le versant de la colline alimentant ce cône,
- que, dans la plaine de la Bruche, la direction d'écoulement de la nappe est orientée vers l'Est au nord du chemin de fer, mais vers le sud-est au sud de la voie ferrée.



Ces données sont très différentes de celles qui étaient envisagées auparavant (Antéa, 1993 par exemple), lorsque l'on faisait couler l'ensemble de la plaine alluviale vers le nord-est, «convergeant vers cet axe de drainage» que devait constituer la rivière... On est bien souvent perpendiculaire à la direction autrefois envisagée.

Il est également intéressant de regarder les rapports exacts entre les captages du Stierkopf et la Bruche. Nous avons donc projeté, sur une coupe ouest-est, les niveaux d'eau mesurés dans la rivière et dans les captages.

Il est remarquable que tous les captages montrent un niveau largement inférieur à celui de la rivière ; la différence atteint 1,50 m au droit du Stierkopf-1.



Il n'est pas possible d'interpréter exactement la différence de niveau entre chacun des captages et la rivière : de nombreux paramètres peuvent intervenir, qui ne sont pas tous connus : le rabattement résiduel de chaque ouvrage dépend de sa transmissivité, qui n'est pas connue faute de pompages d'essais ; le temps de pompage au cours des quelques jours précédents joue également un rôle, de même que la distance à la rivière.

On constate par exemple que le niveau dans le Stierkopf-5 est plus haut que dans le Stierkopf-1 ; il est possible qu'une alimentation préférentielle par la rivière permette ce retour plus rapide à un équilibre, mais les conditions hydrodynamiques propres du forage peuvent également l'expliquer.

On retiendra cependant que, même après un arrêt de deux heures, la rivière alimente les forages. On le savait, au moins pour le Stierkopf-5, depuis la pollution au pentachlorophénol en juin 1990. Mais c'est très probablement vrai pour l'ensemble des captages.

On notera enfin que la Bruche était en basses eaux lors de nos mesures. Les relevés de débit montraient alors $4 \text{ m}^3/\text{s}$ à Wolxheim, loin des $68 \text{ m}^3/\text{s}$ du 4 octobre 2006 par exemple.

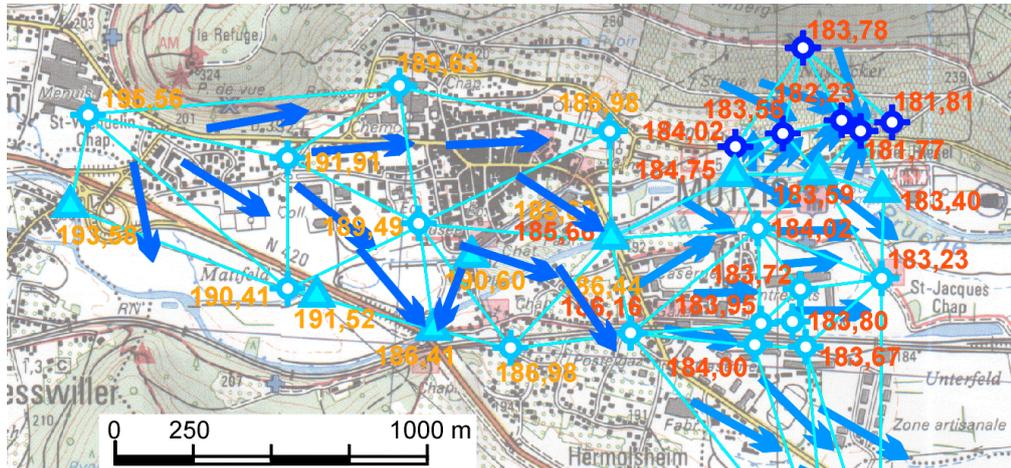
On peut ainsi conclure que, en toutes circonstances, **la Bruche participe à l'alimentation des captages du Stierkopf.**

Il est également intéressant de comparer ces données au niveau d'eau dans le piézomètre profond, situé sur la colline à l'aplomb des captages du Stierkopf : le niveau de la nappe des grès à cet endroit est très exactement le même que celui de la Bruche juste au sud. Ceci est en accord avec le niveau qui nous a été annoncé par les militaires pour leur forage du sommet de la colline, vers la cote 182 ou 183 en juin 2003 (soit sans doute 1 ou 2 m plus haut actuellement).

La direction d'écoulement de la nappe des grès sous la colline du Stierkopf semble donc être de l'ouest vers l'est (soit directement de Still à Molsheim, ou même à Avolsheim), mis à part l'inflexion, sans doute locale, due aux pompages des forages du Stierkopf.

L'extension de la campagne piézométrique vers l'amont a permis de préciser ces directions.

Le canal usinier de la Bruche ("canal Couleaux") a été mesuré en deux points : ces mesures montrent un niveau d'eau situé plus de 1 m au-dessus de la nappe dans le secteur ; on peut donc considérer que ce canal est étanche, et ne participe pas aux échanges nappe-rivière.



Sous la colline du Stierkopf, ou plus exactement sous la ville de Mutzig, au nord de la rue principale, les directions d'écoulement sont orientées plein est, conformes à ce que l'on présentait pour la colline entre Still et Avolsheim.

Par contre, au sud de la route entre Dinsheim et Mutzig, les directions sont orientées franchement vers le sud-est, témoignant d'une forte alimentation de la Bruche par la nappe ; il est à noter que l'on ne sait pas ce qui se passe sur la rive droite de la Bruche à ce niveau, la rivière coulant ici à proximité du massif gréseux de sa rive droite...

On arrive donc, pour ce secteur, à un schéma assez complexe, où l'on peut dire que :

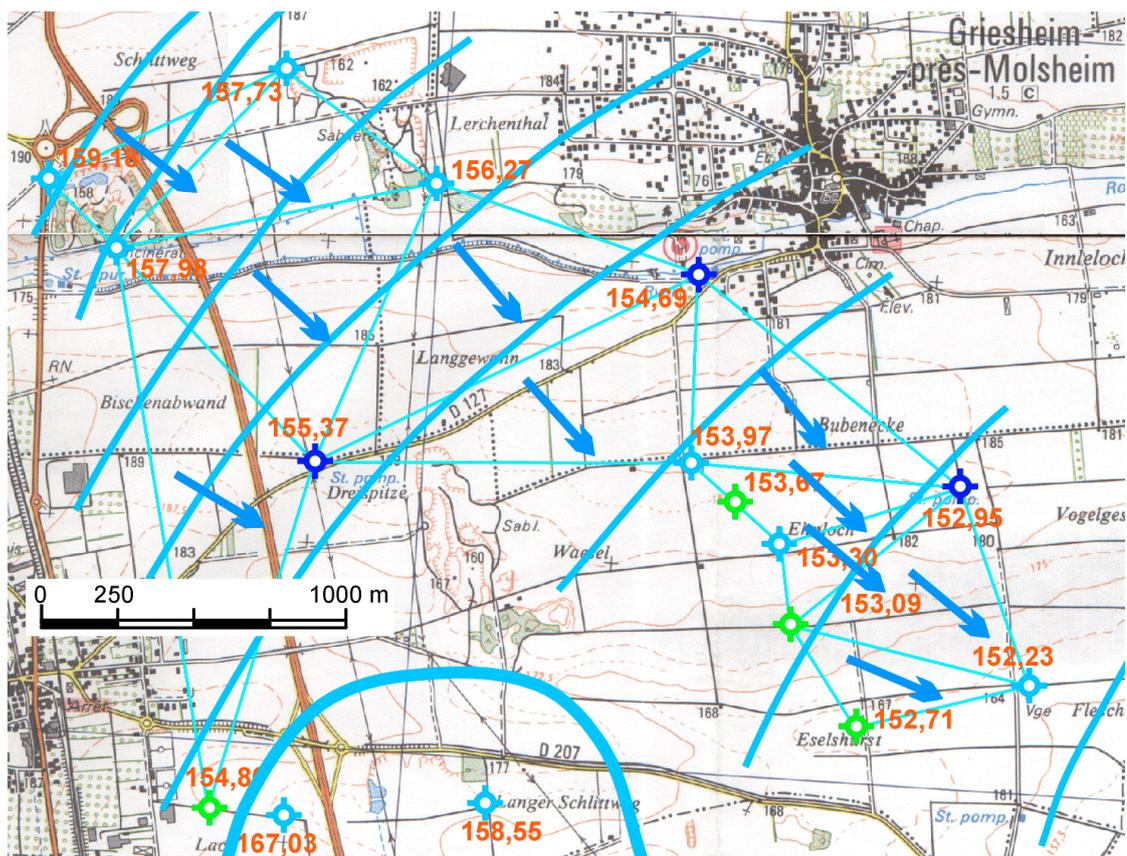
- à l'amont de Mutzig, la nappe sous la colline coule plein est,
- mais dans la vallée, elle alimente la Bruche ;
- à partir de Mutzig, c'est la Bruche qui alimente la nappe, du moins sous l'effet des pompages des puits du Stierkopf,
- alors que la nappe continue (probablement) plein est sous la colline,
- ainsi sans doute que dans la partie médiane de la vallée (au nord de la voie ferrée) ;
- par contre au sud-est de Mutzig (en particulier au sud de la voie ferrée), la nappe dans les alluvions coule vers le sud-est.

8.2. La piézométrie à Griesheim

Dans le secteur de Griesheim, nous avons essayé de répartir les points de mesure sur la plus grande surface possible. Il n'a cependant pas été possible de trouver des points d'accès à la nappe à l'est de Bischoffsheim :

- chez Transroute, le puits est hermétiquement fermé, et le piézomètre est bouché,
- dans la sablière Meyer, les ouvrages indiqués n'ont pas pu être retrouvés avec leur coordonnées BSS,
- deux autres ouvrages plus au sud (un puits agricole et un piézomètre) n'ont pas pu plus être retrouvés...

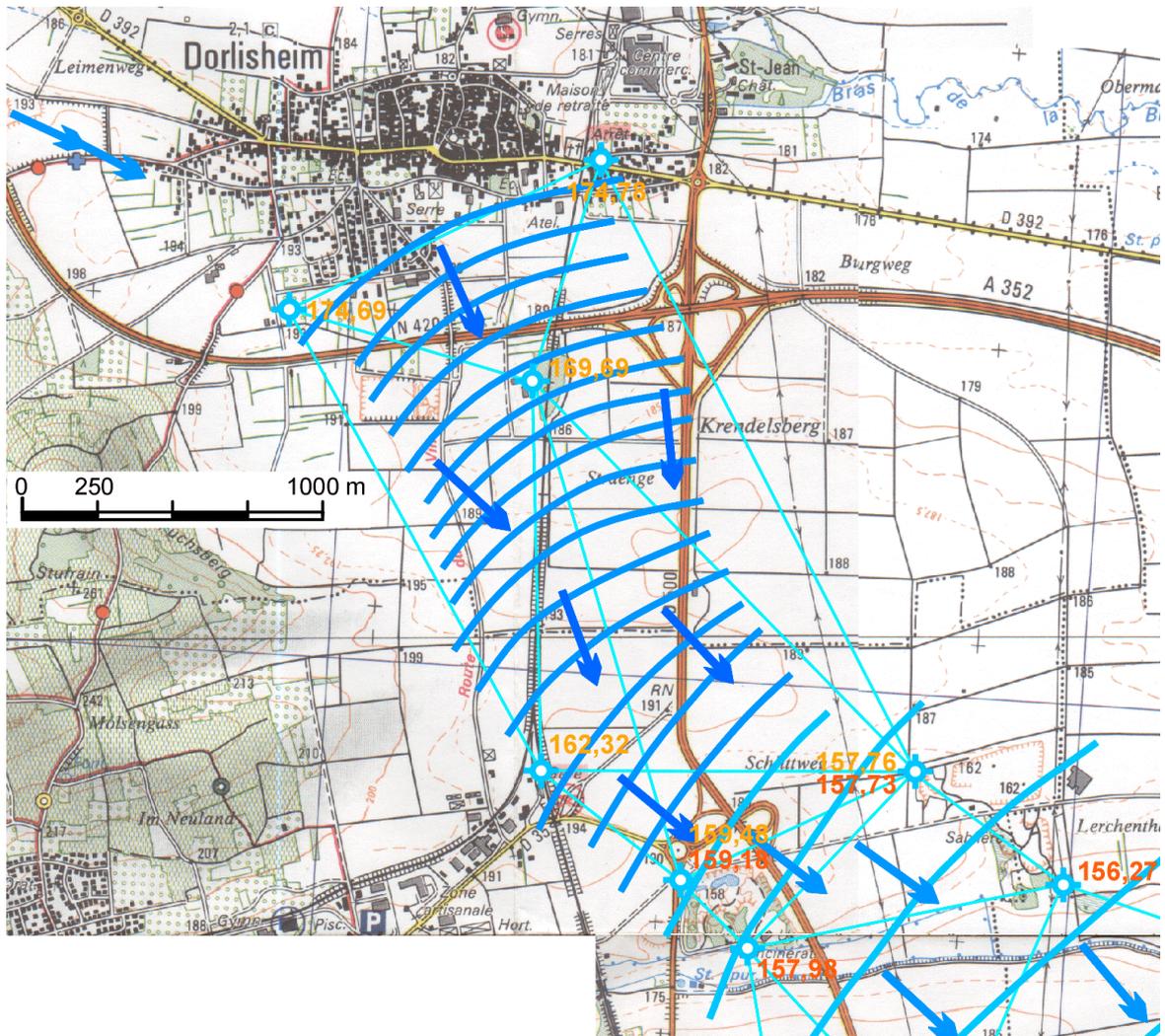
Comme pour le secteur du Stierkopf, les directions d'écoulement ont été calculées mathématiquement dans 11 triangles qui ont pu être tracés entre les points de mesure, et reportés sur carte. [Sur cette seule carte, la position du puits agricole 271-8-93 a été rectifiée (coordonnées BSS erronées de plus de 100 m), afin de permettre un tracé correct des isopièzes].



Il apparaît plusieurs faits importants :

- l'ensemble des directions d'écoulement est dirigé vers le sud-est,
- il existe en bordure sud du secteur un "aquifère perché" (déjà observé par le BRGM, comm. orale de Philippe Elsass),
- on se trouve dans un secteur de changement de gradient, qui passe de 0,3% à 0,12% en passant allant du nord-ouest au sud-est.

L'extension de la campagne piézométrique vers l'amont a été nécessaire ; nous nous heurtés, encore, au manque d'ouvrage accessibles (agriculteur refusant l'accès par exemple...).



Les conclusions de la première campagne sont confirmées, à savoir :

- les directions d'écoulement sont dirigées vers le sud-est, ou même vers le sud-sud-est, sauf vers la décharge de Dorlisheim (sud du secteur Stierkopf...), où la nappe passe en direction est-sud-est ;
- on se trouve bien dans un secteur de changement de gradient, qui se situe au niveau de l'échangeur de Rosheim.

9. Les analyses

A l'origine, le marché prévoyait une campagne d'analyses avec vingt points de prélèvement, et des analyses limitées aux paramètres suivants ;

- arsenic,
- atrazine (en fait, le laboratoire doserait les pesticides de la famille des triazines),
- chlorures,
- nitrates
- organochlorés (en fait, le laboratoire doserait l'ensemble des COV).

Dès le début, nous avons demandé des analyses complémentaires, incluant les paramètres suivants :

- ensemble des huit ions majeurs (en plus des chlorures et nitrates),
- éléments-traces, et en particulier : Li, Sr, Ba, Br, F,

et nous avons été amenés, au vu de l'étude des données existantes, à faire ajouter :

- le bore.

Par contre, les organohalogénés n'ont pas été analysés sur le secteur de Griesheim.

Par ailleurs, le nombre d'analyses prévues a paru insuffisant, et l'avenant n°1 a permis d'augmenter ce nombre à trente points, permettant de les répartir avec une quinzaine de points par secteur.

Une première campagne de mesure a été réalisée en plusieurs fois, chaque fois en notre présence :

- le 18 mai 2006, pour des prélèvements étagés sélectifs dans le Stierkopf-5, lors des opérations de diagraphies,
- le 1^{er} décembre 2006 pour le piézomètre profond, avec la pompe des foreurs avant leur départ, la pompe de prélèvement du laboratoire ne permettant pas de pomper aussi profondément,
- les 12, 13 et 14 décembre 2006, pour les autres prélèvements, y compris les prélèvements étagés sélectifs dans le Griesheim-2, lors des opérations de diagraphies qui ont eu lieu le 13 décembre.

Au vu des résultats, des analyses complémentaires ont été proposées, sur les deux secteurs, et ont fait l'objet d'un avenant n°2, permettant de réaliser une quinzaine d'analyses supplémentaires (10 au Stierkopf, 5 à Griesheim).

On trouvera en Annexe 4 les résultats complets de ces deux campagnes d'analyses, avec les interprétations statistiques élémentaires (moyenne, écart-type, corrélations).

9.1. Les analyses dans le secteur du Stierkopf

Il est tout d'abord remarquable de constater que l'eau de la Bruche est très peu minéralisée, avec cependant des teneurs non négligeables en arsenic ($1,6 \mu\text{g/l}$) et en fluor ($107 \mu\text{g/l}$). Les micropolluants recherchés en sont absents, et les nitrates peu abondants ($5,6 \text{ mg/l}$) : la Bruche n'est pas la source des micropolluants, ni des nitrates, des puits du Stierkopf.

9.1.1. L'arsenic et les chlorures

Tous les ouvrages de la plaine alluviale de la Bruche à Mutzig présentent de 3 à $8 \mu\text{g/l}$ d'arsenic, ce qui semble la teneur moyenne de ce secteur.

Mais deux ouvrages, situés à proximité de la faille-limite des grès, montrent des teneurs largement supérieures en **arsenic**, accompagné de fortes teneurs en **chlorures**, **fluor**, et surtout **lithium**, **strontium** et **bore** :

- la **partie profonde du Stierkopf-5**, avec une teneur de $710 \mu\text{g/l}$ As,
- le **piézomètre de la chapelle Saint-Jacques**, avec une teneur de $540 \mu\text{g/l}$ As.

Dans ces ouvrages, on trouve également entre 800 et 2400 mg/l de chlorures, $3,3$ à $6,6 \text{ mg/l}$ de lithium (!), de $1,2$ à $2,3 \text{ mg/l}$ de bore et $4,6$ à $7,0 \text{ mg/l}$ de strontium (!).

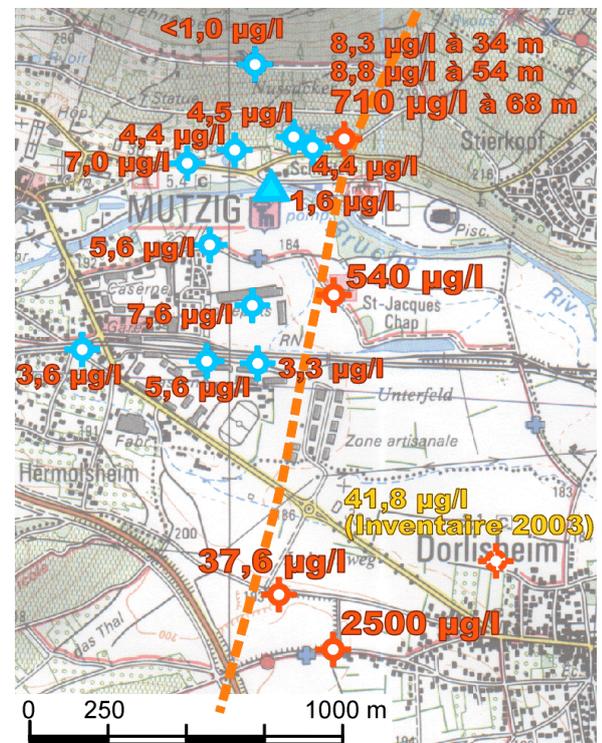
Le baryum est par contre très peu représenté ($<50 \mu\text{g/l}$), sans doute du fait de la présence de sulfates relativement abondants. Les nitrates sont également peu abondants ($<2,5 \text{ mg/l}$), ce qui n'est pas surprenant pour des eaux considérées comme profondes.

On notera que le piézomètre de la chapelle Saint-Jacques présente des traces importantes de BTX (hydrocarbures aromatiques), avec $20 \mu\text{g/l}$ au total.

Le spectre des composés recensés pourrait correspondre aussi bien au spectre d'un pétrole brut qu'à celui d'un composé raffiné (gazole ou essence) ; il est cependant vraisemblable qu'il s'agisse là de traces de pétrole (naturel) remontant par la même faille depuis sa roche-magasin, très probablement la grande Oolithe du Bajocien, que l'on sait également riche en arsenic.

On remarquera qu'il existe plusieurs différences dans les compositions des eaux chlorurées de ces deux ouvrages :

- teneur en arsenic plus importante au Stierkopf-5, avec des chlorures moins abondants,
- abondance du brome à la chapelle Saint-Jacques ($8,8 \text{ mg/l}$), comme d'ailleurs dans l'eau minérale de Sultz-les-Bains (5 mg/l , voir paragraphe 2.3.1. en p 20/90), absence totale au Stierkopf-5,
- présence de BTX (probablement naturels) à la chapelle Saint-Jacques ($20 \mu\text{g/l}$), absence totale au Stierkopf-5.



Un autre pôle riche en arsenic se trouve autour de la décharge de Dorlisheim, qui est traversée par le tracé de la même faille ; les éléments accompagnateurs sont cependant différents de ceux que l'on trouve à Mutzig :

- on trouve encore en abondance lithium, strontium et bore,
- mais les chlorures (et les sulfates) ne montrent pas de teneurs particulières.

Si les pesticides rencontrés peuvent provenir de la décharge (ou des terrains agricoles), les traces de BTX (1 µg/l) rappellent ce qui a été observé à la chapelle Saint-Jacques.

Il apparaît donc certain que l'arsenic de Mutzig (Stierkopf-5 et chapelle Saint-Jacques) provient de la faille-limite des grès (qui porte également la source minérale de Soultz-les-Bains, riche en arsenic) ; pour Dorlisheim, une origine similaire est envisageable (localisation, accompagnateurs Li-Sr-B, faibles traces de BTX [pouvant provenir de pétrole brut]), mais ne peut être certifiée en l'état actuel des connaissances (chlorures peu abondants).

A noter encore qu'un puits agricole de Dorlisheim, non situé à l'aval de la décharge, avait donné une teneur de 42 µg/l d'arsenic (voir paragraphe 2.3.5. en page 26/90), dans une eau légèrement chlorurée sodique : il peut s'agir de "fuites" de la même faille que la chapelle Saint-Jacques.

Il apparaît donc que la même faille (ou au moins le même système de failles) peut amener des eaux arsénisées présentant des compositions différentes, à savoir, du nord au sud (nous y incluons l'aval de la décharge de Dorlisheim, où le faciès de l'eau diffère très peu de celui du puits agricole de Dorlisheim) :

lieu	faciès	As	Li	Sr	B	F	Br	divers
Soultz-les Bains	chloruré sulfaté	+++	?	?	?	++	+++	pétrole
Stierkopf-5	chlorures : 62% sulfates : 22%	+++	+++	+++	+++	++	-	-
chapelle Saint-Jacques	chlorures : 79% sulfates : 16%	+++	++++	++++	++++	++++	++++	pétrole ?
puits agricole de Dorlisheim	bicarbonates : 60% chlorures : 18%	+	?	?	-	?	?	phosphore
décharge de Dorlisheim	bicarbonates : 75% chlorures : 19%	++++	+	+	+++	+	-	traces de pétrole ?

Après cette première campagne d'analyses, le problème de l'arsenic au Stierkopf a été considéré comme bien cerné (Dorlisheim se trouve hors du périmètre de l'étude du Stierkopf), et il a été décidé de ne pas analyser l'arsenic (et ses accompagnateurs) dans la deuxième campagne.

9.1.2. L'atrazine et les pesticides

Nous avons représenté, sur la carte ci-contre, la somme des teneurs en atrazine et de ses métabolites, après la première campagne d'analyses. Si de nombreux ouvrages montrent une absence totale de triazines, les teneurs atteignent 1,16 µg/l (!) dans un ouvrage.

On note, de plus :

- de la simazine (30 ng/l) dans l'ouvrage à l'aval du plus chargé en atrazine,
- des urées substituées (350 ng/l) à l'aval de la décharge de Dorlisheim (origine : décharge, ou les terres agricoles qui la recouvrent ?).

Il existe donc deux secteurs riches en atrazine :

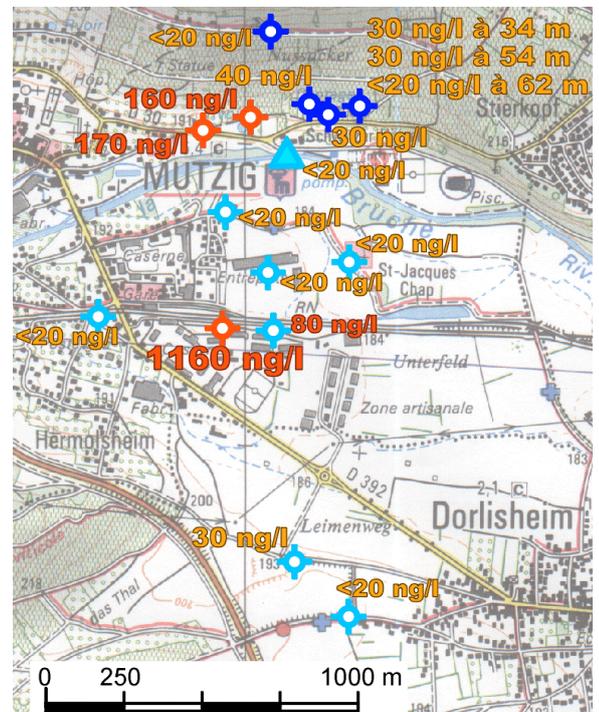
- le long de la voie ferrée, avec deux ouvrages,
- les puits du Stierkopf, avec un maximum à 170 ng/l, et des teneurs décroissant d'ouest en est.

Ces secteurs, séparés par une zone sans pesticides et par la Bruche, *ne peuvent pas* avoir une source unique.

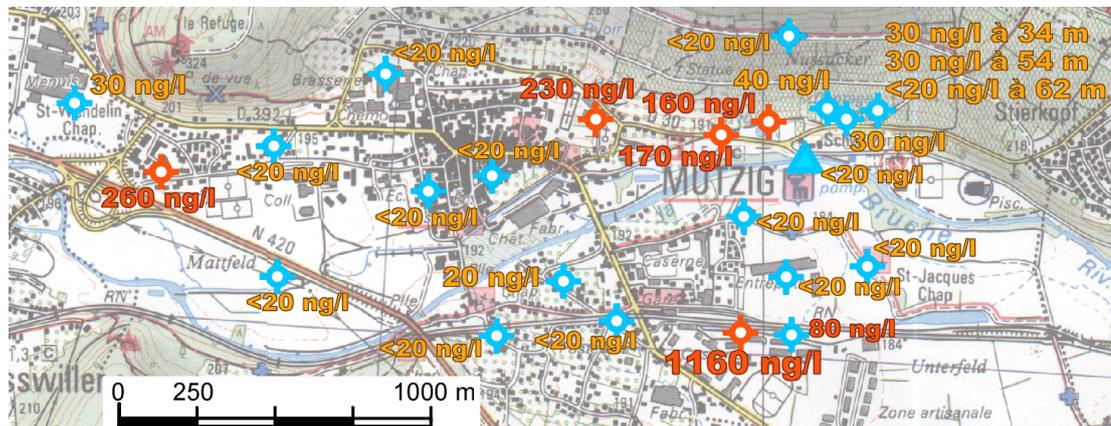
Le long de la voie ferrée, il existe à l'amont exact de l'ouvrage le plus chargé un ouvrage d'où les pesticides sont absents : l'origine en est donc nécessairement à l'est de la route principale, soit à la gare (ou dans les casernes). La surface dés herbée de la gare rend très probable une origine de ce côté...

Pour les puits du Stierkopf, l'origine exacte ne peut être précisée ; cependant, la source se trouve nécessairement en rive gauche de la Bruche, et l'amont possible recouvre la zone urbanisée, avec l'hôpital et le cimetière. L'absence de pesticides dans le piézomètre profond met pratiquement hors de cause le vignoble surplombant les captages, ainsi que les installations militaires de la colline.

La réalisation d'une campagne complémentaire d'analyses était donc nécessaire pour préciser les sources de pesticides.



La deuxième campagne d'analyses a donc essayé de recouvrir l'amont hydrogéologique des anomalies rencontrées lors de la première campagne. Certains ouvrages, dont la piézométrie avait été mesurée, n'ont pu être prélevés du fait de leur configuration (par exemple, le nouveau puits de la Ville, au Dôme).



Les résultats ont été probants, puisque les deux zones reconnues riches en atrazine sont maintenant mieux cernées :

- l'amont de la gare ne montre pas de traces de pesticides (trois ouvrages en rive droite de la Bruche), ou alors extrêmement peu (20 ng/l de désisopropylatrazine, métabolite "lointain" de l'atrazine) ;
- les puits du Stierkopf sont précédés, à quelques centaines de mètres à l'amont, par un ouvrage également riche en atrazine (le puits de l'Hôpital) ; l'amont de cet ouvrage, sous la ville de Mutzig, est exempt de triazines (quatre ouvrages), et les teneurs décroissent légèrement d'amont en aval ;
- par contre, cette campagne a mis en évidence un autre ouvrage, plus à l'amont encore, également contaminé en triazines...

Les zones désherbées de la gare SNCF sont donc, très vraisemblablement, la source des très importantes teneurs observées en atrazine (et ses métabolites) et accessoirement en simazine le long de la voie ferrée.

Pour les puits du Stierkopf, l'origine des pesticides semble se trouver à l'amont immédiat des puits de l'Hôpital (jardins de cet établissement, cimetière, éventuellement jardins privés...). Il est intéressant de constater que le puits Stierkopf-3, en pompage (mais le plus à l'amont des puits en pompage depuis l'arrêt du Stierkopf-4), semble jouer le rôle de "puits de fixation" de la pollution aux pesticides, qui n'atteint donc pas (ou plus) les ouvrages situés plus à l'aval.

Cette constatation permet de suggérer une remédiation (provisoire) à cette pollution : une remise en service du puits Stierkopf-4, à un débit à préciser, et avec rejet à la Bruche de l'eau pompée, permettrait de capter et d'éliminer le panache contaminé. La faisabilité technique et administrative de cette opération ne peut être précisée actuellement.

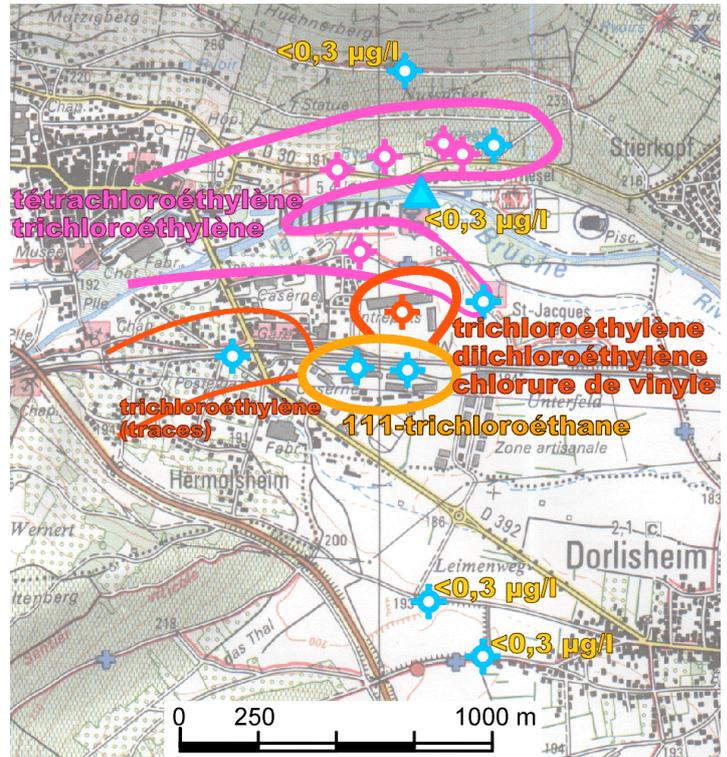
A l'amont de Mutzig, un ouvrage dans un jardin privé est contaminé en triazines diverses (atrazine et un métabolite, simazine, mais surtout terbuthylazine) ; ce secteur de jardins, avec une nappe très peu profonde, peut en être la source immédiate (treilles de vigne, légumes).

9.1.3. Les solvants chlorés

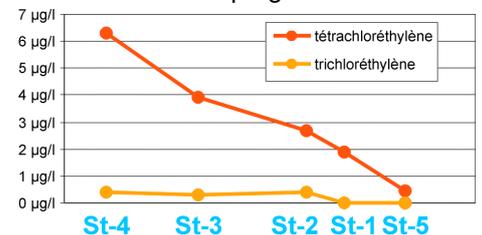
Des solvants chlorés sont rencontrés dans presque tous les ouvrages, à l'exception du piézomètre profond (ce qui, là encore, met pratiquement hors de cause les installations militaires de la colline) et des piézomètres de Dorlisheim.

Mais la nature de ces solvants est variée, ce qui indique la présence d'au moins quatre sources différentes. On rencontre en effet, du sud vers le nord :

- deux ouvrages avec des traces de 111-trichloroéthane (0,3 à 0,4 µg/l) ; il s'agit des deux ouvrages riches en atrazine, le long de la voie ferrée ; une origine commune est donc envisageable, et la SNCF devrait être interrogée sur l'usage éventuel, historique ou actuel, de ce solvant ;
- à l'amont de la gare, un ouvrage montre des traces de trichloroéthylène (0,4 µg/l), montrant l'existence d'une source plus à l'amont (peut-être l'ERM à Gresswiller, voir paragraphe 4.2.3. en p 39/90).
- à l'aval, le puits Raisch montre une grosse anomalie en trichloroéthylène (3,8 µg/l), accompagné de dichloroéthylène (4,7 µg/l pour les deux isomères) et de chlorure de vinyle (0,5 µg/l) ; il s'agit là, sans aucun doute, d'une source différente de ce qui a été trouvé à l'amont de la gare ;
- enfin, de part et d'autre de la Bruche, on trouve une vaste zone à tétrachloroéthylène avec traces de trichloroéthylène ; c'est cette zone qui concerne les captages du Stierkopf.



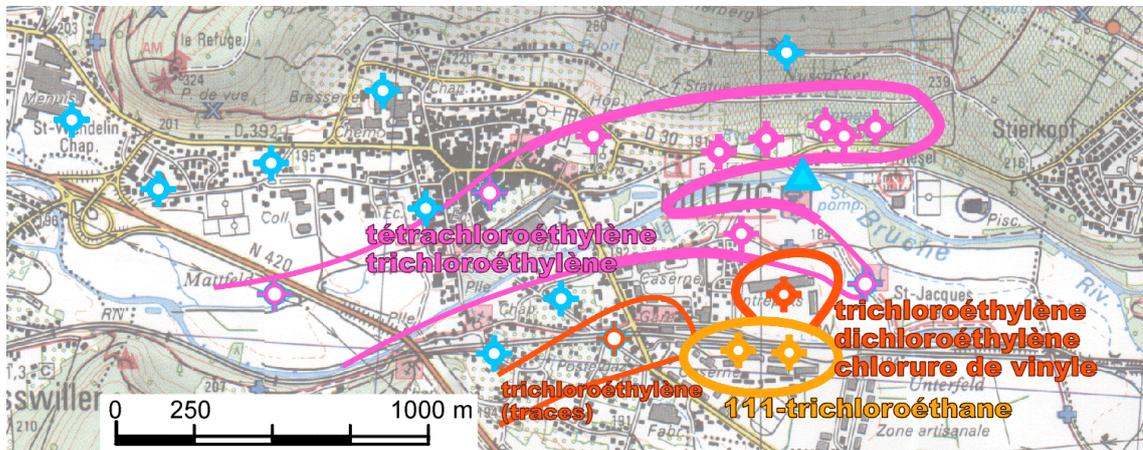
En rive gauche de la Bruche, dans les cinq puits du Stierkopf, on observe une forte décroissance d'ouest en est. L'origine du panache est à rechercher, comme pour l'atrazine, dans la zone urbanisée de Mutzig ; rappelons qu'il existe dans le secteur quelques puits (puits de l'Hôpital par exemple) qui ont montré dans le passé de fortes teneurs en tétrachloroéthylène (BRGM, 1993b).



Si l'on souhaitait trouver la source effective de ce solvant, une enquête plus poussée s'imposait, avec extension du domaine de recherche (recherche systématique des points d'accès à la nappe, relevé piézométrique et nivellement, prélèvements pour analyses). C'est ce qui a été fait avec la deuxième campagne d'analyses.

Enfin, la faible teneur observée en rive droite dans un ouvrage (1,9 µg/l) pourrait résulter d'un passage sous la rivière du panache provenant de l'amont.

La deuxième campagne d'analyses a effectivement permis de préciser les sources multiples de solvants dans ce secteur.



On retrouve donc les anomalies suivantes :

- la zone à traces de 111-trichloroéthane (0,3 à 0,4 µg/l dans deux ouvrages) est bien délimitée ; sa coïncidence avec la zone à atrazine le long de la voie ferrée suggère une origine commune ;
- à l'aval, la forte anomalie du puits Raisch (3,8 µg/l de trichloroéthylène, 4,7 µg/l de dichloroéthylène et 0,5 µg/l de chlorure de vinyle) est également bien circonscrite ;
- à l'amont de la gare, le puits privé à traces de trichloroéthylène (0,4 µg/l) est bien isolé ; l'origine de ce solvant pourrait être recherchée loin à l'amont (peut-être l'ERM à Gresswiller, voir paragraphe 4.2.3. en p 39/90) ;
- enfin, la zone qui concerne les captages du Stierkopf, où le tétrachloroéthylène domine largement sur le trichloroéthylène, reste mal comprise : si le puits de l'Hôpital montre une teneur importante encore (1,0 µg/l, contre 6,3 et 3,9 µg/l pour les puits Stierkopf-4 et -3), on ne retrouve à l'amont que des traces (0,2 et 0,3 µg/l).

On peut donc envisager une origine lointaine (qui affecte d'ailleurs le piézomètre profond [107 m] du Mattfeld : ERM de Gresswiller ? sans doute pas, puisque le tétrachloroéthylène domine ici), mais également une origine urbaine, dans la ville de Mutzig, en rive gauche de la Bruche, capable d'affecter à la fois le puits de l'Hôpital (un peu) et les forages du Stierkopf (beaucoup).

9.1.4. Les nitrates

Les teneurs en nitrates sont relativement élevées dans tout le secteur, avec de grosses variantes.

A l'amont de la gare de Mutzig, un ouvrage montre une teneur très élevée (84 mg/l). Ce puits est situé dans une zone de jardins, et un excès local de fertilisation fait peu de doute.

Rappelons qu'en 1994, ce même ouvrage présentait 70 mg/l, alors que d'autres puits privés de la zone des jardins, tant en rive droite qu'en rive gauche de la Bruche, montraient des teneurs pouvant dépasser 200 mg/l (Antéa, 1994 ; voir sur la carte ci-contre).

Certaines eaux sont pauvres en nitrates, ce que l'on peut interpréter de plusieurs manières :

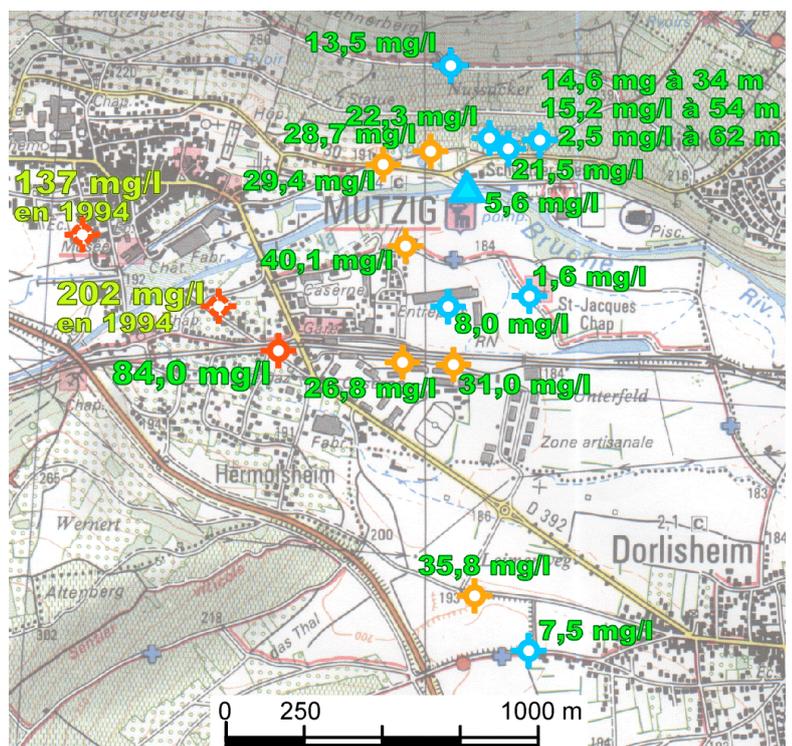
- soit il s'agit d'eaux profondes (et riches en arsenic), comme la partie profonde du Stierkopf-5 ou à la chapelle Saint-Jacques, et peut-être à l'aval de la décharge de Dorlisheim,
- soit on peut invoquer un faciès réducteur de l'eau, chargée en solvants chlorés (puits Raisch) ou en nitrites (aval de la décharge de Dorlisheim : Tauw Environnement, 2004).

Le piézomètre profond est curieusement relativement riche en nitrates (13,5 mg/l). Une telle valeur montre une origine agricole (ou domestique), et ne peut résulter des seuls nitrates atmosphériques. Une percolation depuis les vignes environnantes est peu vraisemblable : la zone non saturée à traverser approche les 100 m, et est parcourue de couches marneuses imperméables ou très peu perméables.

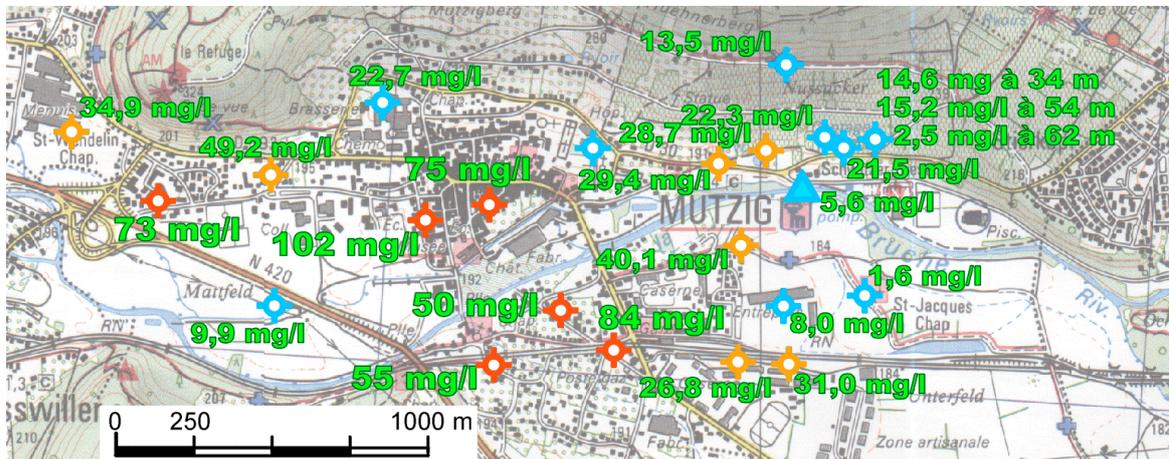
L'origine de ces nitrates serait à rechercher dans la zone d'alimentation de ces grès, soit très probablement dans le secteur de Dinsheim, ou même de Still.

Quant aux nitrates rencontrés dans les captages du Stierkopf, ils décroissent d'ouest en est (de 29 à 15 mg/l), tout comme les pesticides ou les solvants chlorés. Comme pour ces contaminants, nous avons donc recommandé d'en rechercher la source dans la zone urbanisée de Mutzig en rive gauche de la Bruche. Cela passait encore par une campagne complémentaire d'analyses, avec recherche systématique de tous les points d'accès à la nappe, relevé piézométrique et nivellement, et prélèvement pour analyses, qui a été réalisée en juillet-août 2007.

En tout état de cause, la présence de très fortes teneurs (bien qu'anciennes) dans cette zone urbanisée permet de penser que le réseau d'assainissement de la ville, qui passe à proximité des captages, n'est pas en cause (absence de problèmes bactériens répétés).



La campagne d'analyse complémentaire ne permet pas de mettre en évidence une source ponctuelle de nitrates :



En effet, il existe des nitrates provenant d'un amont relativement lointain, probablement agricole (Still ?), puisque l'on trouve 35 mg/l à Dinsheim, et que cette eau est celle qui passe ensuite sous le flanc de la colline du Stierkopf, expliquant les 13 mg/l trouvés dans le piézomètre profond.

On rappellera que, plus au nord, sous le sommet de la colline du Stierkopf, les forages des militaires ne montraient que 3 mg/l de nitrates en 2002.

Par contre, dans la vallée, les teneurs en nitrates sont beaucoup plus élevées, en particulier dans la zone pavillonnaire de Mutzig : on y trouve entre 50 et 102 mg/l de nitrates. Seul le piézomètre profond du Mattfeld (en zone agricole) montre une faible teneur (10 mg/l, mais il prélève son eau dans le Grès vosgien, jusqu'à 107 m de profondeur).

Il semble bien s'agir d'excès de fertilisation dans cette zone de jardins privés, mais avec un très net progrès depuis 1994, puisque deux ouvrages analysés à l'époque, et repris en août 2007, ont montré de fortes baisses de teneurs (respectivement : de 202 à 50 mg/l pour l'un d'entre eux, de 137 à 102 mg/l pour l'autre).

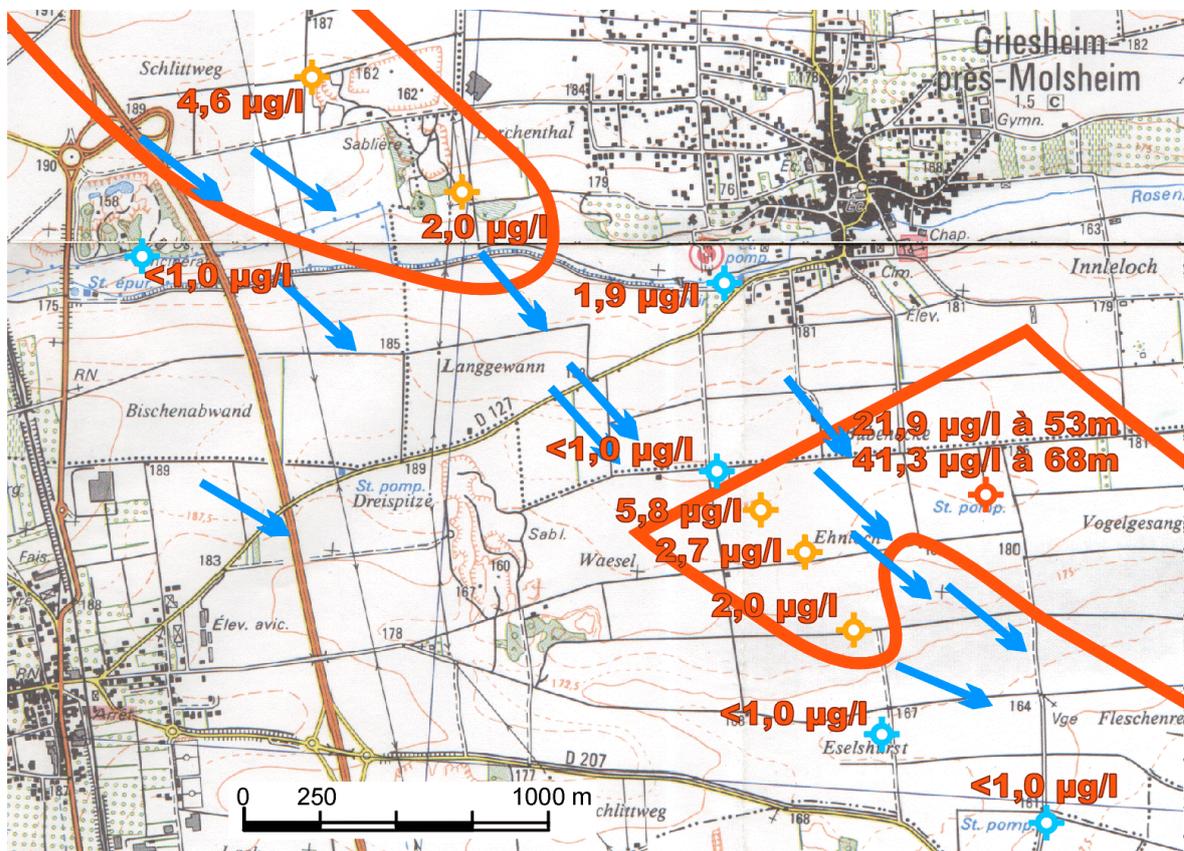
9.2. Les analyses dans le secteur de Griesheim

9.2.1. L'arsenic et les chlorures

Après la première campagne d'analyses, la carte des teneurs en arsenic semble montrer deux secteurs à arsenic :

- à l'ouest de Griesheim, autour de la sablière CES,
- au sud de Griesheim, avec en particulier le forage Griesheim-2.

Ces deux secteurs ont très vraisemblablement des sources différentes, puisqu'ils sont séparés par des ouvrages sans arsenic.



Au sud de Griesheim, un groupe d'ouvrages présente de l'arsenic : il s'agit du forage AEP Griesheim-2, mais aussi du forage Badda et de son piézomètre aval (alors que le piézomètre amont en est exempt), enfin du puits agricole Pfleger. Les accompagnateurs de l'arsenic varient légèrement dans ces groupes d'ouvrages :

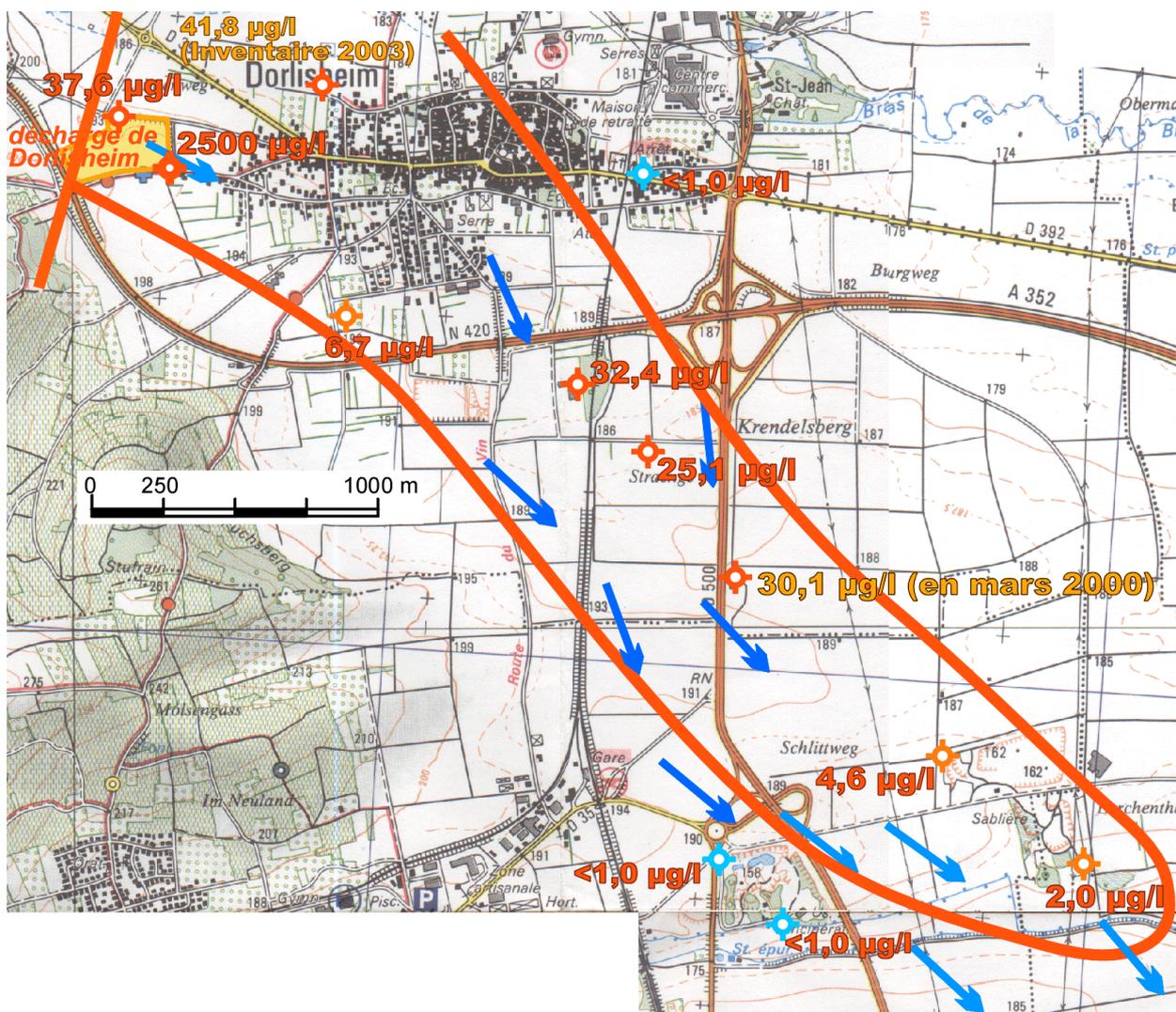
- dans le forage Griesheim-2, l'**arsenic** est accompagné de fortes teneurs en **lithium**, **strontium**, **bore** et **fluor** ; les **chlorures** et les **sulfates** sont également abondants ; il s'agit exclusivement de chlorures sodiques (comme dans le secteur de Mutzig) ;
- dans le forage Badda, l'**arsenic** n'est accompagné que d'un peu de **lithium**, avec des traces de **baryum**, les chlorures étant peu abondants.

L'association quasi-constante de l'arsenic avec lithium, strontium et bore, et sa plus forte abondance en profondeur dans le forage Griesheim-2, permettent de confirmer l'hypothèse de départ, à savoir que l'arsenic de ce secteur est d'origine naturelle, remontant par des failles cachées sous couverture.

Il n'est cependant pas possible de préciser le tracé de ces failles, du fait de l'épaisse couverture alluviale polyphasée ; ni même de préciser si cette zone arsénifiée provient d'une seule faille ou de deux failles différentes.

Dans le piézomètre amont de la sablière CES, l'**arsenic** (4,6 µg/l) est accompagné de **lithium, strontium et baryum**, mais pas de bore.

L'extension vers l'amont de la campagne de prélèvements semblait nécessaire pour préciser l'origine de cette minéralisation.



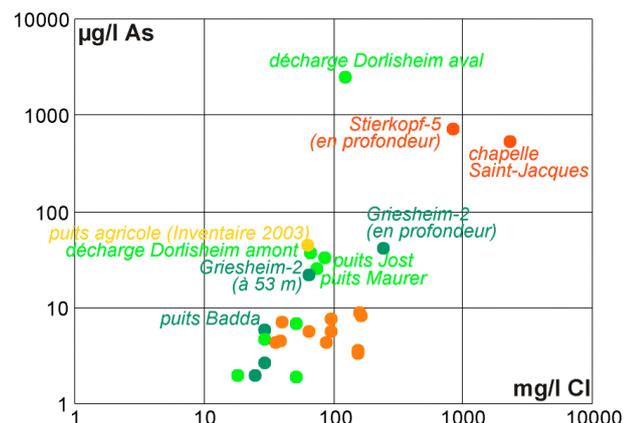
Les analyses semblent dessiner un panache arsénifié large de 1 km environ, et long de près de 5 km. De fortes valeurs se rencontrent au sud de Dorlisheim (ferme Jost, qui n'utilise plus l'eau de son puits ; puits agricole Maurer, qui sert à l'irrigation des asperges ; ancienne station Antar [puits actuellement disparu]).

La source de ce panache semble être à l'ouest de Dorlisheim, aux abords de la décharge, mais deux éléments laissent à penser que la décharge n'est pas (du moins, seule) en cause :

- si le piézomètre aval de cette décharge est très chargé (2500 µg/l As !), le piézomètre amont l'est déjà (38 µg/l) ; on peut objecter, bien entendu, que cet ouvrage permet de prélever des eaux provenant de plus à l'aval...
- mais surtout, il existe un puits agricole, au nord-ouest du village (et à 600 m à l'est de la décharge), qui montrait, d'après les données de l'inventaire 2003 de la qualité des eaux (sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace), une teneur de 42 µg/l, alors qu'il n'est pas à l'aval hydrodynamique de la décharge...

Par ailleurs, si l'on trace les corrélations entre les teneurs en arsenic et en chlorures des différents ouvrages analysés (ci-contre), on voit que :

- la plupart des ouvrages sont alignés, illustrant la bonne corrélation entre arsenic et chlorures, mais :
 - le piézomètre amont de la décharge et le puits agricole de Dorlisheim (qui n'est pas à l'aval de la décharge) ont un ratio As/Cl un peu plus élevé (et d'ailleurs des teneurs très voisines),
 - le piézomètre aval de la décharge de Dorlisheim montre, lui, un ratio extrêmement élevé (ce qui peut accréditer l'hypothèse d'un apport depuis la décharge),
 - mais l'eau profonde du Stierkopf-5 présente également un ratio As/Cl beaucoup plus élevé que le piézomètre de la chapelle Saint-Jacques...
- ce qui montre la variété des compositions des eaux arséniées que l'on trouve dans le secteur...

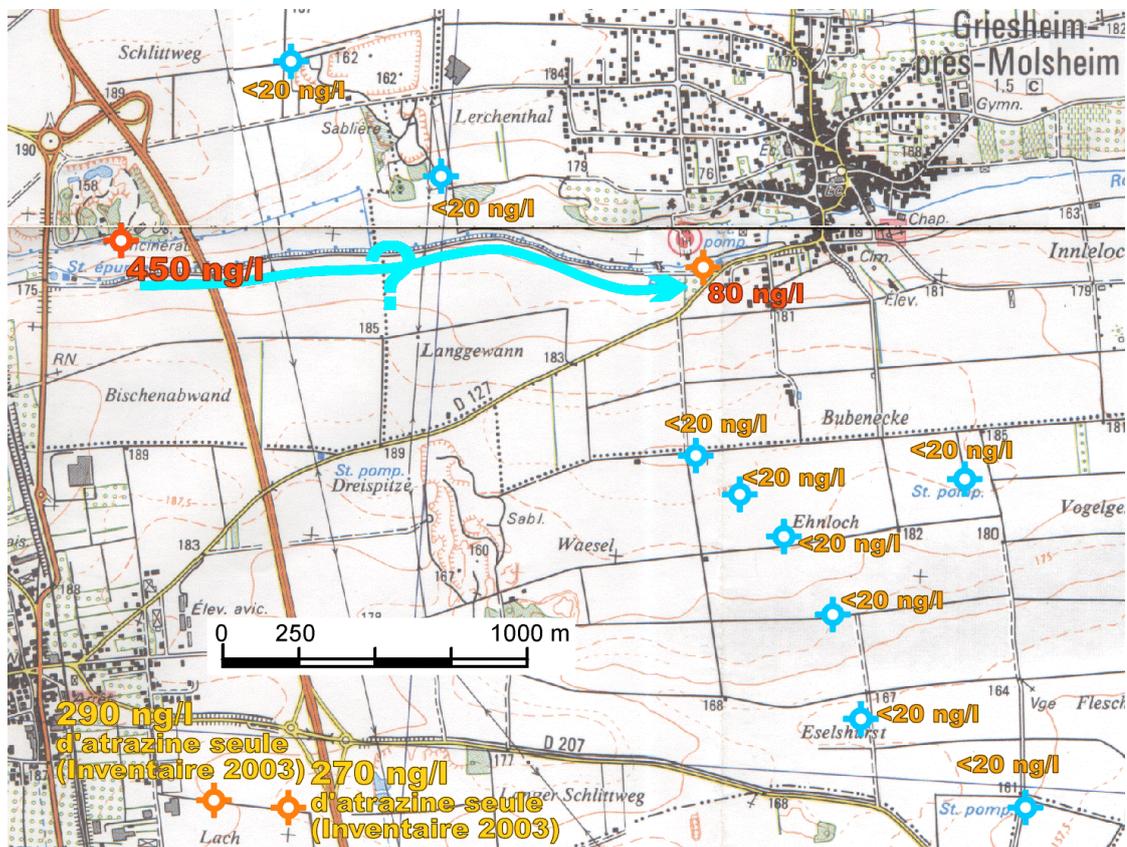


9.2.2. L'atrazine et les pesticides

Dans ce secteur, les analyses réalisées n'ont détecté des triazines que sur deux prélèvements :

- à l'aval de la déchetterie AlphaOnyx, outre 450 ng/l d'atrazine et métabolites, on trouve également de la simazine (180 ng/l) et de la terbuthylazine (70 ng/l),
- dans le puits ex-AEP Griesheim-1, outre 80 ng/l d'atrazine et métabolites, il y a également 80 ng/l de diuron.

On ajoutera des valeurs tirées de l'Inventaire 2003 de la qualité de la nappe d'Alsace (voir paragraphe 3.1.1. en page 28/90).



Etant donné les directions d'écoulement, les fortes teneurs observées à Bischoffsheim ne menacent pas les forages AEP de Griesheim.

Les teneurs observées à Rosheim pourraient être plus inquiétantes ; cependant, il semble plutôt que ces valeurs se retrouvent dans le forage ex-AEP Griesheim-1 : une migration par le Rosenmeer, et une réinfiltration depuis le ruisseau est envisageable (rappelons que le forage a été abandonné à la suite de contaminations répétées, dues à des infiltrations depuis le ruisseau).

Par contre, il semble que l'aquifère capté par les forages Griesheim-2 et -3, protégé par une couche de loess, puis par les argiles l'isolant des sables roses, soit hors d'atteinte d'infiltrations directes de pesticides.

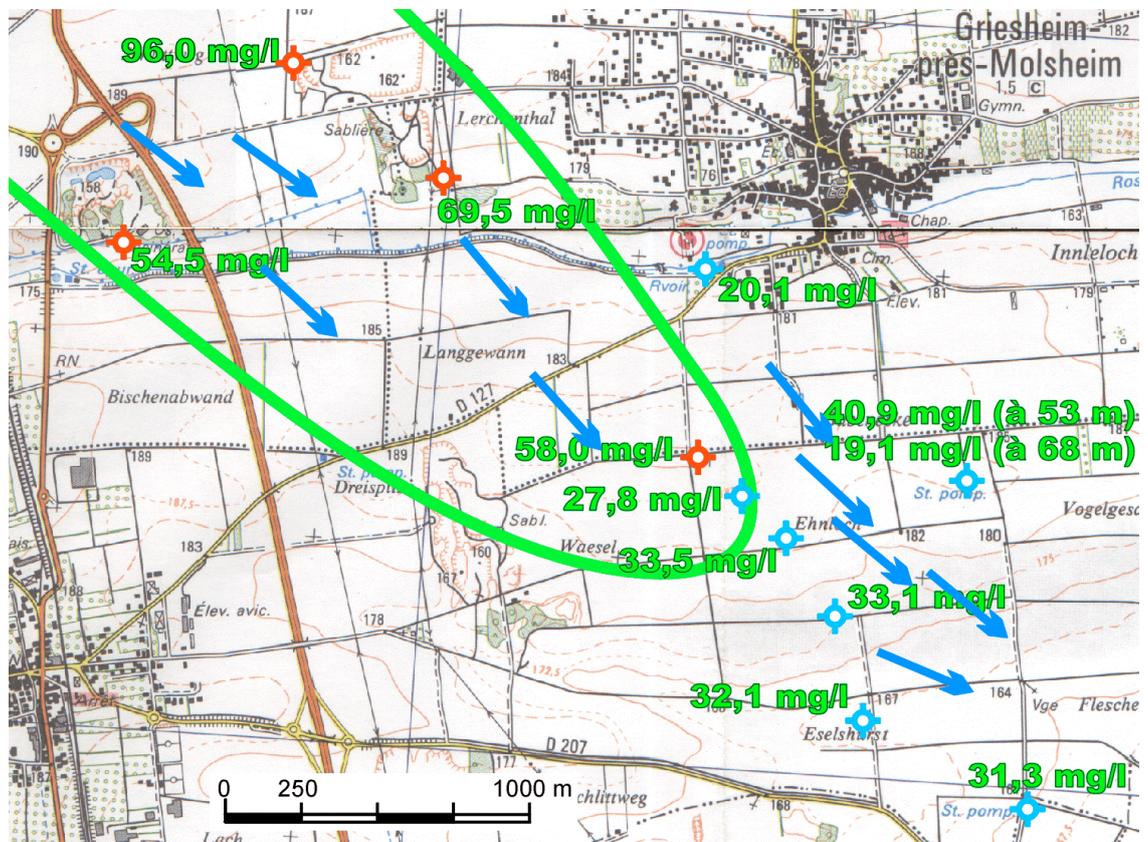
Lors de la deuxième campagne de prélèvements, les pesticides n'ont pas été analysés.

9.2.3. Les nitrates

Lors de la première campagne d'analyses, les teneurs en nitrates dans ce secteur dépassaient toujours 25 mg/l, sauf en deux endroits :

- dans le forage ex-AEP Griesheim-1, probablement du fait d'une dilution par les infiltrations depuis le ruisseau,
- dans la partie profonde du forage AEP Griesheim-2 (qui capte une bonne part d'eaux profondes chlorurées et arséniées).

Les prélèvements à plus de 50 mg/l sont au nombre de quatre, situés à l'amont du secteur.



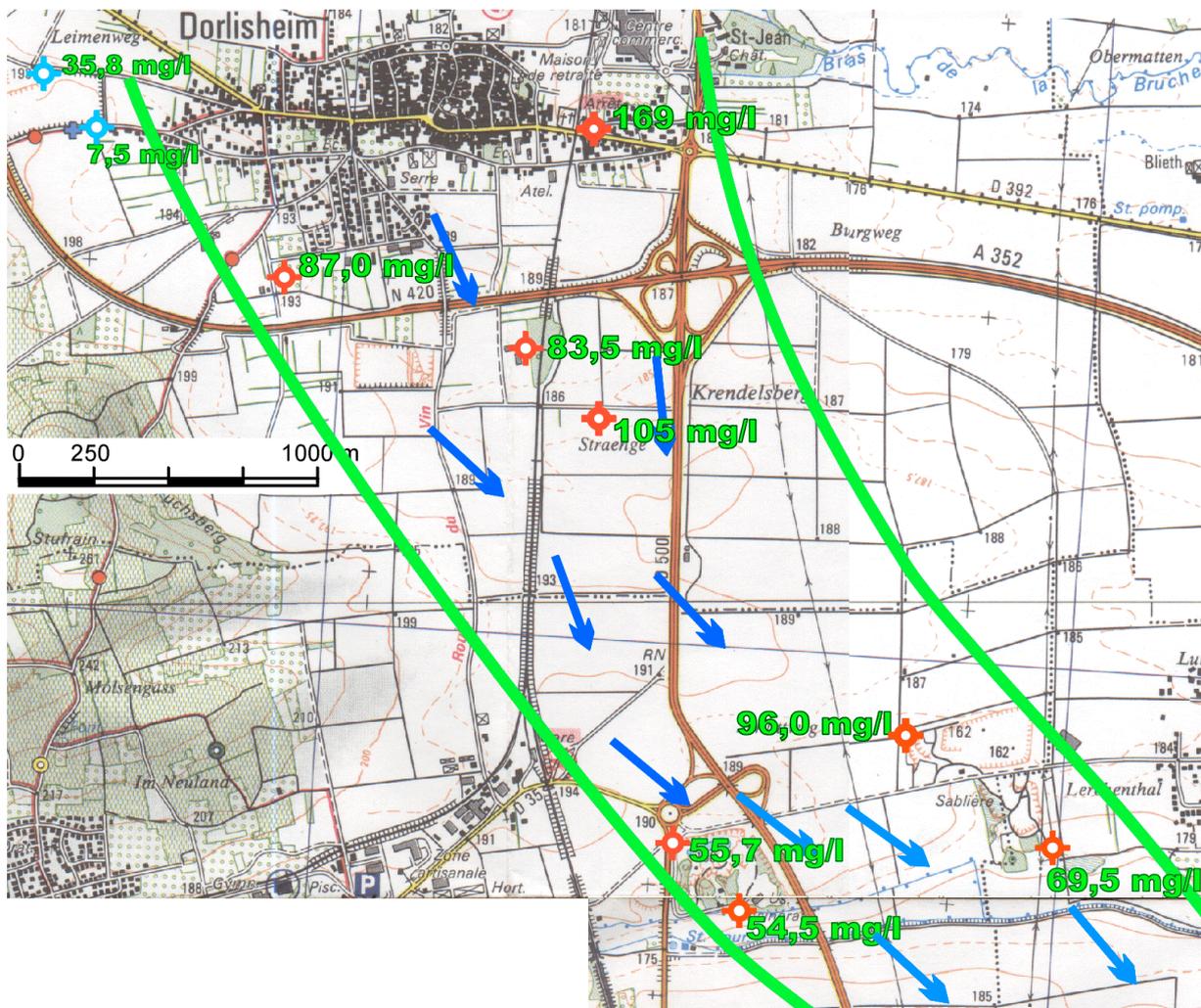
La décroissance des teneurs observées depuis le nord-ouest peut avoir deux explications :

- soit une dénitrification naturelle dans cet aquifère confiné (on serait alors à un état d'équilibre),
- soit l'avancée d'un front nitraté qui devrait atteindre le forage Griesheim-3 bientôt.

Le seul historique des données concerne le forage Griesheim-3 (voir paragraphe 5.1.1. en p 42/90) ; ces données font craindre que la deuxième explication ne soit la bonne, ou du moins n'ait une bonne part dans le phénomène...

L'origine des nitrates ne peut vraisemblablement être locale : la couverture de loess, puis la formation des sables roses, assurent une bonne protection verticale de la nappe : des études ont montré une vitesse de percolation de 15 à 25 cm/an dans les loess, ce qui signifie que l'eau infiltrée aujourd'hui mettra entre 40 et 60 ans à traverser le seul loess, sans parler des sables roses (voir paragraphe 5.1.3. en p 44/90).

Par contre, une arrivée latérale du front nitraté est vraisemblable, et le secteur agricole entre Rosheim et Dorlisheim, où les lœss sont absents (voir paragraphe 5.1.3. en p 44/90) pouvait être un bon secteur d'infiltration des nitrates. Aussi, l'extension de la zone de prélèvements, par une deuxième campagne, était donc parfaitement justifiée.



Et cette deuxième campagne montre que la zone agricole au sud de Dorlisheim (pour laquelle l'exploitant agricole nous a refusé l'accès à ses deux ouvrages) n'est pas (du moins : seule) en cause.

En effet, on trouve une teneur maximale de nitrates à Dorlisheim même, dans le puits du restaurant le Forum (en face de la gare). On s'étonnera cependant de la teneur de 15 mg/l seulement qui avait été répertoriée, dans ce même ouvrage, lors de l'inventaire 2003 de la qualité des eaux (sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace). Si les balances ioniques des deux analyses (2003 et 2007) sont parfaitement équilibrées, les compositions des eaux sont totalement différentes (l'eau, en 2007, est très chlorurée, calcique, sodique et potassique ; en 2003, elle n'était que légèrement chlorurée sodique).

Sans pouvoir l'expliquer, il semble donc bien que les nitrates proviennent de l'amont de Dorlisheim (ou des jardins privés du village).

10. Conclusion : actions à mener

10.1. Secteur du Stierkopf

10.1.1. Arsenic et chlorures

Le problème de l'arsenic (et des chlorures) au Stierkopf est un problème d'origine naturelle, dont ***l'évolution prévisible est nulle*** en l'absence de toute action (en principe, du moins : un séisme proche pourrait modifier le régime hydraulique de la faille, donc le débit d'arrivée de saumure minéralisée ; fort opportunément, les zones sismiques en Alsace semblent situées plus loin au sud...).

Aucune surveillance particulière n'est donc à prévoir (sauf après un séisme) ; le programme d'analyse réglementaire est donc suffisant.

Il existe deux solutions, relativement simples, pour éliminer ce problème :

- il est envisageable de "traiter" l'eau du forage Stierkopf-5 par ***mélange avec l'eau*** des autres forages ;
- il est également possible de ***reboucher le fond du forage*** Stierkopf-5, afin d'éliminer les venues minéralisées.

Dans le premier cas, une restructuration des canalisations serait à envisager.

Un protocole de redémarrage du forage Stierkopf-5 serait également à établir, afin de tenir compte des premières eaux pompées, riches en chlorures et en arsenic (du fait de l'artésianisme de la venue chlorurée profonde) ; un seuil de conductivité pourrait, par exemple, être défini, au-dessus duquel les eaux du forage seraient évacuées (réseau pluvial, rivière,... ?), ou alors le redémarrage pourrait être progressif de manière à ce que le mélange des eaux reste au-dessous des seuils admissibles (pour l'arsenic et pour les chlorures ; la conductivité du mélange des eaux pourrait être le paramètre de contrôle).

Dans le deuxième cas, le rebouchage du fond du forage Stierkopf-5 serait fait jusqu'à 61 m de profondeur (cote depuis la surface), extradados compris bien entendu, avec un laitier de ciment. Cette opération est techniquement réalisable avec injection au-dessous d'un packer adapté de manière à remonter le ciment sous pression dans l'extrados. La perte de débit du forage sera très faible, en tous cas inférieure à 16% du débit actuel. Le coût d'une telle opération pourrait être de l'ordre de 20 à 30.000 € (d'après Vauthrin-Forages).

Après "traitement" du forage Stierkopf-5, il est possible que le problème de l'arsenic (et des chlorures) se déplace vers le forage Stierkopf-1. Il faut se souvenir en effet qu'après l'abandon du Stierkopf-5 (alors appelé n°III), les teneurs en chlorures avaient monté dans le Stierkopf-1 jusqu'à 210 mg/l en 1959 (document trouvé à la BSS). Mais, du fait de l'éloignement de la faille (et la position plus à l'amont), le problème ne pourra être que moindre...

Bien que cela sorte du domaine de l'eau potable, il pourrait être intéressant, pour mieux comprendre ces venues d'eaux minéralisées, de réaliser, avant un éventuel rebouchage du fond, un prélèvement d'une quantité d'eaux assez importante pour réaliser différentes analyses complémentaires (métaux lourds : Pb-Zn-Cd-Ag-Cu-Co-Ni-Cr-Sb-Hg-U, isotopes de l'eau,...).

10.1.2. Pesticides et nitrates

Les problèmes des pesticides et des nitrates au Stierkopf montrent actuellement une **évolution très faible (nitrates) à nulle (pesticides)**. La surveillance réglementaire actuelle semble donc suffisante.

L'origine des pesticides semble se trouver à l'amont immédiat du puits de l'Hôpital (jardins de cet établissement, cimetière, éventuellement jardins privés...). Il importerait donc de s'enquérir auprès de la Ville du mode d'entretien des jardins de l'Hôpital et des allées du cimetière...

Quant aux nitrates, l'origine de ceux qui arrivent dans les forages AEP pourrait être très éloignée, dans la zone agricole de Still, avec des ajouts probables dans la zone des jardins privés de la commune de Mutzig (où l'on trouve encore un ouvrage dépassant les 100 mg/l).

On peut donc recommander une action de sensibilisation des jardiniers privés et des services publics sur la rive gauche de la Bruche, à la vulnérabilité de la nappe, très peu profonde, afin qu'ils limitent leurs apports en pesticides comme en engrais...

Par contre, d'autres sources de contaminants existent, qui n'ont pas d'impact direct sur les forages AEP du Stierkopf ; il peut être cependant utile d'intervenir ou de communiquer sur deux points :

- s'enquérir auprès de la SNCF de ses apports en désherbants, et les sensibiliser au fait que, la voie ferrée étant parallèle à l'écoulement des eaux, les apports successifs s'accumulent jusqu'à atteindre des teneurs élevées,
- étendre la campagne de sensibilisation des jardiniers privés à la rive droite de la Bruche (et donc à l'ensemble de la commune de Mutzig).

Éventuellement, l'utilisation du puits Stierkopf-4 comme **puits de fixation** pour les pesticides et les nitrates serait à étudier, avec rejet à la Bruche de l'eau pompée, pour disposer au besoin d'une solution palliative. La faisabilité technique et administrative de cette opération serait à préciser.

10.1.3. Solvants chlorés

Les teneurs en solvants chlorés dans les forages AEP du Stierkopf sont en voie de résorption. La concentration au forage Stierkopf-4, le plus à l'amont, est cependant égale aux deux tiers de la limite de qualité...

Aucune surveillance spécifique ne paraît donc nécessaire, ni aucune investigation complémentaire.

La source de ces solvants (tétrachloroéthylène dominant) semble avoir été située sous le centre ville de Mutzig, à l'amont du puits de l'Hôpital (ancienne blanchisserie ou ancien atelier ?).

10.2. Secteur de Griesheim

10.2.1. Arsenic et chlorures

Comme pour le forage Stierkopf-5, chlorures et arsenic proviennent d'une eau profonde ; mais l'environnement alluvial fait ici que cette eau est déjà plus mélangée... Comme pour le Stierkopf-5, aucune évolution sensible des teneurs n'est à attendre.

Là encore, il existe deux solutions, relativement simples, pour éliminer ce problème :

- il est envisageable de "traiter" l'eau du forage Griesheim-2 par **mélange avec l'eau** du forage Griesheim-3 ;
- il est également possible de **reboucher le fond du forage** Griesheim-2, afin d'éliminer les venues minéralisées.

Cette dernière solution consisterait donc à reboucher le forage (actuellement déjà remblayé jusqu'à 69,20 m environ) jusqu'à 53 m environ. Ainsi serait obturée la totalité de l'aquifère inférieur. Nous ne préciserons pas de débit disponible après cette opération, mais le micromoulinet semble indiquer que la moitié au moins du débit produit au-dessous de la pompe serait encore disponible, ce qui reste considérable.

Il est cependant à craindre que la teneur en arsenic résultante ne soit de l'ordre de 22 µg/l, comme ce qui a été trouvé dans notre prélèvement à 53 m dans un flux descendant. Cette teneur ne serait alors pas très différente de la teneur actuelle du forage (entre 25 et 35 µg/l)...

La première solution, avec mélange des eaux des deux forages Griesheim-2 et -3, nécessiterait l'établissement d'un protocole d'exploitation des deux forages, avec un ratio moyen de pompage (par exemple 30/70) permettant de rester au-dessous du seuil de 10 µg/l As.

10.2.2. Pesticides et nitrates

Les pesticides ne sont pas un problème actuel pour les forages Griesheim-2 et -3 ; en effet, l'épaisse couverture de loess protège efficacement ces forages.

Mais les nitrates y sont en augmentation sensible, mais leur provenance a pu être établie à plus de 5 km. Le long transfert dans la nappe s'effectue en grande partie en nappe captive (sous un niveau argileux), ce qui permet une dénitrification naturelle (par des bactéries anaérobies) qui atténue le panache. Cependant, la tendance est nettement à la hausse.

Les teneurs sont cependant très importantes (169 mg/l !) et inexplicables à Dorlisheim. Dans ce secteur, les agriculteurs paraissent conscients du problème (M^r Maurer réalise même des analyses d'eau pour ne pas surfertiliser ses asperges par irrigation !), et l'origine semble bien se trouver dans les jardins privés, en l'absence de cultures intensives dans le secteur...

Seule une sensibilisation des jardiniers privés est recommandée...

10.3. Conclusion générale

Globalement, cette étude a permis une meilleure connaissance des conditions hydrogéologiques du secteur. En particulier elle a montré l'importance de phénomènes de "contamination" naturelle, trop souvent sous-estimés. Mais des contaminations anthropiques sont également mises en évidence, et doivent être surveillées.

Une restauration de la ressource est possible, et des propositions sont faites, que nous pouvons reprendre dans un tableau récapitulatif :

	Stierkopf				Griesheim	
	<i>arsenic et chlorures</i>	<i>OHV</i>	<i>atrazine pesticides</i>	<i>nitrates</i>		<i>arsenic et chlorures</i>
concentration	As : 8-9 µg/l	10 µg/l	atrazine : 0,08 µg/l total pesticides : 0,18 µg/l	20 mg/l	30 mg/l	As : 30 µg/l
limite de potabilité	As : 10 µg/l Cl ⁻ : 200 mg/l		par pesticide : 0,1 µg/l total pesticides : 0,5 µg/l	50 mg/l		As : 10 µg/l Cl ⁻ : 200 mg/l
évolution sans action	=	---	=	+ / =	+++	=
origine	naturelle (faille)	zone urbaine	hôpital et cimetière de Mutzig, gare SNCF	jardins privés	secteur de Dorlisheim	naturelle (faille cachée)
surveillance particulière	NON	NON	NON	NON	OUI	NON
moyen d'action	<i>option 1</i> : rebouchage St-5 <i>OU</i> <i>option 2</i> : mélange des eaux des 5 forages [protocole de redémarrage du St-5 à définir]		campagne de sensibilisation			<i>option 1</i> : rebouchage G2 <i>OU</i> <i>option 2</i> : mélange des eaux de G2 et G3
coût	option 1 : 30 k€ option 2 : 200 k€ à 500 k€		coût : 30-40 k€			option 1 : 30 k€ option 2 : 12 k€

Bibliographie

Bibliographie

- G. Dubois (1947) : Rapport géologique définitif du forage n°IV exécuté pour l'alimentation complémentaire en eau potable du Syndicat de Molsheim. – 20 août 1947, 3 p, *in* archives BSS.
- G. Dubois (1948a) : Implantation du forage projeté V pour le Syndicat des Eaux des environs de Molsheim. – 5 janvier 1948, 1 p + carte, *in* archives BSS.
- G. Dubois (1948b) : Rapport géologique définitif du forage n°V exécuté pour l'alimentation complémentaire en eau potable du Syndicat de Molsheim. - 6 juillet 1948, 3 p, *in* archives BSS.
- O. Sauer (1962) : Amélioration de l'alimentation en eau potable du Syndicat des Eaux de Molsheim & environs. Note relative à la qualité des eaux des puits existants et projetés. – *note Serv. Dept. des Eaux du Bas-Rhin*, 29 juin 1962, 9 p, *in* archives BSS.
- B.R.G.M. (1970) : carte géologique de France (1/50.000°), feuille Haguenau. - *par* F. Ménéillet & coll.
- R. Weil, A. Siat & R. Hamm (1971) : Le problème de l'origine de l'arsenic des calcaires asphaltiques de Lobsann (Bas-Rhin). – 96° *Congrès nat. Soc. Savantes*, Toulouse, 1971, Sci., t. II, pp 353-358.
- B.R.G.M. (1973) : carte géologique de France (1/50.000°), feuille Ferrette. - *par* M. Ruhland, J.-G. Blanalt & coll.
- B.R.G.M. (1975) : carte géologique de France (1/50.000°), feuille Molsheim. - *par* F. Ménéillet, N. Théobald, F. Lillié, H. Vogt, A.-G. Thévenin, J.-P. Boudot, P. Schwoerer & J. Lougnon.
- J.P. Buchet & R.R. Lauwerys (1982) : Evaluation of exposure to inorganic arsenic. – *Cah. Med. Trav.*, n°19, p 15sq.
- D.D.A.S.S. (1990) : Pollution de la Bruche par la scierie Ferdinand Braun à Heiligenberg. Incidences sur l'adduction publique en eau potable - *Rapport DDASS du Bas-Rhin, réf PK/CM/CF*, 27 août 1990, 8 p + annexes.
- L.M. Southwick, G.H. Willis & H.M. Selim (1992) : Leaching of atrazine from sugarcane in Southern Louisiana – *J. Agric. Food Chem.*, n°40, pp 1264-1268.
- B.R.G.M. (1993a) : Recherche de l'origine et de l'extension de la contamination des eaux des puits du Stierkopf, commune de Mutzig (67), par des solvants chlorés – Note complémentaire - *Rapport BRGM-Alsace*, M. Daesslé, janvier 1993, 9 p + 3 figures et 3 annexes.
- B.R.G.M. (1993b) : Recherche de l'origine et de l'extension de la contamination des eaux des puits du Stierkopf par des solvants chlorés. Commune de Mutzig (67) - *Rapport BRGM-Alsace R37440ALS4S93*, M. Daesslé & M. Sauter, juin 1993, 14 p + 3 figures et 3 annexes.
- B.R.G.M. (1994) : E.R.M. de Gresswiller (67). Recherche de l'origine d'une contamination des eaux souterraines par du trichloroéthylène - *Rapport BRGM N 1660*, M. Sauter, juin 1994, 10 p + 3 figures et 2 annexes.
- F. Toulet (1994) : Recherche de l'origine et de l'extension de la contamination des eaux des puits du Stierkopf, commune de Mutzig (67), par des solvants chlorés. - *Rapport de stage de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble*, avril-juin 1994, 36 p + 7 annexes.
- ANTEA (1994) : Recherche de l'origine et de l'extension de la contamination des eaux des puits du Stierkopf par des solvants chlorés. Commune de Mutzig (67) - *Rapport ANTEA A 01321*, M. Sauter, octobre 1994, 9 p + 8 p de figures.
- B.R.G.M. (1997) : Caractérisation des aquifères contaminés par de l'arsenic dans le Haut-Rhin. - *Rapport BRGM R 39799*, décembre 1997, 91 p + 3 annexes.
- B.R.G.M. (1998) : Interprétation géologique des analyses de baryum et arsenic du Bas-Rhin. - *Rapport BRGM R 40388*, décembre 1998, 36 p + 2 annexes.
- G. Heindrichs & P. Udluft (1999) : Natural arsenic in Triassic rocks : a source of drinking water contamination in Bavaria, Germany. – *Hydrogeology Journal*, vol. 7, n°5, pp 468-476.

- C.K. Jain & I. Ali (2000) : Arsenic : occurrence, toxicity and speciation techniques. – *Water Res.*, vol. 34, n°17, pp 4304-4312.
- XX (2000) : Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur. – Ed : *Région Alsace*, janvier 2000, 218 p.
- J. Barbier (2001) : Occurrences naturelles d'arsenic en France : roches, sols et milieux associés. – *Les Techniques de l'Industrie Minérale*, n°11, septembre 2001, pp 51-66.
- L. Charlet, A.-A. Ansari, M. Dietrich, A.-A. Latsch, A. LeBeux, D. Chatterjee & B. Malik (2001) : Arsenic groundwater contamination in Bengal : a coupled geochemical & geophysical study. – *Les Techniques de l'Industrie Minérale*, n°11, septembre 2001, pp 67-79.
- ANTEA (2001a) : Société René Badda, Rosheim. Etude hydrogéologique relative à la loi sur l'eau à Bischoffsheim (67) - *Rapport ANTEA A 23123/A*, S. Colot, mars 2001, 31 p + 3 annexes.
- L. Jaillard (2002) : Brasseries Kronenbourg : projet de puits à Gresswiller (67). Avis préliminaire de l'Hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique. - *Rapport de l'hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique*, février 2002, 30 p.
- ANTEA (2003) : Brasseries Kronenbourg. Recherche de nouvelles ressources en eau à Gresswiller (Bas-Rhin). Résultats des travaux de reconnaissance - *Rapport ANTEA A 30840/A*, Y. Babot & C. Frey, juin 2003, 102 p + annexes.
- V. Lenoble (2003) : Elimination de l'arsenic pour la production d'eau potable : oxydation chimique et adsorption sur des substrats solides innovants – *Thèse*, Univ. Limoges, 18 septembre 2003, 165 p.
- Tauw Environnement (2004) : Onyx Alpha, site de Dorlisheim (67). Etude complémentaire sur les eaux souterraines, mai-juin 2004 : rapport d'intervention - *Rapport Tauw Environnement R/6000201.DOC.02*, B. Madinier & D. Hiez, juin 2004, 49 p + 11 annexes.
- J. Richert (2004) : Détermination des vitesses de transfert de l'eau, des nitrates et d'autres solutés dans la zone non saturée dans un loess profond. - *Rap. Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin*, décembre 2004, 85p.
- P. Guarini (2005) : Dosage de produits phytosanitaires sur les eaux destinées à la consommation humaine : quelle incertitude attendre sur les résultats – Exposé au *Coll. "l'eau souterraine et les produits phytosanitaires"*, BRGM Orléans, 24-25 novembre 2005.
- N. Baran, Ch. Mouvet & Ph. Négrel (2005) : Variabilités spatio-temporelles des teneurs en phytosanitaires dans les eaux souterraines d'un petit bassin hydrogéologique – *Actes Coll. "l'eau souterraine et les produits phytosanitaires"*, BRGM Orléans, 24-25 novembre 2005, p 23-29.
- S. Dousset (2005) : Devenir des pesticides dans l'environnement – Résumé in *Actes Coll. "l'eau souterraine et les produits phytosanitaires"*, BRGM Orléans, 24-25 novembre 2005, p 71-75.
- B. Welté, C. Deschamps & M. Zakeossian (2005) : Le bassin du Dragon : exemple de plus de 10 ans d'expérimentation de lutte contre la pollution par les phytosanitaires sur un bassin versant utilisé pour l'alimentation en eau potable de Paris – Résumé in *Actes Coll. "l'eau souterraine et les produits phytosanitaires"*, BRGM Orléans, 24-25 novembre 2005, p 105-106.
- L. Jaillard (2006) : S.D.E.A.-Syndicat des Eaux de Molsheim et environs - Création d'un piézomètre à Mutzig (67) : dossier de déclaration et notice d'incidence. - Novembre 2006, 6 p.

Annexes

Annexe 1 :	Liste des points d'accès à la nappe dans les secteurs du Stierkopf et de Griesheim	(5 p)
Annexe 1bis :	Accès des points d'accès à la nappe visités dans les secteurs du Stierkopf et de Griesheim	(4 p)
Annexe 2 :	Liste des (anciennes) décharges dans les secteurs du Stierkopf et de Griesheim	(4 p)
Annexe 3 :	Résultats des campagnes piézométriques dans les secteurs du Stierkopf et de Griesheim	(3 p)
Annexe 4 :	Résultats des campagnes d'analyses dans les secteurs du Stierkopf et de Griesheim	(6 p)
Annexe 5 :	Coupe géologique et technique du forage Stierkopf-5 (271-4-58)	(1 p)
Annexe 6 :	Coupe géologique et technique du forage Griesheim-2 (271-8-2)	(1 p)
Annexe 7 :	Coupe géologique et technique du forage Griesheim-3 (271-8-1)	(1 p)
Annexe 8 :	Coupe géologique et technique du forage Griesheim-1 (271-8-5)	(1 p)
Annexe 9 :	Coupe géologique et technique du forage Badda (271-8-236)	(1 p)
Annexe 10 :	Coupe géologique et technique du piézomètre profond de Mutzig (271-4-281)	(1 p)
Annexe 12 :	Profils géophysiques réalisés par Terratec le 1 ^{er} août 2006	(2 p)

Points d'accès à la nappe

Secteur Stierkopf

nom courant	numéro BSS	commune	prof.	X =	Y =	Z =	source
forage de l'Hôpital Ouest	02713X0002	Mutzig	40,5	978 087	2 405 763	192	BSS
forage de l'Hôpital Est	02713X0003	Mutzig	58,5	978 157 978 158	2 405 745 2 405 753	192 191,60	BSS topo DGPS
AEP Stierkopf n°4	02713X0004	Mutzig	82,7	978 572	2 405 721	198,1 192,12	BSS topo DGPS
source Est	02713X0005	Mutzig		978 068	2 406 143	280	BSS
source Ouest	02713X0006	Mutzig		977 998	2 406 133	265	BSS
forage de la Brasserie n°1	02713X0007	Mutzig	104,7	977 457 977 462	2 405 854 2 405 835	200 197,30	BSS topo DGPS
forage de la Brasserie n°2	02713X0008	Mutzig	150	977 466	2 405 704	195	BSS
source Hoummaire	02713X0009	Mutzig		978 138	2 406 213	295	BSS
source April	02713X0010	Mutzig		978 448	2 406 112	285	BSS
source du Chalet Nord	02713X0023	Mutzig		977 401	2 407 315	345	BSS
forage du Blotten	02713X0032	Mutzig	266	977 750	2 406 814	393,6	BSS
forage de l'Ancien Camp	02713X0033	Mutzig	215,4	978 699	2 406 411	374	BSS
forage Kaltenbronn	02713X0034	Dangolsheim	25	978 111	2 407 223	340	BSS
puits privé Centre	02713X0053	Mutzig	4	977 826	2 405 543	192	BSS
puits privé Diemer	02713X0054	Mutzig	3,6	977 646	2 405 554	193,5	BSS
puits privé Jacobi	02713X0055	Mutzig	3	977 796	2 405 643	193,5	BSS
puits privé Huck	02713X0056	Mutzig	4,5	977 894 977 861	2 404 993 2 405 030	194,5 190,33	BSS topo DGPS
puits privé Kraemer	02713X0057	Mutzig	4,3	977 564	2 404 934	195	BSS
source Biesborn	02713X0062	Mutzig	22,7	977 674	2 404 993	220	BSS
source Englischbrunnen	02713X0063	Mutzig	22,9	977 764	2 404 883	220	BSS
puits privé Deckert	02713X0084	Mutzig	5	978 323	2 405 088	192	BSS
puits privé Bertrand	02713X0085	Mutzig		978 588	2 404 837	185	BSS
puits privé Kauffmann		Mutzig		978 262	2 405 086	188,33	topo DGPS
forage Mattfeld	02713X0092	Mutzig	107,5	977 220 977 158	2 405 180 2 405 164	190 193,00	BSS topo DGPS
puits privé Wagner	02713X0096	Mutzig		977 786	2 406 352	310	BSS
puits privé Nussbaumer	02713X0097	Mutzig		977 855	2 406 354	310	BSS
puits privé Oelinger	02713X0098	Mutzig		978 155	2 406 281	310	BSS
pompe à chaleur Weiss	02713X0099	Mutzig	12	978 242	2 405 156	192	BSS
forage rue d'Hermolsheim	02713X0100	Mutzig	15	977 323	2 404 839	200	BSS
source Chemin du Fort	02713X0101	Mutzig		977 527	2 406 040	225	BSS
Pz 2 (près maison Strub)	02713X0102	Mutzig	19,5	978 657 978 658	2 405 460 2 405 453	184 186,32	BSS topo DGPS

Secteur Stierkopf (suite)

nom courant	numéro BSS	commune	prof.	X =	Y =	Z =	source
Pz 3 (Ouest Raisch)	02713X0103	Mutzig	22,5	978 700	2 405 243	185	BSS
Pz aval Alsapan	02713X0104	Dinsheim	15	976 442 976 462	2 405 692 2 405 691	200 197,67	BSS topo DGPS
Pz 8 (entrée parking Raisch)	02713X0112	Mutzig	25	978 692 978 698	2 405 142 2 405 147	186,3 186,72	BSS topo DGPS
Pz 6 (près caserne)	02713X0113	Mutzig	25	978 686 978 679	2 405 074 2 405 086	186,55 187,98	BSS topo DGPS
Pz 7 (près gare)	02713X0114	Mutzig	18	978 292	2 405 144	189,15	BSS
puits	02714X0028	Dorlisheim		980 330	2 404 172	182	BSS
puits	02714X0029	Dorlisheim		980 001	2 404 190	185	BSS
puits	02714X0030	Dorlisheim		979 797	2 404 242	187,5	BSS
puits privé Becht	02714X0031	Dorlisheim	10	979 685	2 404 235	176	BSS
puits	02714X0032	Dorlisheim		979 440	2 404 128	192	BSS
puits privé Union Mon Lait	02714X0033	Molsheim		980 083	2 404 409	177	BSS
puits privé Mock	02714X0035	Dorlisheim	5,2	980 379	2 404 355	179	BSS
puits privé Velten	02714X0037	Molsheim	8	979 997	2 405 487	175	BSS
piézomètre (colmaté)	02714X0047	Dorlisheim	4,5	979 063	2 404 459	185,4	BSS
AEP Stierkopf n°5	02714X0058	Mutzig	100,1	979 079 979 103	2 405 832 2 405 843	210,5 210,51	BSS topo DGPS
AEP Stierkopf n°2	02714X0059	Mutzig	93,2	978 912	2 405 836	207,5 205,68	BSS topo DGPS
AEP Stierkopf n°1	02714X0060	Mutzig	80	978 976	2 405 806	201,3 199,23	BSS topo DGPS
AEP Stierkopf n°3	02714X0061	Mutzig	64,1	978 729	2 405 764	198,5 196,94	BSS topo DGPS
forage de la source	02714X0063	Molsheim	4,4	980 047	2 405 737	180,9	BSS
forage de la Batterie 6	02714X0066	Molsheim	175	979 026	2 407 040	373	BSS
Alpha-Onyx Pz 6 (NW)	02714X0081	Dorlisheim		978 962 978 957	2 404 314 2 404 323	181,39 193,70	BSS topo rpt Tauw
Alpha-Onyx	02714X0082	Dorlisheim		978 963	2 404 220	180,84	BSS
Alpha-Onyx Pz 1 (aval)	02714X0099	Dorlisheim	27	979 160 979 160	2 404 196 2 404 194	198 195,50	BSS topo rpt Tauw
forage n°1 Raisch	02714X0102	Mutzig	12	978 811	2 405 255	184	BSS
forage n°2 Raisch	02714X0103	Mutzig	17,3	978 808 978 829	2 405 255 2 405 272	184 186,62	BSS topo DGPS
forage n°3 Raisch	02714X0104	Mutzig	21	978 810	2 405 240	184	BSS
Alpha-Onyx Pz 144 (NE)	02714X0144	Dorlisheim	20	979 139 979 148	2 404 303 2 404 301	198 192,84	BSS topo rpt Tauw
Alpha-Onyx Pz 2 (SE)	02714X0161	Dorlisheim	25	979 151 979 164	2 404 142 2 404 150	193,5 195,72	BSS topo rpt Tauw
Alpha-Onyx Pz 162 (SW)	02714X0162	Dorlisheim	25	978 991 978 952	2 404 118 2 404 119	193,5 200,67	BSS topo rpt Tauw
Alpha-Onyx Pz 163 (aval)	02714X0163	Dorlisheim	25	979 761	2 403 467	192	BSS
puits privé 115 Grand'Rue	02714X0175	Dorlisheim	20	979 669	2 404 463	185	BSS
puits jardin (pas retrouvé)	02714X0186	Mutzig		978 796	2 405 395	184	BSS

Secteur Stierkopf (suite)

nom courant	numéro BSS	commune	prof.	X =	Y =	Z =	source
Pz 1 (chapelle St-Jacques)	02714X0188	Mutzig	18	979 064 979 058	2 405 334 2 405 325	184 185,62	BSS topo DGPS
Pz 4 (parking Raisch)	02714X0189	Mutzig	22,5	978 793 978 818	2 405 148 2 405 152	185 187,09	BSS topo DGPS
Pz 5 (près caserne)	02714X0192	Mutzig	20	978 846 978 863	2 405 072 2 405 076	185,9 187,27	BSS topo DGPS
Alpha-Onyx Pz 3	02714X0274	Dorlisheim		979 317 979 323	2 404 228 2 404 238	195 192,42	BSS topo rpt Tauw
Alpha-Onyx Pz 4	02714X0275	Dorlisheim		979 168 979 173	2 404 031 2 404 026	195 195,55	BSS topo rpt Tauw
Alpha-Onyx Pz 5	02714X0276	Dorlisheim		979 432 979 436	2 403 936 2 403 948	195 194,16	BSS topo rpt Tauw
Alpha-Onyx Pz 7	02714X0277	Dorlisheim		979 309 979 313	2 404 138 2 404 144	195 194,63	BSS topo rpt Tauw
piézomètre profond 2006	02714X0281	Mutzig	110	978 792	2 406 058	273,65	topo DGPS
puits privé M ^r Gérard	rue du vignoble	Mutzig	120	978 552	2 406 067	285	Jaillard GPS
puits privé M ^r Dubs	6, rue du cardinal Rohan	Mutzig					
puits privé M ^r Haller	4, rue du stade	Mutzig		977 118	2 405 615	194,10	topo DGPS
puits privé M ^r Meyer	1, rue de l'ancienne glacière	Mutzig					
puits privé M ^r Schmitt	21, rue du commandant Clerc	Mutzig		977 829	2 405 494	190,35	topo DGPS
puits privé M ^r Goldmann	21, rue Chassepot	Mutzig					
puits d'arrosage du Dôme		Mutzig		977 549	2 405 410	191,90	topo DGPS
parapet aval du pont sur rivière Bruche		Gresswiller		976 416	2 405 408	198,69	topo DGPS
rivière Bruche (sous voie rapide)	repère sur enrochement	Mutzig		977 594	2 405 050	186,89	topo DGPS
parapet pont canal Couleaux		Mutzig		977 232	2 405 165	193,02	topo DGPS
parapet aval pont canal Couleaux		Mutzig		977 731	2 405 311	192,99	topo DGPS

Secteur Griesheim

nom courant	numéro BSS	commune	prof.	X =	Y =	Z =	source
AEP Altorf n°1	02714X0002	Altorf	49,8	982 762	2 404 054	173,5	BSS
puits	02714X0016	Altorf		983 117	2 404 329	171	BSS
puits	02714X0017	Altorf		983 196	2 404 218	171	BSS
puits	02714X0018	Altorf		983 067	2 404 107	171	BSS
puits	02714X0019	Altorf		983 317	2 404 080	171	BSS
puits	02714X0021	Altorf		983 570	2 403 980	171	BSS
puits	02714X0022	Altorf		983 442	2 404 122	171	BSS
puits privé Weber	02714X0023	Altorf	10,2	983 364	2 404 227	174	BSS
puits	02714X0026	Dorlisheim		980 993	2 404 275	182	BSS
puits privé Maurer	02714X0027	Dorlisheim	7,4	980 544	2 404 187	180	BSS
puits	02714X0028	Dorlisheim		980 330	2 404 172	182	BSS
puits	02714X0029	Dorlisheim		980 001	2 404 190	185	BSS
puits privé Union Mon Lait	02714X0033	Molsheim		980 083	2 404 409	177	BSS
puits privé Mock	02714X0035	Dorlisheim	5,2	980 379	2 404 355	179	BSS
puits privé Restau. Le Forum	02714X0053	Dorlisheim	7	980 803	2 404 244	177,3 177,97	BSS topo DGPS
puits privé 17 r. de Strasbourg	02714X0057	Altorf	15	983 403	2 403 967	171,6	BSS
	02714X0089	Dorlisheim	15	980 281	2 403 366	187	BSS
puits privé Station Antar	02714X0090	Dorlisheim	52	981 217	2 402 825	190	BSS
AEP Altorf n°2	02714X0101	Altorf	81	983 414	2 403 029	180	BSS
puits ferme Jost	02714X0170	Dorlisheim		980 562 980 529	2 403 655 2 403 515	188 189,68	BSS topo DGPS
puits agricole Maurer	02714X0183	Dorlisheim		980 883 980 898	2 403 266 2 403 272	188 185,43	BSS topo DGPS
piézomètre Bugatti B27	02714X0195	Dorlisheim		981 693	2 404 661	175	BSS
piézomètre Bugatti B28	02714X0196	Altorf	6,7	983 078	2 404 337	170	BSS
piézomètre Bugatti B29	02714X0197	Altorf	6,4	982 986	2 404 725	171,5	BSS
piézomètre Bugatti B46P	02714X0221	Dorlisheim	46,5	982 430	2 404 241	172,53	BSS
piézomètre Bugatti B47P	02714X0222	Altorf	48	982 670	2 404 431	171,58	BSS
piézomètre Bugatti B48	02714X0223	Altorf		983 901	2 403 697	172,38	BSS
piézomètre Bugatti B27S	02714X0242	Dorlisheim	8	981 719	2 404 654	176	BSS
AEP Griesheim n°3	02718X0001	Bischoffsheim	86	984 582	2 399 972	162 156,43	BSS topo DGPS
AEP Griesheim n°2	02718X0002	Bischoffsheim	92	984 084	2 400 624	183,7 181,83	BSS topo DGPS
Kronembourg Pz 4	02718X0003	Bischoffsheim	20	982 111 982 200	2 399 779 2 399 760	172,5 176,20	BSS topo DGPS
Dreispietz Pz 7	02718X0004	Bischoffsheim	22,5	982 674	2 400 668	168,9	BSS
AEP Griesheim n°1	02718X0005	Griesheim-p-M	22,5	983 437	2 401 806	169,7 168,73	BSS topo DGPS
Kronembourg Pz 5 (disparu)	02718X0007	Rosheim	31,5	981 585	2 401 381	186,1	BSS
	02718X0014	Rosheim	25	980 436	2 401 585	187	BSS

Secteur Griesheim (suite)

nom courant	numéro BSS	commune	prof.	X =	Y =	Z =	source
piézomètre GR 285C	02718X0034	Bischoffsheim	11,7	983 603	2 400 225	166,4	BSS
piézomètre GR 285B	02718X0035	Bischoffsheim	16	984 533 984 490	2 400 353 2 400 351	162,3 162,97	BSS topo DGPS
piézomètre GR 285	02718X0037	Bischoffsheim	12,4	984 482	2 399 793	158,2	BSS
	02718X0046	Rosheim	33	980 557	2 401 954	192,5	BSS
puits	02718X0049	Bischoffsheim	6,3	981 072	2 400 192	189	BSS
ancien AEP Bischoffsheim	02718X0058	Rosheim	82	982 194 982 171	2 400 969 2 400 946	187 188,55	BSS topo DGPS
puits agricole Neuland	02718X0062	Rosheim	41	979 966	2 401 916	210	BSS
puits agricole	02718X0087	Rosheim	60	981 598	2 402 141	184	BSS
	02718X0088	Rosheim	60	980 577	2 402 214	192	BSS
Alpha Onyx Pz centre aval	02718X0091	Rosheim		981 444	2 401 696	175	BSS
Alpha Onyx Pz centre amont	02718X0092	Rosheim		981 376	2 401 747	158	BSS
puits agricole Mr Pflieger	02718X0093	Bischoffsheim	41,5	983 864 983 769	2 400 529 2 400 512	175 176,96	BSS topo DGPS
puits agricole	02718X0094	Bischoffsheim		982 995	2 399 772	170	BSS
CES Pz centre 2	02718X0124	Rosheim		982 329	2 402 212	165,28	BSS
CES Pz amont	02718X0125	Rosheim		981 971 981 977	2 402 240 2 402 237	181 182,90	BSS topo DGPS
Alpha Onyx Pz aval	02718X0171	Rosheim	25	981 453 981 450	2 401 624 2 401 623	178 178,21	BSS topo DGPS
Alpha Onyx Pz amont	02718X0172	Rosheim	10	981 274	2 401 794	163,5	BSS
sablère Meyer Pz amont	02718X0185	Bischoffsheim	19,5	982 574	2 400 878	167	BSS
sablère Meyer Pz aval	02718X0186	Bischoffsheim	44	982 924	2 400 587	167	BSS
pompe à chaleur Atelier-Relais	02718X0191	Rosheim	50	981 162	2 401 833	188	BSS
Alpha Onyx Pz amont	02718X0192	Rosheim	34	981 223 981 226	2 401 842 2 401 838	175 186,78	BSS topo DGPS
Activator Pz aval	02718X0197	Bischoffsheim	14,8	982 781 982 776	2 399 867 2 399 891	177 173,47	BSS topo DGPS
Transroute Pz aval	02718X0198	Bischoffsheim	27,2	983 044 983 053	2 400 449 2 400 448	180 184	BSS Jaillard GPS
puits agricole	02718X0205	Bischoffsheim	100	982 622	2 400 053	187	BSS
puits terrain de foot	02718X0211	Bischoffsheim	40	981 872 981 807	2 399 794 2 399 790	180,3 181,32	BSS topo DGPS
puits agricole Mr Weber	02718X0217	Bischoffsheim	23	983 979 984 009	2 400 185 2 400 214	187 162,71	BSS topo DGPS
CES Pz aval	02718X0231	Griesheim-p-M		982 489 982 499	2 401 894 2 401 891	176,19 176,53	BSS topo DGPS
CES Pz centre 1	02718X0233	Rosheim		982 185	2 402 238	162	BSS
Badda forage	02718X0236	Bischoffsheim		983 531 983 515	2 400 910 2 400 897	187,5 187,26	BSS topo DGPS
Transroute forage	02718X0238	Bischoffsheim		983 030	2 400 507	180	BSS
Baruch & Fisch Pz	02718X0265	Rosheim		980 734 980 725	2 402 175 2 402 168	192 188,76	BSS topo DGPS
Badda Pz amont		Bischoffsheim		983 364	2 401 018	190,41	topo DGPS
Badda Pz aval		Bischoffsheim		983 758	2 400 766	184,70	topo DGPS
puits agricole Scheyder		Dorlisheim		979 791	2 403 685	191,20	topo DGPS

Points d'accès à la nappe visités (avec accès)

Secteur Stierkopf

nom courant	numéro BSS	maître d'ouvrage, contact	possibilité de mesure de niveau	possibilité de prélèvement d'eau
forage de l'Hôpital Est	02713X0003	SDEA	OK	OK avec pompe 2"
AEP Stierkopf n°4	02713X0004	SDEA	OK	OK au robinet
forage de la Brasserie n°1	02713X0007	AFC : Mr Laparlière 06 09 07 20 26	OK	OK avec pompe 2"
forage de la Brasserie n°2	02713X0008	<i>détruit</i>		
puits privé Centre	02713X0053	<i>pas trouvé</i>		
puits privé Diemer	02713X0054	<i>pas trouvé</i>		
puits privé Jacobi	02713X0055	<i>pas trouvé</i>		
puits privé Huck	02713X0056	Mme Huck : 14 rue des Violettes 03 88 38 53 43 ou 88 97 57 70	OK	OK avec pompe 2"
puits privé Bertrand	02713X0085	<i>décédé ? jardin à l'abandon, fermé...</i>		
puits privé Kauffmann		Joseph Kaufmann : 4 rue du Muguet 03 88 38 01 01	OK	OK au robinet
forage Mattfeld	02713X0092	SDEA	OK	OK au robinet
forage de reconnaissance	02713X0093	<i>pas trouvé (probablement détruit)</i>		
puits privé Wagner	02713X0096	<i>pas trouvé le contact avec le proprio</i>		
puits privé Nussbaumer	02713X0097	<i>pas trouvé le contact avec le proprio</i>		
puits privé Oelinger	02713X0098	<i>Gaston Oelinger (03 88 38 13 35 ou 03 88 54 77) refuse</i>		
Pz 2 (près maison Strub)	02713X0102	?	OK (Hydrant)	OK avec pompe 2"
Pz 3 (Ouest Raisch)	02713X0103	<i>pas trouvé</i>		
Pz aval Alsapan	02713X0104	Mr Leyendecker : 03 88 49 49 77 06 70 31 02 18	OK	OK avec pompe 2"
Pz 8 (entrée parking Raisch)	02713X0112	?	OK (Hydrant)	OK avec pompe 2"
Pz 6 (près caserne)	02713X0113	?	OK (clé 6-pans)	OK avec pompe 2"
Pz 7 (près gare)	02713X0114	?	OK (Hydrant)	OK avec pompe 2"
piézomètre	02714X0047	<i>pas trouvé</i>		
AEP Stierkopf n°5	02714X0058	SDEA	OK	OK au robinet
AEP Stierkopf n°2	02714X0059	SDEA	OK	OK au robinet
AEP Stierkopf n°1	02714X0060	SDEA	OK	OK au robinet
AEP Stierkopf n°3	02714X0061	SDEA	OK	OK au robinet

nom courant	numéro BSS	maître d'ouvrage, contact	possibilité de mesure de niveau	possibilité de prélèvement d'eau
Alpha-Onyx Pz 6 (NW)	02714X0081	Armand Wagner 03 87 65 16 00 06 11 98 73 27	OK (Hydrant)	OK avec pompe 2"
Alpha-Onyx Pz 1 (aval)	02714X0099	-id-	OK (Hydrant)	OK avec pompe 2"
forage n°1 Raisch	02714X0102			
forage n°2 Raisch	02714X0103			
forage n°3 Raisch	02714X0104			
Alpha-Onyx Pz 144 (NE)	02714X0144	Armand Wagner 03 87 65 16 00 06 11 98 73 27	OK (Hydrant)	OK avec pompe 2"
Alpha-Onyx Pz 2 (SE)	02714X0161	-id-	OK (Hydrant)	OK avec pompe 2"
Alpha-Onyx Pz 162 (SW)	02714X0162	-id-	OK (Hydrant)	OK avec pompe 2"
Alpha-Onyx Pz 163 (aval)	02714X0163	<i>pas trouvé (détruit ?)</i>		
puits jardin	02714X0186	<i>pas trouvé (détruit ?)</i>		
Pz 1 (chapelle St-Jacques)	02714X0188	?	OK (clé 6-pans)	OK avec pompe 2"
Pz 4 (parking Raisch)	02714X0189	?	OK (clé 6-pans)	OK avec pompe 2"
Pz 5 (près caserne)	02714X0192	?	OK (clé 6-pans)	OK avec pompe 2"
Alpha-Onyx Pz 4	02714X0275	<i>pas trouvé (détruit ?)</i>		
piézomètre profond 2006	02714X0281	SDEA	OK si sonde à 100m !	OK si pompe à 100m !
puits privé Burckart		Mme Burckart : 8 rue des Vignes 03 88 38 11 58	NON : entièrement clos	possible au robinet
puits privé Gérard		M ^r Gérard : rue des Vignes 03 88 97 42 67 06 23 90 27 58	NON : entièrement clos	possible au robinet
puits privé Dubs		Michel Dubs : 6, rue du cardinal Rohan 03 88 38 35 12	NON : pompe à main	OK avec pompe 2"
puits privé Haller		Jacky Haller : 4, rue du stade 03 88 38 23 81	OK : dans le trou à côté de la pompe à main	OK en lui demandant de démarrer sa pompe
puits privé M ^r Meyer		Patrick Meyer : 1, rue de l'ancienne glacière 03 88 38 17 53	NON : pompe à main	OK à la pompe à main
puits privé M ^r Schmitt		Albert Schmitt : 21, rue du commandant Clerc 03 88 38 40 57	NON : pompe à main	OK à la pompe à main
puits privé M ^r Goldmann		Mr Goldmann : 21, rue Chassepot 03 88 38 49 16	NON : pompe à main	OK à la pompe à main
puits d'arrosage du Dôme		ST de la Ville : Jacques Schmitt 03 90 40 95 07	OK	NON : ne savent pas où est le robinet...

Secteur Griesheim

nom courant	numéro BSS	maître d'ouvrage, contact	possibilité de mesure de niveau	possibilité de prélèvement d'eau
puits privé Restau. Le Forum	02714X0053	Resto : 03 88 38 14 28	OK	OK avec pompe 2"
	02714X0089	<i>pas trouvé</i>		
puits privé Station Antar	02714X0090	<i>détruit</i>		
puits ferme Jost	02714X0170	Anne-Marie Jost : 03 88 38 04 34	OK (ouverture un peu sportive...)	OK avec cardan du tracteur
puits agricole Maurer	02714X0183	Maurer (asperges) : 03 88 38 42 86 06 32 60 92 50	NON : ça ne passe pas dans le coude	OK avec cardan du tracteur (demandé à Mr Jost)
AEP Griesheim n°3	02718X0001	SDEA	NON : sonde sortie difficilement après coïncement...	OK au robinet
AEP Griesheim n°2	02718X0002	SDEA	OK	OK au robinet
Kronembourg Pz 4	02718X0003	Brasseries Kronembourg	OK en passant sous le couvercle	NON : clé perdue...
AEP Griesheim n°1	02718X0005	SDEA	OK	OK avec pompe 2"
Kronembourg Pz 5	02718X0007	<i>détruit</i>		
piézomètre GR 285C	02718X0034	<i>pas trouvé</i>		
piézomètre GR 285B	02718X0035	?	OK (clé 6-pans petite)	NON : la pompe 2" ne passe pas
piézomètre GR 285	02718X0037	<i>pas trouvé</i>		
	02718X0046	<i>pas trouvé</i>		
ancien AEP Bischoffsheim	02718X0058	Commune de Bischoffsheim : Mme Lorentz 03 88 50 41 08	OK	NON : la pompe 2" ne passe pas
puits privé	02718X0062	<i>André Joerger (03 88 50 43 59) refuse</i>		
puits agricole	02718X0087	<i>André Fischer (4 rue de Dorlisheim à Rosheim, 03 88 50 28 31) refuse</i>		
	02718X0088	<i>-id- : André Fischer refuse</i>		
puits agricole Mr Pflieger	02718X0093	Marc Pflieger 03 88 95 70 19	NON : sonde perdue par coïncement...	OK avec cardan du tracteur
puits agricole	02718X0094	<i>pas trouvé</i>		
CES Pz amont	02718X0125	CES-REMEX 03 88 38 81 17 ou André Esslinger 06 15 19 30 30	OK (clé au bureau)	OK avec pompe 2"
Alpha Onyx Pz aval	02718X0171	Armand Wagner 03 87 65 16 00 06 11 98 73 27	OK (clé au bureau)	OK avec pompe 2"

nom courant	numéro BSS	maître d'ouvrage, contact	possibilité de mesure de niveau	possibilité de prélèvement d'eau
sablère Meyer Pz amont	02718X0185	<i>pas trouvé (détruit ?)</i>		
sablère Meyer Pz aval	02718X0186	<i>pas trouvé (chercher à l'intérieur du terrain, près du coin)</i>		
Alpha Onyx Pz amont	02718X0192	Armand Wagner 03 87 65 16 00 06 11 98 73 27	OK (clé au bureau)	OK avec pompe 2"
Activator Pz aval	02718X0197	Activator 03 88 49 22 21 ou André Esslinger 06 15 19 30 30	OK	NON : pas de renouvellement de l'eau
Transroute Pz aval	02718X0198	Transroute 03 88 49 22 22	NON : bouché	NON : bouché
puits agricole	02718X0205	<i>pas trouvé</i>		
puits terrain de foot	02718X0211	Commune de Bischoffsheim : Mme Lorentz 03 88 50 41 08	OK	OK avec pompe 2"
puits agricole Mr Weber	02718X0217	Robert Weber 03 88 95 78 27 06 99 22 78 38	OK	OK avec cardan du tracteur
CES Pz aval	02718X0231	CES-REMX 03 88 38 81 17 ou André Esslinger 06 15 19 30 30	OK (ouverture avec l'aide du trax)	OK avec pompe 2"
Badda forage	02718X0236	Badda SA : M ^r Freymann 03 88 50 42 25	OK avec ouverture de la mousse polyuréthane	OK au robinet
Transroute forage	02718X0238	Transroute 03 88 49 22 22	NON : entièrement clos	NON : pas de robinet !
Baruch & Fisch Pz	02718X0265	Joëlle Bey : 03 88 48 64 14	OK (soulever le couvercle avec le grappin)	NON : pas de renouvellement de l'eau
Badda Pz amont		Badda SA : M ^r Freymann 03 88 50 42 25	OK	OK avec pompe 2"
Badda Pz aval		<i>-id-</i>	OK	OK avec pompe 2"
puits agricole Scheyder		André Scheyder : 03 88 38 15 46	OK	OK au robinet

(Anciennes) décharges

Secteur Stierkopf

n°	nom	activité	remblaiement	contrôle
1	ancienne carrière de grès			
2	ancienne carrière de grès	emplacement choisi pour le forage AEP Stierkopf-2		
3	dépôts en surface de tout venant sur terrain privé			
4	ancienne décharge communale de Mutzig ancienne gravière	Site exploité pour remblais voie ferrée Excavation utilisée comme décharge brute de 1940 à 65. Localisation et emprise au sol de l'excavation peu précise (a priori parc.366 sect.8) Aire d'accueil provisoire des Gens du voyage sédentaires. Aménagement définitif du site programmé.	excavation remblayée : OM, dépôts bouteilles et déchets divers Brasserie Wagner	pas de réseau de surveillance
5	Décharge Alpha Onyx de Dorlisheim Ancienne décharge communale de Dorlisheim ancienne gravière Eck & Denni Surface décharge réaménagée ~ 5,6ha	secteur Nord : ancienne décharge communale ouverte avant 1960, fermée en 1973 secteur Est : ancienne gravière Denni, exploitée de 1963 à 1980, reprise alors par MultiServices, pour stocker des matériaux inertes secteur Ouest : ancienne gravière Eck, exploitée à partir de 1965, et remblayée avec les ordures ménagères de la Commune à partir de 1968, puis du SIVOM après 1974. Repris au début années 90 par Alpha-Onyx qui en a assuré la fermeture : nivellement, apport de terre, mise en culture Site bien intégré au paysage.	OM jusqu'en 1985	12 piézomètres de contrôle problème d' arsenic découvert en 1995

Secteur Griesheim

n°	nom	activité	remblaiement	contrôle
1	anciennes excavations comblées	plus perceptible dans le paysage	nature inconnue	pas de réseau de surveillance
2	anciennes excavations comblées	plus perceptible dans le paysage	nature inconnue	pas de réseau de surveillance
3	excavation	excavation toujours perceptible mais la végétation a repris le dessus ; origine inconnue		
4	Zone d'activités "Les Acacias" ancienne décharge communale de Bischoffsheim ancienne sablière créée avant 1887 Surface décharge réaménagée ~ 0,3ha Prof. excavation initiale estimée à 8 m	Secteur Nord à Nord-Est utilisé comme décharge communale à partir de 1950-60. Fermée depuis environ 30 ans (mais plainte en 1990 pour dépôt et brûlage). Une partie de l'emprise a été rachetée par un privé : site clôturé planté en acacias (dépression topographique) avec déchets visibles. A l'Ouest du bois, site réaménagé et propre (nivelé, apport de terre végétale). Secteur Sud-Ouest présence de 2 étangs en communication servant d'exutoire aux DO de Bischoffsheim Reste du site transformé en zone d'activité « Les acacias » - Activalor exerçant une activité de tri de DIB depuis 5-6 ans. Installation classée - Société Transport et Affrètement de la Vallée - Transports Klein - Location tourisme Les Acacias	excavation remblayée par des déchets divers : OM, monstres, encombrants, ferraille, plastiques ... (donnée CG67) un curage aurait été réalisé au niveau de la fondrière, les résultats analytiques n'auraient pas mis en évidence de contamination spécifique.	Pas de réseau de surveillance de cette « décharge historique » piézomètre à l'aval du site Activalor : 271-8-197 contrôle annuel
5	Transroute ancienne sablière Meyer (activité soumise au code minier) ~ 3 ha	Cessation d'activité de la sablière en février 1991 Site repris par Transroute Enrobés en 1991 : - centrale d'enrobage - recyclage matériaux déconstruction Installation classée (arrêté préfectoral de 1991)	excavation remblayée D'après donnée DDAF il y aurait eu des dépôts ménagers ou industriels (BCEOM, 1993)	piézomètre aval 271-8-198 puits AEI 271-8-238 contrôle semestriel

Secteur Griesheim (suite)

n°	nom	activité	remblaiement	contrôle
6	ancienne sablière Obrecht (activité soumise au code minier)	Cessation d'activités il y a environ 50 ans Site racheté il y a une dizaine d'années par la société Denni Legoll qui remblairait avec des matériaux dits inertes	excavation partiellement remblayée	
7	ancienne sablière Meyer (activité soumise au code minier) Surface dépôt inertes ~ 5 ha	Cessation d'activité il y a 20 ans La société RMB aurait un bail sur le site mais n'est pas autorisée à exercer une activité de remblaiement Devenir du site ? Peut-être une future zone de protection pour la faune...	Excavation laissée en l'état après mise aux normes du site (reprise des talus, clôture périphérique)	piézomètres amont et aval : 271-8-185 et 186 abandonné
8	ancienne carrière à chaux (activité soumise au code minier)	Site exploité par les Est Lehmann jusque vers 1975 Propriété communale Excavation en cours de remblaiement par matériaux inertes (terrain décapage lié aux travaux sur ban communal) Site non protégé, une clôture doit être mise en place prochainement	D'après donnée DDAF il y aurait eu des dépôts ménagers ou industriels	pas de réseau de surveillance
9	ancienne décharge communale de Griesheim-près-Molsheim	Site fermé avant 1960 Dépôt en comblement d'une dépression topographique naturelle (bord de terrasse ?). Site appartenant à un privé (maison individuelle)	nature des dépôts non connue mais a priori il ne s'agirait que de matériaux dits inertes	pas de réseau de surveillance
10	ancienne décharge communale de Griesheim-près-Molsheim dépôt sur 2-5 m d'épaisseur	Site fermé en novembre 1985 Dépôt déchets en comblement d'une dépression topographique générée par l'exploitation de sable par un privé Site réhabilité entre 1990-94 : aménagement paysager, sentier botanique	OM, encombrants, déblais, gravats	pas de réseau de surveillance
11	sablière CES (anciennement Maetz) Surface ~18 ha Prof. 15-25 m selon secteur	Extraction de matériaux sableux jusqu'à la cote altimétrique 162 (soit 1,5 m au-dessus des plus hautes eaux enregistrées) Installation classée (arrêté préfectoral de 2001 en renouvellement) Convention avec la ligue de protection des Oiseaux (mare temporaire selon avancement de l'exploitation)	partiellement remblayée par des matériaux inertes D'après donnée DDAF il y aurait eu des dépôts ménagers ou industriels (BCEOM, 1993)	4 piézomètres : 271-8-124, 125, 231 et 233 contrôle annuel

Secteur Griesheim (suite)

n°	nom	activité	remblaiement	contrôle
12	<p>Déchetterie Alpha Onyx</p> <p>ancienne sablière Eck & Denni</p> <p>ancienne sablière Hembacher (activité soumise au code minier)</p> <p>Surface ~ 9,5 ha Prof. d'exploitation par le passé de l'ordre de 22-25 m (nappe affleurante)</p>	<p>Site repris par Alpha Onyx en 1987 (Installations classées) Centre de valorisation de Rosheim</p> <ul style="list-style-type: none"> - centre de transfert de DIB et de déchets ménagers (arrêté préfectoral du 28/8/98) - centre d'enfouissement technique classe 3 (arrêté préfectoral du 24/3/97 complété par arrêté du 31/7/97) 	<p>excavation partiellement remblayée</p> <p>niveau CET3 mise en place d'un substratum constitué d'argile compactée</p>	<p>5 piézomètres : 271-8-91, 92, 171, 172 et 192</p> <p>contrôle trimestriel</p>
13	<p>ancienne décharge communale de Rosheim</p> <p>ancienne sablière</p>	<p>Décharge communale fermée depuis environ 1980.</p>	<p>excavation remblayée : dépôts en surface actuels issus de la réalisation de la ZA voisine</p>	
14	<p>ancienne décharge communale de Dorlisheim</p> <p>ancienne gravière (activité soumise au code minier)</p> <p>Surface totale du site ~ 4 ha</p> <p>Partie réaménagée ~2,2 ha sur 15-20 m d'épaisseur</p>	<p>Site exploité pour remblai routier puis cédé à la commune</p> <p>Décharge créée en 1975 pour DIB et assimilés par le SICTOM. Réservée pour déchets inertes depuis début 1990</p> <p>Toujours en activité pour remblaiement avec déchets inertes (ouverture 2j/sem. sous contrôle employé de mairie)</p> <p>Site clôturé</p> <p>Sur partie réaménagée projet zone de protection pour la faune : bassin à batraciens, terre pour implantation grand hamster, abris à gibier</p>	<p>Excavation partiellement remblayée : nature des dépôts non connus (inertes en théorie)</p> <p>D'après donnée DDAF il y aurait eu des dépôts ménagers ou industriels</p> <p>Des déchets de toutes sortes sont visibles sur le site.</p>	

Première campagne piézométrique (décembre 2006)

Secteur Stierkopf

nom courant	numéro BSS	Z _{réf} =	repère	profondeur	niveau d'eau
piézomètre profond 2006	02714X0281	273,65	top tube in buse béton	89,87	183,78
AEP Stierkopf n°4	02713X0004	192,12	point rose sur plaque PVC dans la cave	8,10	184,02
AEP Stierkopf n°3	02714X0061	196,94	point rose sur plaque PVC dans la cave	13,38	183,56
AEP Stierkopf n°2	02714X0059	205,68	point rose sur dalle béton dans la cave	23,45	182,23
AEP Stierkopf n°1	02714X0060	199,23	point rose sur dalle béton dans la cave	17,46	181,77
AEP Stierkopf n°5	02714X0058	210,51	top du rebord du capot	28,71	181,81
pont sur la Bruche		193,67	top parapet aval	8,01	185,66
rivière Bruche		184,86	X = 978 567	0,11	184,75
rivière Bruche		183,70	X = 978 854	0,11	183,59
rivière Bruche		183,51	X = 979 060	0,11	183,40
puits privé Kauffmann		188,33	top regard fonte	2,18	186,16
Pz 2 (près maison Strub)	02713X0102	186,32	top couvercle Hydrant	2,31	184,02
Pz 1 (chapelle St-Jacques)	02714X0188	185,62	top tube métal Pz	2,39	183,23
Pz 8 (entrée parking Raisch)	02713X0112	186,72	top couvercle Hydrant	2,77	183,95
forage Raisch	02714X0103	186,62	top regard fonte	2,90	183,72
Pz 4 (parking Raisch)	02714X0189	187,09	top tube métal Pz	3,29	183,80
Pz 6 (près caserne)	02713X0113	187,98	top tube métal Pz	3,99	184,00
Pz 5 (près caserne)	02714X0192	187,27	top tube métal Pz	3,61	183,67
Alpha-Onyx Pz 6 (NW)	02714X0081	193,70	top couvercle Hydrant	13,03	180,67
Alpha-Onyx Pz 144 (NE)	02714X0144	192,84	top tube PVC in buse	13,54	179,30
Alpha-Onyx Pz 1 (aval)	02714X0099	195,50	top couvercle Hydrant	16,68	178,82
Alpha-Onyx Pz 2 (SE)	02714X0161	195,72	top couvercle Hydrant	17,06	178,67
Alpha-Onyx Pz 162 (SW)	02714X0162	200,67	top tube PVC	20,54	180,13

Secteur Griesheim

nom courant	numéro BSS	Z _{réf} =	repère	profondeur	niveau d'eau
Alpha Onyx Pz amont	02718X0192	186,78	top tube métal Pz	27,60	159,18
Alpha Onyx Pz aval	02718X0171	178,21	top tube métal Pz	20,24	157,98
CES Pz amont	02718X0125	182,90	top tube métal Pz	25,17	157,73
CES Pz aval	02718X0231	176,53	top tube PVC in buse	20,26	156,27
AEP Griesheim n°1	02718X0005	168,73	point rose sur dalle béton dans la cave	14,04	154,69
AEP Griesheim n°2	02718X0002	181,83	point rose sur dalle béton dans la cave	28,89	152,95
piézomètre GR 285B	02718X0035	162,97	top tube métal Pz	10,74	152,23
AEP Griesheim n°3	02718X0001	156,43	point rose sur dalle béton dans la cave	sonde coincée	-
ancien AEP Bischoffsheim	02718X0058	188,55	dalle béton du puits	33,18	155,37
Badda Pz amont		190,41	top tube métal Pz	36,44	153,97
Badda forage	02718X0236	187,26	top buse métal ouverte	33,59	153,67
Badda Pz aval		184,70	top tube métal Pz	31,40	153,30
puits agricole Mr Pflieger	02718X0093	176,96	dalle béton du puits	23,87	153,09
puits agricole Mr Weber	02718X0217	162,71	dalle béton du puits	10,00	152,71
puits terrain de foot	02718X0211	181,32	top regard fonte	26,52	154,80
Kronembourg Pz 4	02718X0003	176,20	top tube métal Pz	9,17	167,03
Activator Pz aval	02718X0197	173,47	top tube PVC	14,92	158,55

Deuxième campagne piézométrique (19 juillet 2007)

Secteur Stierkopf

nom courant	numéro BSS	Z _{réf} =	repère	profondeur	niveau d'eau
pont sur la Bruche (Mutzig)		193,67	top parapet aval	8,05	185,62
puits privé Kauffmann		188,33	top regard fonte	1,89	186,44
puits privé Huck	02713X0056	190,33	dalle béton	3,35	186,98
puits de l'Hôpital (est)	02713X0003	191,60	point rose sur dalle béton dans la cave	4,62	186,98
puits de la Brasserie (nord)	02713X0007	197,30	dalle béton dans la cave (haut du puits)	7,67	189,63
puits d'arrosage du Dôme		191,90	top regard fonte	2,41	189,49
puits privé Haller		194,10	top tube métal Pz	2,19	191,91
Pz aval Alsapan	02713X0104	197,67	top tube métal Pz	2,11	195,56
pont sur la Bruche (Gress.)		198,69	top parapet aval	5,11	193,58
forage de reconnaissance	02713X0092	193,00	top tube métal Pz	2,59	190,41
pont sur canal (près 3-92)		193,02	top parapet	1,50	191,52
rivière Bruche (sous N420)		186,89	point orange sur enrochement	0,48	186,41
pont sur canal (près S.Tech)		192,99	top parapet aval	2,39	190,60

Secteur Griesheim

nom courant	numéro BSS	Z _{réf} =	repère	profondeur	niveau d'eau
Alpha Onyx Pz amont	02718X0192	186,78	top tube métal Pz	27,30	159,48
CES Pz amont	02718X0125	182,90	top tube métal Pz	25,14	157,76
Pz aval Baruch & Fisch	02718X0265	188,76	top tube métal Pz	26,44	162,32
puits AEA Jost	02714X0170	189,68	plaque métal	19,99	169,69
puits AEA Scheyder		191,20	top tube in buse	16,51	174,69
puits resto Le Forum	02714X0053	177,97	sol cave	3,19	174,78

Campagne d'analyses de décembre 2006

Secteur Stierkopf

nom commun	numéro BSS	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	HCO ₃	Cl	F	Br	As	Li	Sr	Ba	B
rivière Bruche		12	4,1	6,8	1,2	17,8	5,6	43	8	107	<0,5	1,6	0,001	0,046	0,05	6,5
Pz profond	02714X0281	75,5	45	5,4	17,5	106	13,5	325	9	250	<0,5	0,4	0,025	0,736	0,04	16,4
Stierkopf n°4	02713X0004	82,5	25,8	19	5,3	39,6	29,4	292	40	143	<0,5	7	0,033	0,193	0,149	45
Stierkopf n°3	02714X0061	80,8	26,9	16	4,1	40,8	28,7	289	36	159	<0,5	4,4	0,028	0,227	0,15	37,6
Stierkopf n°2	02714X0059	72,3	25,2	21,3	3,5	38	22,3	275	39	193	<0,5	4,5	0,063	0,232	0,126	43,8
Stierkopf n°1	02714X0060	76,7	25,6	49,5	4,8	48,9	21,5	275	87	233	<0,5	4,4	0,213	0,344	0,119	80,5
Stierkopf n°5 à 62 m	02714X0058	222	50	428	32	334	2,5	361	832	492	<0,1	710	3,37	4,63	0,04	1290
Stierkopf n°5 à 54 m	02714X0058	59,9	17	86,8	6,5	58,2	15,2	165	159	303	0,2	8,8	0,470	0,643	0,085	176
Stierkopf n°5 à 34 m	02714X0058	58,1	16	90,6	6,3	59,6	14,6	155	164	284	0,2	8,3	0,453	0,608	0,089	171
pts Kaufmann		151	18	70,5	11,5	68,6	84	295	154	20	1,5	3,6	0,003	0,255	0,24	102
Pz Strub	02713X0102	94,6	18,1	37,5	6,1	39,4	40,1	235	96	100	<0,5	5,6	0,01	0,207	0,37	71,3
Pz St-Jacques	02714X0188	310	45	1340	74	568	1,6	409	2330	3260	8,8	540	6,55	6,96	0,02	2300
pts Raisch	02714X0103	131	30,3	63	4,5	40,7	8	501	97	150	<0,5	7,6	0,012	0,273	0,34	103
Pz près caserne	02713X0113	102	23,5	27,7	6,4	57,1	26,8	300	64	82	<0,5	5,6	0,019	0,211	0,174	66
Pz près caserne	02714X0192	123	17	65,5	9	62,7	31	262	156	57	<0,5	3,3	0,003	0,24	0,32	90,8
AlphaOnyx amont	02714X0081	75,5	21,4	37,2	4,5	40,3	35,8	243	66	311	<0,5	37,6	0,223	0,44	0,129	103
AlphaOnyx aval	02714X0161	138	48	82	19	43,7	7,5	670	122	293	<0,5	2500	0,201	0,616	0,146	1260

	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	HCO ₃	Cl	F	Br	As		Sr	Ba	B
moyenne	110	27,2	162,3	13,2	103	24,6	315	296,1	405,3	0,85	256,7	0,777	1,072	0,166	396
écart-type	67,4	11	329,3	17,8	143	19,6	126	575	772	2,15	635,6	1,747	1,907	0,102	648,6
anomalie faible	177	38	492	31	246	44	441	871	1177	3	892	2,5	3,0	0,27	1045
anomalie forte	244	49	821	49	390	64	568	1446	1949	5	1528	4,3	4,9	0,37	1693
anomalie négative	42	16	-	-	-	5	189	-	-	-	-	-	-	0,06	-

Secteur Stierkopf (suite)

corrélations

	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	Bic	Cl	F	Br	As	Li	Sr	Ba	B
Ca		66	86	89	88	-13	56	87	76	76	37	86	87	-8	87
Mg	66		47	64	59	-42	78	48	43	32	61	53	61	-32	68
Na	86	47		96	96	-34	25	100	97	94	21	98	95	-37	89
K	89	64	96		97	-33	39	96	93	89	35	95	95	-40	93
SO4	88	59	96	97		-36	25	97	90	84	20	99	99	-43	88
NO3	-13	-42	-34	-33	-36		-19	-33	-36	-15	-32	-40	-41	49	-44
Bic	56	78	25	39	25	-19		24	23	20	74	22	26	16	53
Cl	87	48	100	96	97	-33	24		96	93	21	98	96	-36	89
F	76	43	97	93	90	-36	23	96		97	19	93	88	-40	84
Br	76	32	94	89	84	-15	20	93	97		11	86	80	-28	76
As	37	61	21	35	20	-32	74	21	19	11		22	26	-16	62
Li	86	53	98	95	99	-40	22	98	93	86	22		99	-45	90
Sr	87	61	95	95	99	-41	26	96	88	80	26	99		-46	90
Ba	-8	-32	-37	-40	-43	49	16	-36	-40	-28	-16	-45	-46		-39
B	87	68	89	93	88	-44	53	89	84	76	62	90	90	-39	

nom commun	n° BSS	pesticides	OHV (solvants chlorés)	BTEX (hydrocarbures aromatiques)
rivière Bruche		-	-	-
Pz profond	02714X0281	-	-	-
Stierkopf n°4	02713X0004	atrazine 60 ng/l déséthylatrazine 110 ng/l	trichloroéthylène 0,4 µg/l tétrachloroéthylène 6,3 µg/l	-
Stierkopf n°3	02714X0061	atrazine 60 ng/l déséthylatrazine 100 ng/l	trichloroéthylène 0,3 µg/l tétrachloroéthylène 3,9 µg/l	-
Stierkopf n°2	02714X0059	atrazine 40 ng/l	trichloroéthylène 0,4 µg/l tétrachloroéthylène 2,7 µg/l	-
Stierkopf n°1	02714X0060	atrazine 30 ng/l	tétrachloroéthylène 1,9 µg/l	-
Stierkopf n°5 à 62 m	02714X0058	-	-	-
Stierkopf n°5 à 54 m	02714X0058	déséthylatrazine 50 ng/l	tétrachloroéthylène 0,5 µg/l	-
Stierkopf n°5 à 34 m	02714X0058	déséthylatrazine 50 ng/l	tétrachloroéthylène 0,4 µg/l	-
pts Kaufmann		-	trichloroéthylène 0,4 µg/l	-
Pz Strub	02713X0102	-	tétrachloroéthylène 1,6 µg/l	-
Pz St-Jacques	02714X0188	-	tétrachloroéthylène 0,3 µg/l	benzène 0,4 µg/l toluène 4,3 µg/l éthylbenzène 1,8 µg/l MP-xylène 7,0 µg/l O-xylène 3,9 µg/l 135 triméthylbenzène 0,6 µg/l 124 triméthylbenzène 2,1 µg/l
Pts Raisch	02714X0103	-	trichloroéthylène 3,8 µg/l 12 trans-dichloroéthylène 1,1 µg/l 12 cis-dichloroéthylène 3,6 µg/l chlorure de vinyle 0,5 µg/l	-
Pz près caserne	02713X0113	atrazine 490 ng/l déséthylatrazine 550 ng/l déisopropylatrazine 120 ng/l	111 trichloroéthane 0,3 µg/l	-
Pz près caserne	02714X0192	déisopropylatrazine 80 ng/l simazine 30 ng/l	111 trichloroéthane 0,4 µg/l	-
AlphaOnyx amont	02714X0081	atrazine 30 ng/l	-	-
AlphaOnyx aval	02714X0161	isoproturon 280 ng/l chlortoluron 70 ng/l	-	124 triméthylbenzène 1,0 µg/l

Secteur Griesheim

nom commun	numéro BSS	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	HCO3	Cl	F	Br	As	Li	Sr	Ba	B
AlphaOnyx Pz aval	02718X0171	157	51	18,3	3,6	64,8	54,5	431	57	56	<0,5	0,4	0,013	0,364	0,429	25,7
CES Pz amont	02718X0125	112	39	7,7	0,8	95	96	240	29	257	<0,5	4,6	0,254	0,524	1,02	8,3
CES Pz aval	02718X0231	101	22,7	12,9	2,8	62	70	264	18	95	<0,5	2	0,02	0,321	0,104	11
AEP Griesheim-1	02718X0005	73	31,7	32,7	4,9	49,6	20	262	51	116	<0,5	1,9	0,006	0,262	0,148	18,3
AEP Griesheim-2 à 68 m	02718X0002	71	18	176	10	94	19	262	241	893	<0,5	41,3	0,66	0,96	0,032	399
AEP Griesheim-2 à 53 m	02718X0002	124	23	30,8	2,1	36,9	40,9	412	65	278	<0,5	21,9	0,123	0,362	0,024	35
AEP Griesheim-3	02718X0001	90,7	28,3	8,8	2,1	37	31,3	317	27	172	<0,5	0,4	0,082	0,353	0,141	19,3
Badda Pz amont		91	35	9,2	1	27,1	58	326	30	239	<0,5	0,4	0,015	0,309	0,106	11,4
Badda forage	02718X0236	76,5	21,6	18	1,7	22	27,8	288	29	253	<0,5	5,8	0,092	0,226	0,14	13,1
Badda Pz aval		79,4	20,2	17,3	1,8	20	33,5	278	29	170	<0,5	2,7	0,053	0,227	0,12	16,6
pts agricole Pflieger	02718X0093	93,4	24,9	10,1	1,5	30,2	33,1	321	25	168	<0,5	2	0,059	0,274	0,148	13,4
pts agricole Weber	02718X0217	90,8	29,9	6,7	1,4	35,8	32,1	320	25	170	<0,5	0,4	0,04	0,369	0,148	18,3

	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	HCO3	Cl	F	Br	As	Li	Sr	Ba	B
moyenne	96,6	28,7	29	2,8	47,8	43	310	52,2	239	-	7,0	0,12	0,38	0,21	49
écart-type	23,6	8,89	45,1	2,4	24,7	21,7	56,8	58,6	208	-	11,8	0,18	0,19	0,26	106
anomalie faible	120	38	74	5,2	72	65	367	111	447	-	19	0,29	0,57	0,47	155
anomalie forte	144	46	119	7,7	97	86	424	169	655	-	31	0,47	0,76	0,74	261
anomalie négative	73	20	-	0,4	23	21	253	-	31	-	-	-	0,19	-	-

corrélations

	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	Bic	Cl	F	Br	As	Li	Sr	Ba	B
Ca		70	-31	-25	23	53	74	-20	-38	-	-17	-25	-9	41	-30
Mg	70		-37	-23	26	49	41	-27	-44	-	-46	-33	-12	61	-35
Na	-31	-37		93	54	-40	-21	99	93	-	91	90	88	-26	99
K	-25	-23	93		56	-44	-17	92	75	-	76	74	76	-28	90
SO4	23	26	54	56		42	-27	56	48	-	46	66	78	55	55
NO3	53	49	-40	-44	42		-6	-36	-28	-	-30	-12	-2	75	-35
Bic	74	41	-21	-17	-27	-6		-9	-27	-	-5	-32	-21	-18	-20
Cl	-20	-27	99	92	56	-36	-9		92	-	92	90	90	-21	98
F	-38	-44	93	75	48	-28	-27	92		-	92	96	89	-17	95
Br	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
As	-17	-46	91	76	46	-30	-5	92	92	-		89	83	-25	89
Li	-25	-33	90	74	66	-12	-32	90	96	-	89		95	7	92
Sr	-9	-12	88	76	78	-2	-21	90	89	-	83	95		11	91
Ba	41	61	-26	-28	55	75	-18	-21	-17	-	-25	7	11		-23
B	-30	-35	99	90	55	-35	-20	98	95	-	89	92	91	-23	

Secteur Griesheim (suite)

nom commun	numéro BSS	pesticides : triazines	pesticides : urées substituées
AlphaOnyx Pz aval	02718X0171	atrazine 200 ng/l déséthylatrazine 200 ng/l déisopropylatrazine 50 ng/l simazine 180 ng/l terbutylazine 70 ng/l	-
CES Pz amont	02718X0125	-	-
CES Pz aval	02718X0231	-	-
AEP Griesheim-1	02718X0005	atrazine 30 ng/l déséthylatrazine 50 ng/l	diuron 80 ng/l
AEP Griesheim-2 à 68 m	02718X0002	-	-
AEP Griesheim-2 à 53 m	02718X0002	-	-
AEP Griesheim-3	02718X0001	-	-
Badda Pz amont		-	-
Badda forage	02718X0236	-	-
Badda Pz aval		-	-
pts agricole Pflieger	02718X0093	-	-
pts agricole Weber	02718X0217	-	-

Campagne d'analyses de août 2007

Secteur Stierkopf

nom commun	numéro BSS	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	HCO ₃	Cl
puits privé Dubs		81,5	12,2	31,6	13,2	39,7	50	240	45
puits privé Meyer		123	14,4	23,4	1,1	70	72,6	285	28
puits privé Haller		126	22,6	23,4	3,3	52,4	49,2	379	40
puits privé Huck	02713X0056	110	16,5	3,1	16,8	48,2	55,2	322	110
forage Mattfeld	02713X0092	71,3	19,1	12,5	2,1	22,9	9,9	259	22
puits privé Schmitt		80	12,1	51	70	56,8	75	232	99
puits privé Goldmann		155	18,6	49,8	6,1	66,8	102	329	108
Pz aval Alsapan	02713X0104	119	26	10,7	1,3	39,6	34,9	390	30
forage de la Brasserie n°1	02713X0007	85,3	22,5	8,9	1,7	33,2	22,7	294	22
forage de l'Hôpital	02713X0003	108	28,6	29,5	13,5	58	49,8	342	70

	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	HCO ₃	Cl
moyenne	108	24	107	13	81	36	312	201
écart-type	56	10	264	19	115	26	103	461
anomalie faible	164	34	371	32	196	61	415	662
anomalie forte	220	44	635	50	310	87	518	1123
anomalie négative	53	14	-	-	-	10	209	-

corrélations

	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	Bic	Cl
Ca		60	81	58	85	1	57	83
Mg	60		48	33	59	-47	72	49
Na	81	48		71	96	-30	22	100
K	58	33	71		71	-1	18	72
SO4	85	58	96	71		-28	23	97
NO3	1	-47	-30	-1	-28		-9	-29
Bic	57	72	22	18	23	-9		22
Cl	83	49	100	72	97	-29	22	

nom commun	n° BSS	pesticides	OHV (solvants chlorés)	BTEX (hydrocarbures aromatiques)
puits privé Dubs		désisopropylatrazine 20 ng/l	-	-
puits privé Meyer		atrazine 90 ng/l déséthylatrazine 30 ng/l simazine 30 ng/l terbutylazine 110 ng/l	-	-
puits privé Haller		-	chloroforme 0,2 µg/l/l	-
puits privé Huck	02713X0056	-	-	-
forage Mattfeld	02713X0092	-	tétrachloroéthylène 0,2 µg/l	-
puits privé Schmitt		-	tétrachloroéthylène 0,3 µg/l	-
puits privé Goldmann		-	-	-
Pz aval Alsapan	02713X0104	déséthylatrazine 30 ng/l	-	benzène 0,7 µg/l toluène 2,3 µg/l éthylbenzène 0,3 µg/l MP-xylène 1,3 µg/l O-xylène 0,7 µg/l 124 triméthylbenzène 2,1 µg/l
forage de la Brasserie n°1	02713X0007	-	-	124 triméthylbenzène 0,5 µg/l
forage de l'Hôpital	02713X0003	atrazine 90 ng/l déséthylatrazine 110 ng/l désisopropylatrazine 30 ng/l simazine 20 ng/l	trichloroéthylène 0,4 µg/l tétrachloroéthylène 1,0 µg/l	-

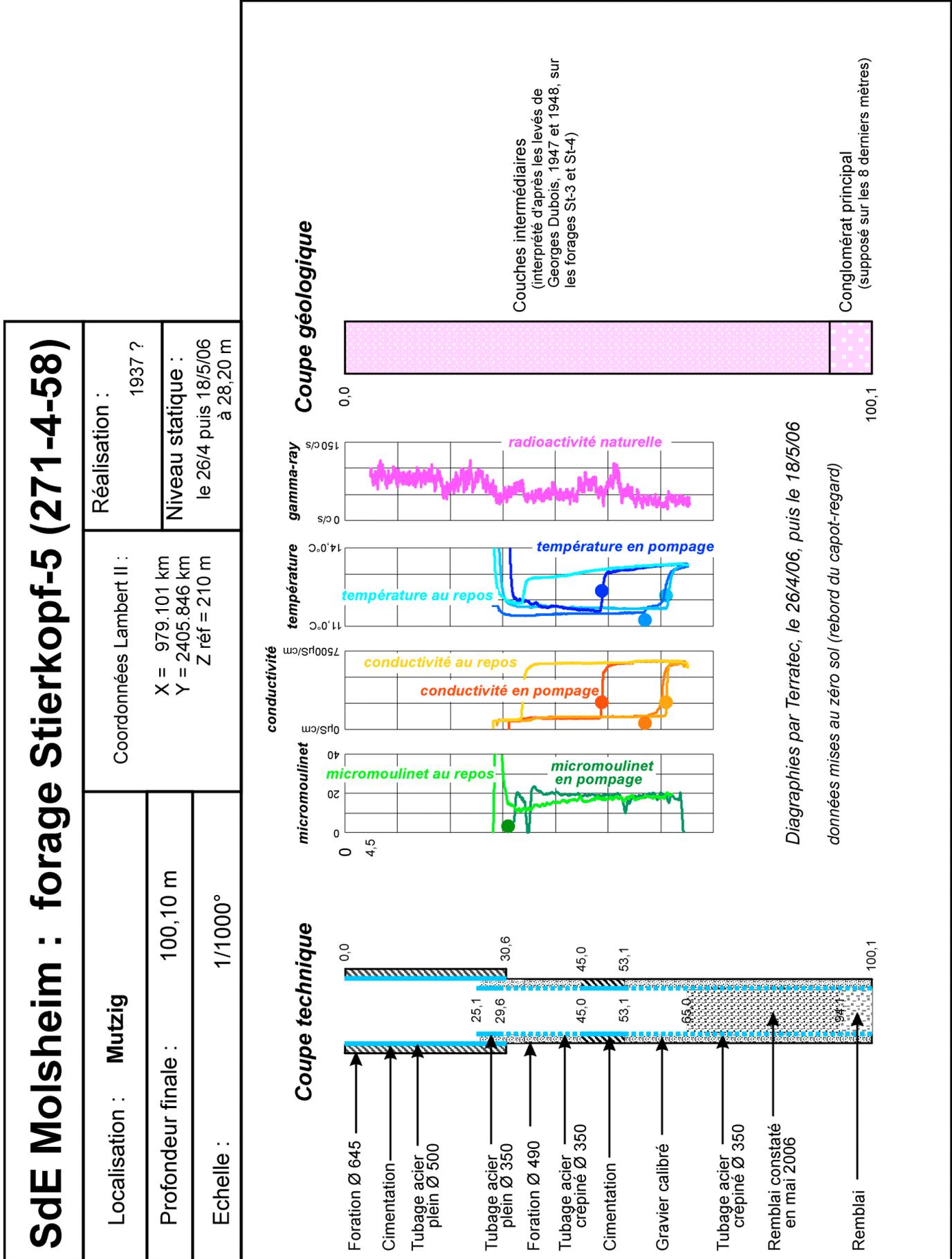
Secteur Griesheim

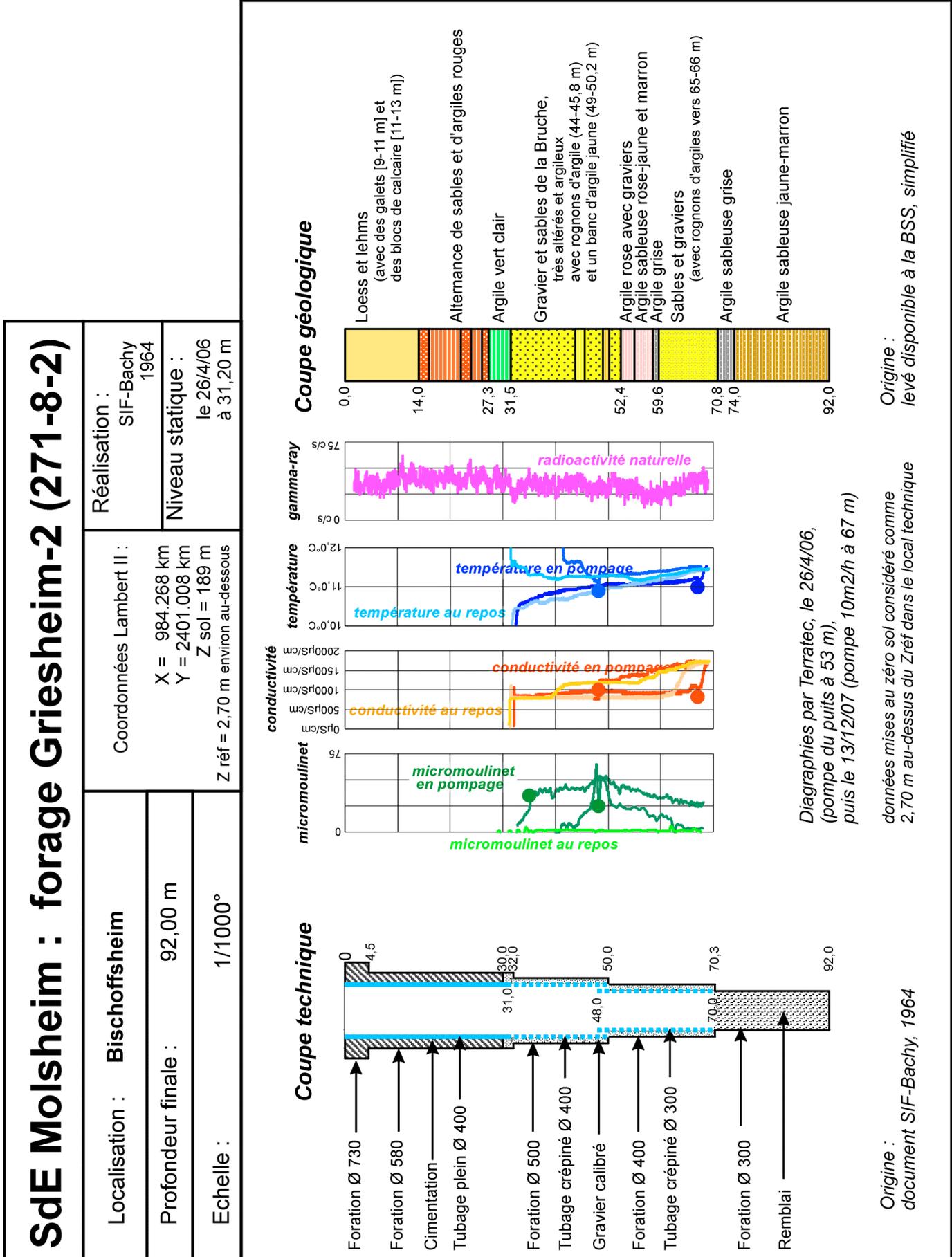
nom commun	numéro BSS	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	HCO ₃	Cl	F	Br	As	Li	Sr	Ba	B
Resto le Forum	02714X0053	240	44,6	46,6	20,5	77,4	169	375	271	70	<0,5	<1	0,039	0,704	0,323	54,6
pts Scheyder		138	21,9	23,6	2,9	76,5	87	317	51	129	<0,5	6,7	0,078	0,445	0,115	53,8
pts ferme Jost	02714X0170	149	26,8	16,9	2,7	73,8	83,5	309	86	132	<0,5	32,4	0,122	0,616	0,034	34
pts Maurer	02714X0183	145	25,7	13,6	2,4	64,9	105	279	75	120	<0,5	25,1	0,086	0,565	0,037	26,5
AlphaOnyx pz amont	02718X0192	109	42,2	8,6	1,2	55,7	55,2	355	48	216	<0,5	<1	0,043	0,451	0,140	11,1

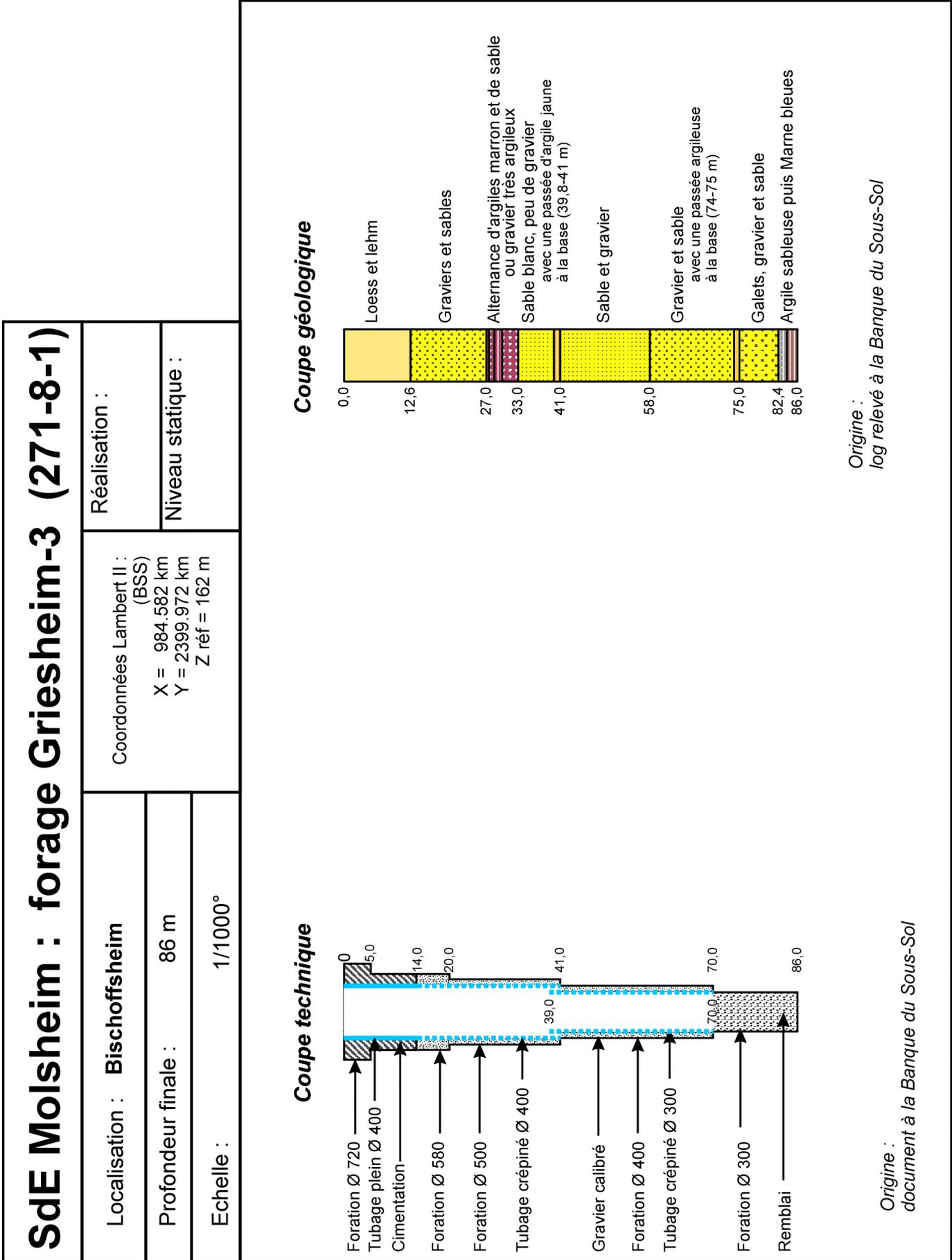
	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	HCO ₃	Cl	F	Br	As	Li	Sr	Ba	B
Moyenne	114	30	27	4	54	60	315	68	208	-	9	0,11	0,43	0,19	45
écart-type	41	9	39	5	23	38	52	71	183	-	13	0,15	0,19	0,23	89
anomalie faible	155	39	66	8	78	98	367	139	391	-	21	0,26	0,62	0,42	135
anomalie forte	197	48	104	13	101	135	419	211	574	-	34	0,41	0,81	0,65	224
anomalie négative	73	21	-	-	31	22	263	-	25	-	-	-	0,24	-	-

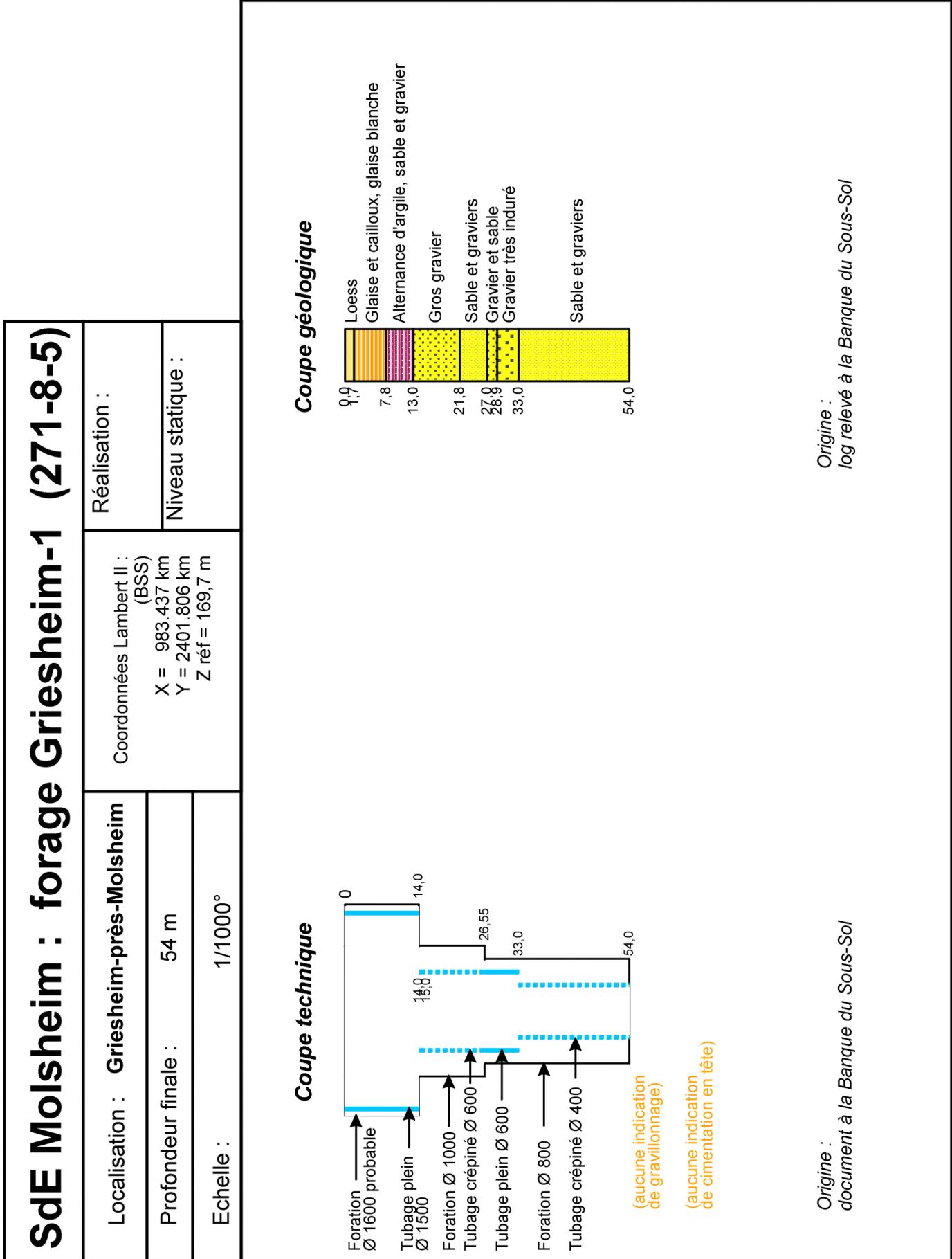
Corrélations

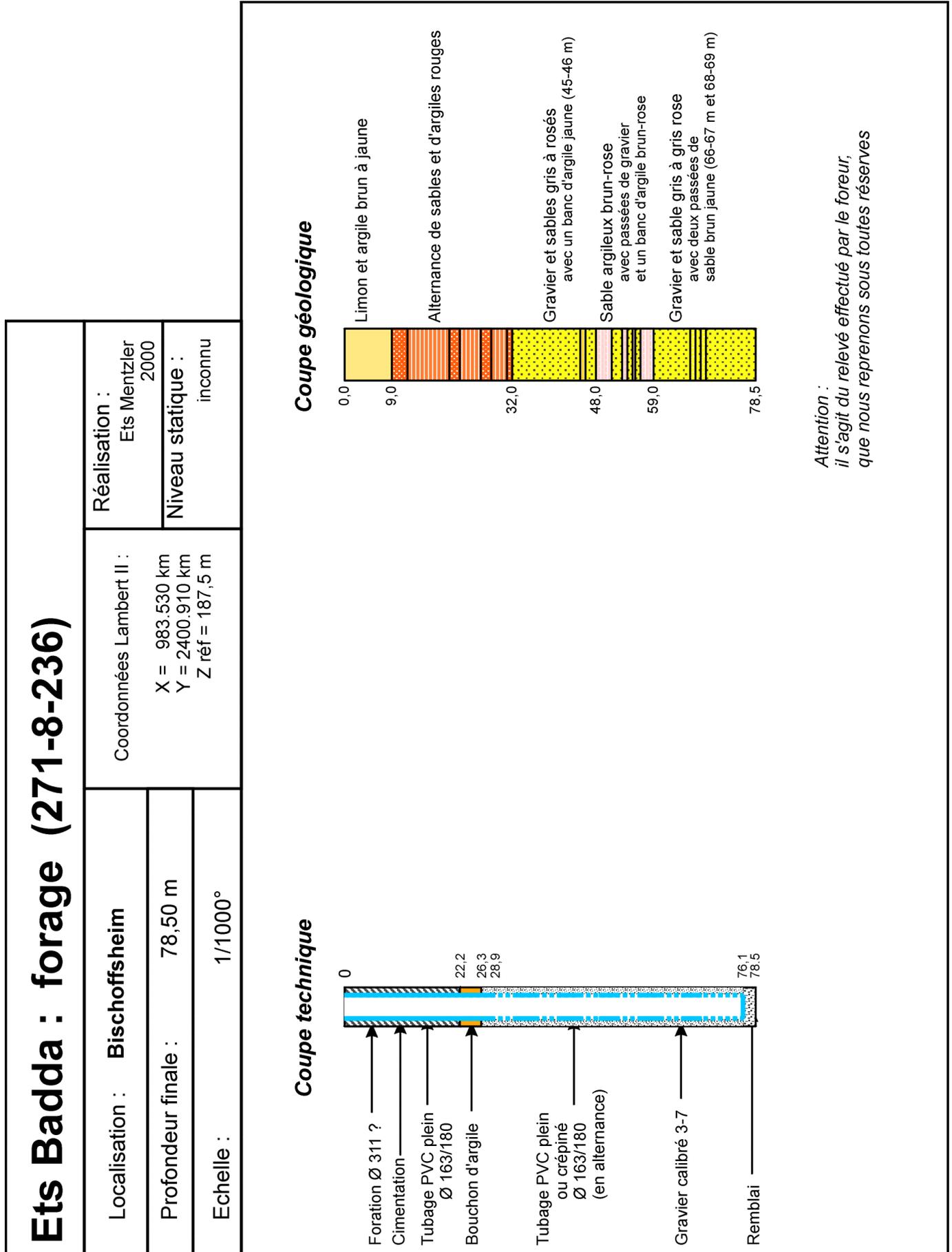
	Ca	Mg	Na	K	SO4	NO3	Bic	Cl	F	Br	As	Li	Sr	Ba	B
Ca		52	-10	62	45	88	53	52	-42	-	1	-23	39	19	-14
Mg	52		-27	25	23	41	51	12	-38	-	-47	-34	4	56	-31
Na	-10	-27		52	45	-15	-16	75	87	-	64	87	73	-19	98
K	62	25	52		43	55	18	92	15	-	12	23	60	2	42
SO4	45	23	45	43		54	-15	55	27	-	43	53	80	41	47
NO3	88	41	-15	55	54		14	44	-38	-	-2	-17	41	33	-18
Bic	53	51	-16	18	-15	14		13	-28	-	-17	-34	-8	-10	-19
Cl	52	12	75	92	55	44	13		45	-	46	53	83	-6	69
F	-42	-38	87	15	27	-38	-28	45		-	63	93	59	-12	90
Br	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
As	1	-47	64	12	43	-2	-17	46	63	-		72	69	-33	68
Li	-23	-34	87	23	53	-17	-34	53	93	-	72		75	6	91
Sr	39	4	73	60	80	41	-8	83	59	-	69	75		5	76
Ba	19	56	-19	2	41	33	-10	-6	-12	-	-33	6	5		-20
B	-14	-31	98	42	47	-18	-19	69	90	-	68	91	76	-20	

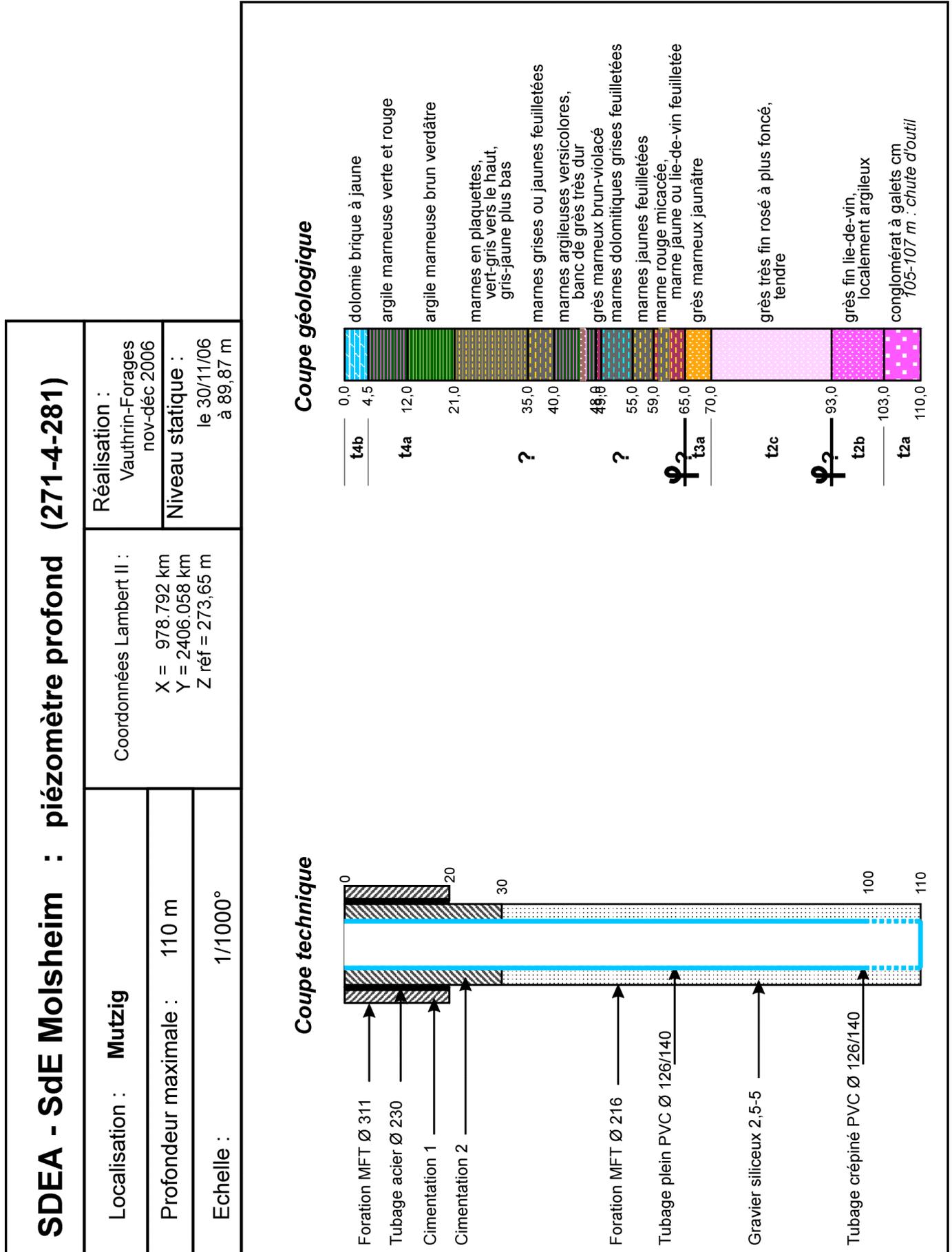


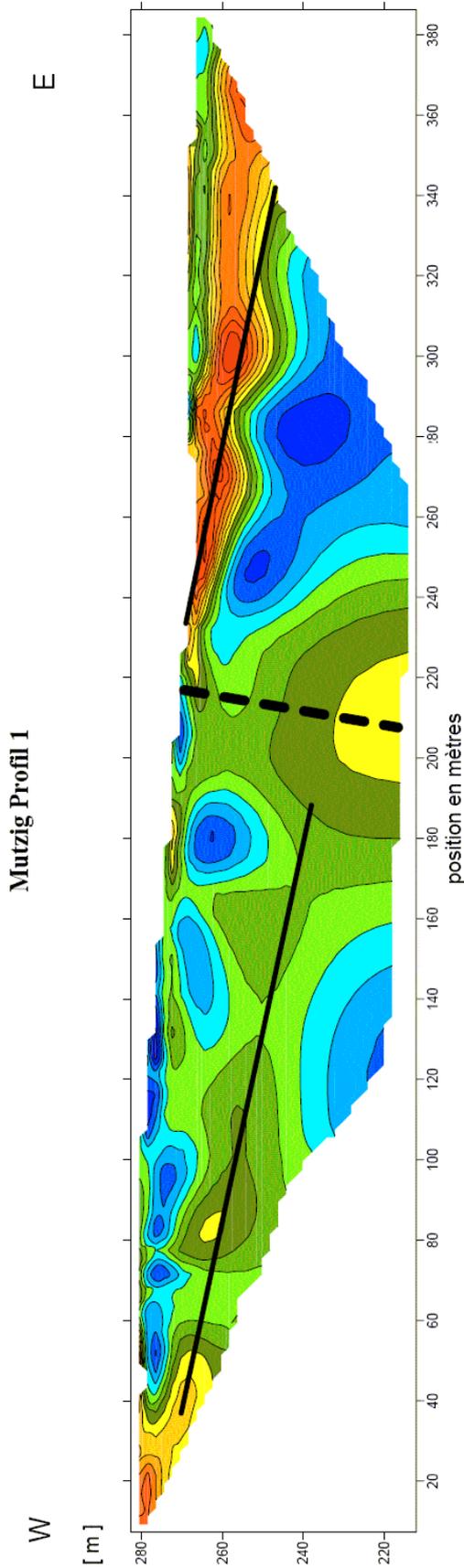






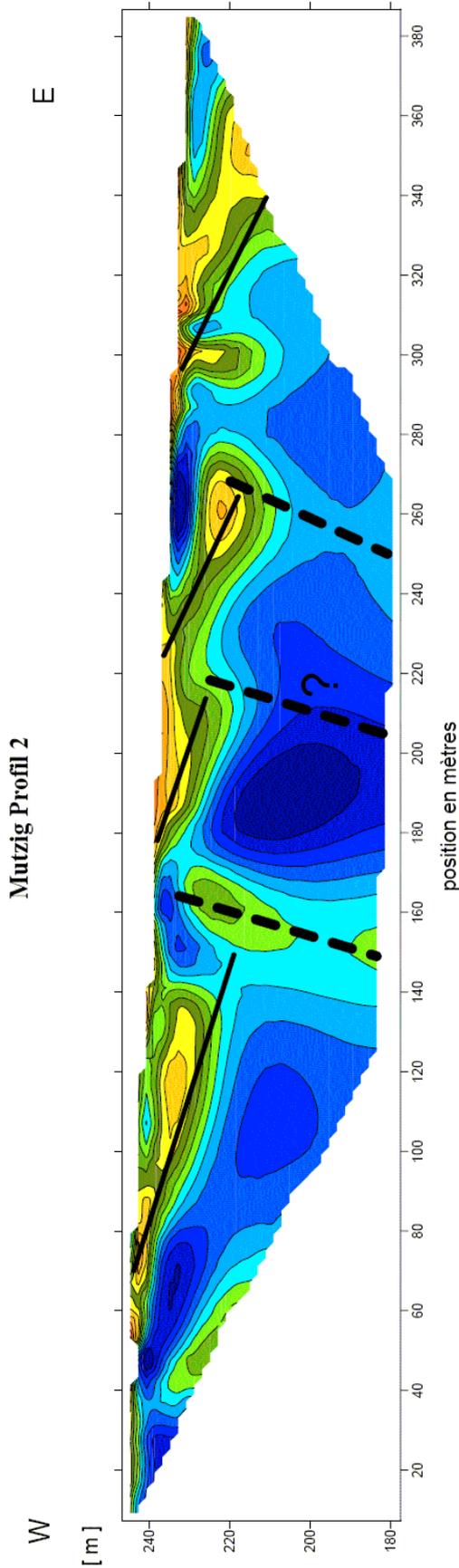






faille interprétée

terrateg Geophysical Services Dipl.-Geol. Dr. D. Köpp / K. Brauch www.terrateg-geoservices.com	Schillerstraße 3 D-49423 Heisterheim Tel.: 0049 (0) 7834-4644 www.terrateg-geoservices.com	
	échelle: longueur 1: 1000 hauteur 1: 1000	client:
projet: Mutzig Prospection géophysique tomographie électrique		
contenu: Profil de tomographie électrique	annexe: 2	
date: 1.08.2006	proj.-no.: 06-0108	



résistivité
 (Ohm*m)



faillie interprétée



terrateg Geophysical Services Dipl.-Geol. Dr. D. Kopp / K. Brauch Schillerstraße 3 D-49423 Heisterheim Tel.: 0049 (0) 7934-4644 www.terrateg-geoservices.com	échelle: longueur 1: 1000 hauteur 1: 1000
	client:
projet: Mutzig Prospection géophysique tomographie électrique	
contenu: Profil de tomographie électrique	annexe: 2
date: 1.08.2006	proj.-no.: 06-0108