

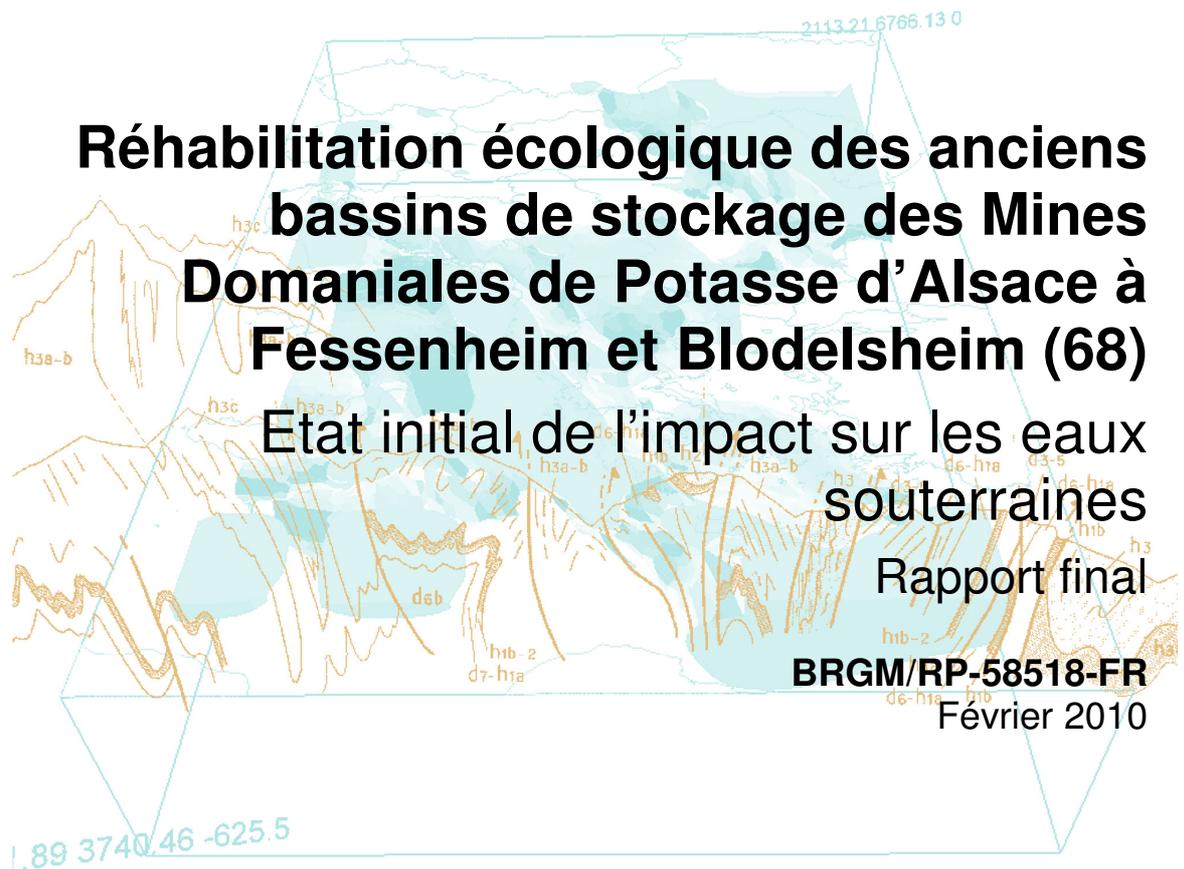


Réhabilitation écologique des anciens bassins de stockage des Mines Domaniales de Potasse d'Alsace à Fessenheim et Blodelsheim (68) Etat initial de l'impact sur les eaux souterraines

Rapport final

BRGM/RP-58518-FR

Février 2010



**Réhabilitation écologique des anciens
bassins de stockage des Mines
Domaniales de Potasse d'Alsace à
Fessenheim et Blodelsheim (68)**
Etat initial de l'impact sur les eaux
souterraines
Rapport final

BRGM/RP-58518-FR
Février 2010

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2008 08EAU104

S.URBAN
Avec la collaboration de
C. Cressot & J. Boucher

Vérificateur :

Nom : M. Genevier

Date : 04/05/2010

Signature :

Approbateur :

Nom : Ph. Weng

Date : 27-04-2010

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Mots clés : île de Fessenheim, bassin de stockage, MDPA, Chlorures, Conservatoire des sites alsaciens, Projet de réhabilitation.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : Urban S., (2010), Réhabilitation écologique des anciens bassins de stockage des Mines Domaniales de Potasse d'Alsace à Fessenheim et Blodelsheim (68). Etat initial de l'impact sur les eaux souterraines. Rapport final. BRGM/RP-58518-FR. 2010

© BRGM, 2010, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le Conservatoire des sites alsaciens (CSA) ambitionne de réhabiliter une partie de l'île de Fessenheim afin d'y créer des zones humides dans une logique de préservation de la nature (réserve d'espèces menacées, aire de repos d'oiseaux migrateurs).

La mise en eaux, à cet effet, des anciens bassins de stockage des Mines Domaniales de Potasse d'Alsace risque de provoquer une dissolution et un apport en chlorures supplémentaire dans la nappe phréatique. Cette contamination tardive s'ajoutant ainsi à la pollution historique.

Du fait d'un colmatage insuffisant des bassins, une partie des saumures stockées avant leur déversement dans le Rhin s'est infiltrée dans le sol pour contaminer la nappe phréatique. Ces Bassins ont été utilisés par les MDPA de 1960 à 1970.

A la demande du CSA, le BRGM a effectué une campagne de mesures piézométriques et de qualité physico-chimique des eaux souterraines durant le premier semestre 2009 afin de caractériser un état initial de la nappe avant les travaux de mise en eaux des bassins.

Des mesures de niveau d'eau et de conductivité électrique ont été réalisées sur l'ensemble des piézomètres existants sur l'île de Fessenheim. La fréquence des mesures a été généralement hebdomadaire. La conductivité électrique constitue une mesure relativement simple pouvant être mise en relation avec la concentration en chlorures dans cette zone où elle constitue la pollution majeure. Au cours de la campagne de mesure, trois prélèvements ont été effectués pour l'analyse des éléments majeurs.

Les chroniques de suivi de la conductivité ainsi que les résultats des trois analyses montrent que l'impact actuel des contaminations en chlorures provenant des bassins ne peut être mis en évidence que sur quelques piézomètres. On peut estimer que l'ensemble des mesures correspond à des concentrations inférieures à 120 mg/l.

Toutefois, ces quelques piézomètres ne reflètent qu'une partie réduite des impacts encore mesurables :

1. ils ne captent que la tranche très superficielle de la nappe phréatique (quelques mètres sous le niveau statique), alors que la contamination en chlorures atteint des niveaux plus profonds de la nappe ;
2. ils se concentrent dans la partie Nord – Est des bassins, ne pouvant ainsi que fournir une indication de l'impact du bassin n°4, c'est-à-dire le plus au nord.

L'interprétation des données piézométriques n'a pas permis de confirmer la direction d'écoulement globalement Sud / Nord à Sud-Ouest / nord – Est généralement admise

pour la région. Il apparaît plutôt que des variations d'écoulement très locales existent sur l'île de Fessenheim.

Les quelques piézomètres présentant des valeurs de conductivité électrique reliées à l'impact historique des bassins ne peuvent ainsi servir que d'indicateurs minimaux.

Estimer l'état initial plus complètement demanderait d'abord d'identifier les directions d'écoulement sur l'île de Fessenheim. Ceci afin de déterminer les parties aval et amont des quatre bassins. Dans un deuxième temps un ou plusieurs piézomètres d'une profondeur de 30 m seraient nécessaires afin de caractériser au moins l'ensemble de la tranche superficielle de la nappe phréatique.

Des tests de perméabilité du fond des bassins après compactages ont été effectués par le CSA courant 2009. Ils ont montré des valeurs d'infiltrations majoritairement très faibles au droit des bassins (perméabilités de 10^{-8} à 10^{-9} m/s). Dans le cas de mesures complémentaires de réduction des infiltrations, il n'est peut être donc pas nécessaire de déployer toutes les recommandations exprimées et seul un suivi des quelques piézomètres jugés intéressants pourra suffire à titre d'indicateurs des variations de concentrations générales après mise en eau des bassins.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Contexte général	9
2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE.....	9
2.1.1. Localisation de la zone d'étude	9
2.1.2. Topographie	10
2.2. CONTEXTE HISTORIQUE.....	12
2.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	14
3. Campagnes d'analyse des eaux souterraines	17
3.1. RESEAU EXISTANT	17
3.2. CAMPAGNES DE MESURE	17
3.2.1. Matériel, méthode et fréquence	17
3.3. CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE.....	18
4. Résultats des analyses	21
4.1. PIEZOMETRIE	21
4.2. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE.....	25
5. Conclusion	33
6. Bibliographie	35

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation de l'île de Fessenheim	10
Illustration 2 : Extrapolation des altitudes dans le secteur de l'île de Fessenheim	11
Illustration 3 : Visualisation en trois dimensions de l'île de Fessenheim.....	12
Illustration 4 : Schéma de l'évolution des rectifications du Rhin et de la naissance du « Petit Rhin »	13
Illustration 5 : Coupe géologique du piézomètre PZ4 (03795X0038/S) suivi par les MDPA	14
Illustration 6 : Diagramme PIPER pour les valeurs de PZ14 et PZ4.....	19
Illustration 7 : Concentrations équivalentes des éléments majeurs des principales composantes des eaux souterraines (diagramme de Piper), Extrait du rapport INTERREG.	20
Illustration 8 : Mesure de concentration en chlorures sur le piézomètre PZ4	20
Illustration 9 : Cartographie des niveaux piézométriques de la nappe libre au 08/04/2009.....	22
Illustration 10 : Cartographie des battements de la nappe relevés durant la campagne de mesures.....	24
Illustration 11 : Mesures de conductivités électriques	27
Illustration 12 : corrélation entre les conductivités électriques et la concentration en chlorures de la nappe sur la base des analyses 2007 effectuées dans le cadre du contrôle et la surveillance de la salinité en aval du bassin potassique.	29
Illustration 13 : Cartographie des concentrations en chlorures dans la tranche 0 – 30 m de profondeur (Rapport INTERREG III)	30

Liste des annexes

Annexe 1 RESULTATS D'ANALYSES DE LA CAMPAGNE DE PRELEVEMENT DU 13/03/09 (PZ4, PZ8, PZ14)	37
---	----

1. Introduction

Les anciens bassins des Mines Domaniales de Potasse d'Alsace (MDPA) sont situés sur l'Île du Rhin au droit des communes de Blodelsheim et Fessenheim. Ils couvrent une superficie totale de 35 ha. Ces bassins ont été créés en 1960 sur des terrains mis à disposition des MDPAs par EDF, dans le but de réguler les rejets dans le Rhin des saumures en provenance du bassin potassique ; cette régulation répondait aux exigences de déversement d'eaux saumâtres dans le fleuve. Le stockage provisoire des saumures dans les bassins lors de l'exploitation, qui s'est poursuivie jusqu'en 1976, s'est notamment traduit par la décantation de quantités importantes de matières en suspension sur le fond des bassins, entraînant un comblement partiel et progressif de ces derniers, ainsi que par la migration de sels dans le sous sol naturellement drainant vers la nappe phréatique. L'usage industriel et ses effets ont conduit à des transformations profondes des écosystèmes présents sur le site, déjà fortement modifiés suite aux travaux d'aménagement du Rhin : la rectification de Tulla au XIX^{ème} siècle puis la création du Grand Canal d'Alsace (GCA) à la fin des années 1950 à Fessenheim, ont en effet conduit, à une échelle beaucoup plus vaste, à une transformation irréversible des écosystèmes rhénans, la zone d'expansion des crues du Rhin ayant été supprimée, les anciens bras déconnectés et la nappe phréatique fortement abaissée, ce qui a entraîné une forte régression des formations humides sur l'ensemble de la partie Sud de la bande rhénane.

Le projet de réhabilitation des anciens bassins de stockage des MDPAs a pour principal objectif de re-naturer de manière artificielle un vaste écosystème palustre par la remise en eau et l'aménagement de cet ancien site industriel. Le site re-naturé sera favorable au développement de la biocénose rhénane inféodée aux zones humides lenticules et offrira un site d'accueil stratégique, positionné directement sur l'axe rhénan, à l'avifaune migratrice empruntant l'un des principaux couloirs migratoires en Europe occidentale.

Pour mener ce projet, le Conservatoire des Sites Alsaciens (CSA) a confié en avril 2007 à un bureau d'étude spécialisé une étude de faisabilité technique et opérationnelle. Cette étude a pour objectifs de déterminer la faisabilité technique du projet de renaturation, au regard des différentes contraintes et des potentialités du site.

Une première phase de diagnostic du site, de synthèse des besoins et des contraintes du projet s'est achevée en janvier 2008. Les résultats obtenus ont permis d'engager une deuxième phase de l'étude avec des compléments d'analyse nécessaires pour évaluer un éventuel risque de contamination de la nappe phréatique par des résidus de chlorure de sodium présents dans les sédiments et réaliser des tests et des mesures *in situ* de perméabilité après compactage.

Le CSA a sollicité le BRGM (Service géologique régional Alsace) pour qu'il lui apporte un appui dans la réalisation d'un état initial de l'impact du site actuel sur la nappe phréatique.

Afin d'évaluer la situation existante du point de vue des pollutions historiques en chlorures, une campagne de mesure des eaux souterraines a été menée de Janvier à Août 2009. La pollution en chlorures étant la seule connue dans le secteur pouvant générer des variations significatives de conductivité, c'est ce paramètre facilement mesurable qui a été retenu pour cette campagne. Des mesures de niveaux d'eau sont également effectuées.

2. Contexte général

2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

2.1.1. Localisation de la zone d'étude

L'île de Fessenheim est située entre le Grand Canal du Rhin (GCR) où la navigation est permise pour les bateaux à gabarit dit « européen » et l'ancien Rhin, non navigable.

Cette île est rattachée à la France par le belvédère du barrage Hydroélectrique de Fessenheim. Les anciens bassins de stockage des MDPA (au nombre de 4) sont, quant à eux, situés au Nord Ouest de l'île, de visu avec la centrale hydroélectrique gérée par EDF.

L'illustration 1 présente la position de l'île avec quelques éléments hydrogéologiques qui conditionneront la campagne de mesures

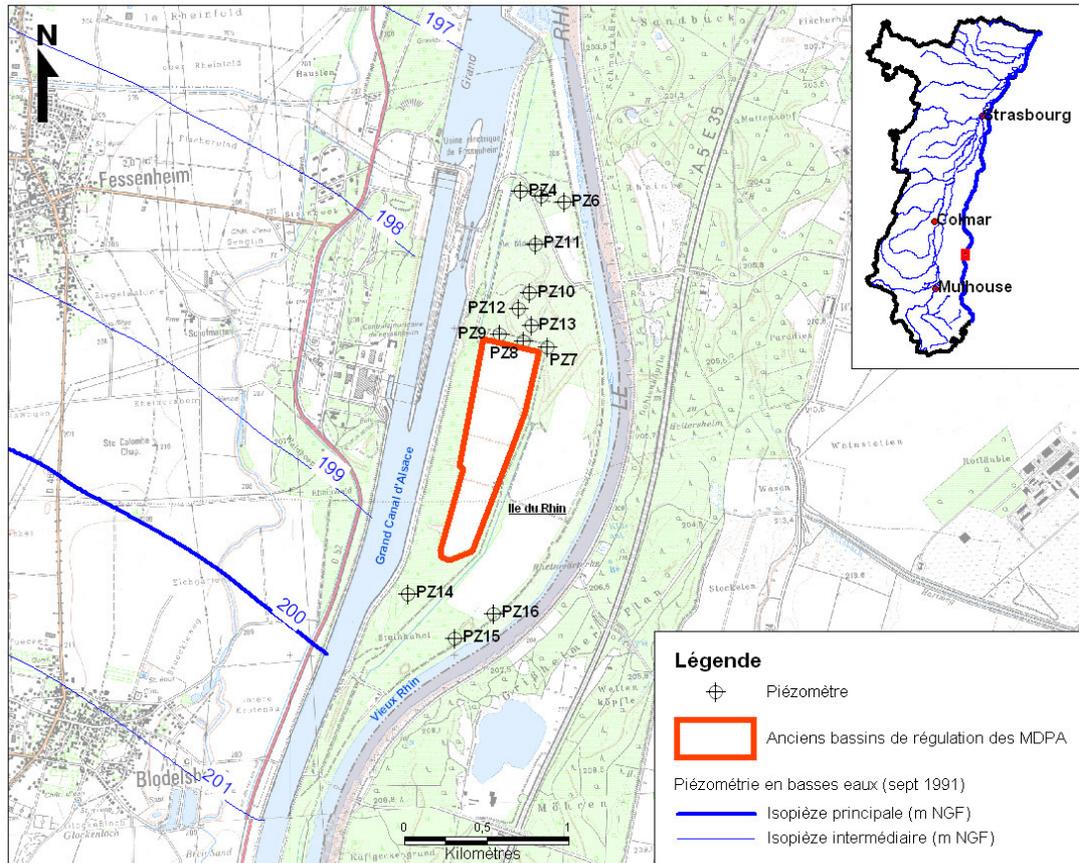


Illustration 1 : Localisation de l'île de Fessenheim

2.1.2. Topographie

L'île de Fessenheim est délimitée par la digue anti-crue du GCR à l'Ouest. Cette digue a une altitude moyenne de 220 m (le niveau du GCR est situé à 3 m en dessous de celle-ci). A l'Est, on observe l'ancien Rhin dont l'altitude moyenne est de 196 m, suivant le Nivellement Général Français (NGF). L'île à l'exception des anciens bassins de stockage, a une altitude comprise entre 203 et 207 mNGF. L'ancien Rhin a donc une berge gauche abrupte dont la pente moyenne est de 20 %.

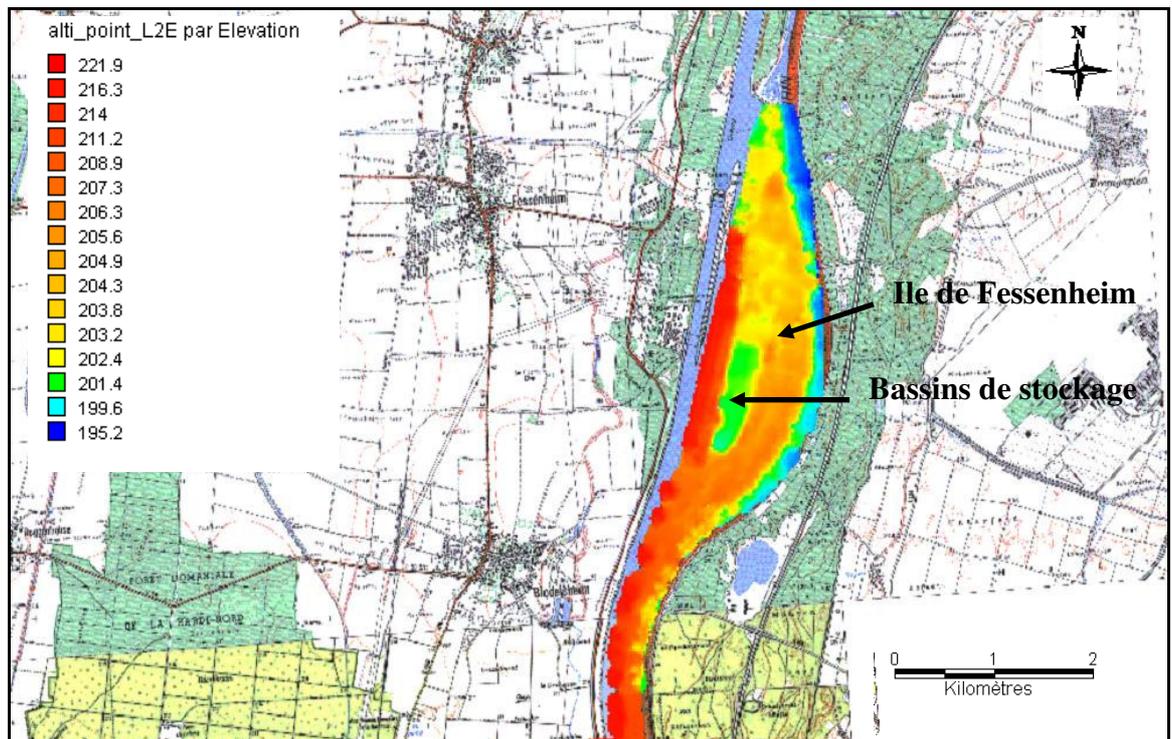


Illustration 2 : Extrapolation des altitudes dans le secteur de l'île de Fessenheim

Les bassins de stockage ont été décaissés mécaniquement. Ainsi, ils constituent une zone plane dont l'altitude moyenne est de 201 mNGF. La visualisation en 3 dimensions des altitudes sur l'île permet de discerner les niveaux des 2 bras du Rhin. A l'Ouest la digue a pour fonction de contenir le marnage de hauteurs lors du stockage et du relargage des eaux pour la production hydroélectrique.

L'ancien Rhin est situé en contrebas de la partie orientale de l'île. Les 4 bassins sont séparés par une butte de 3 mètres de haut.

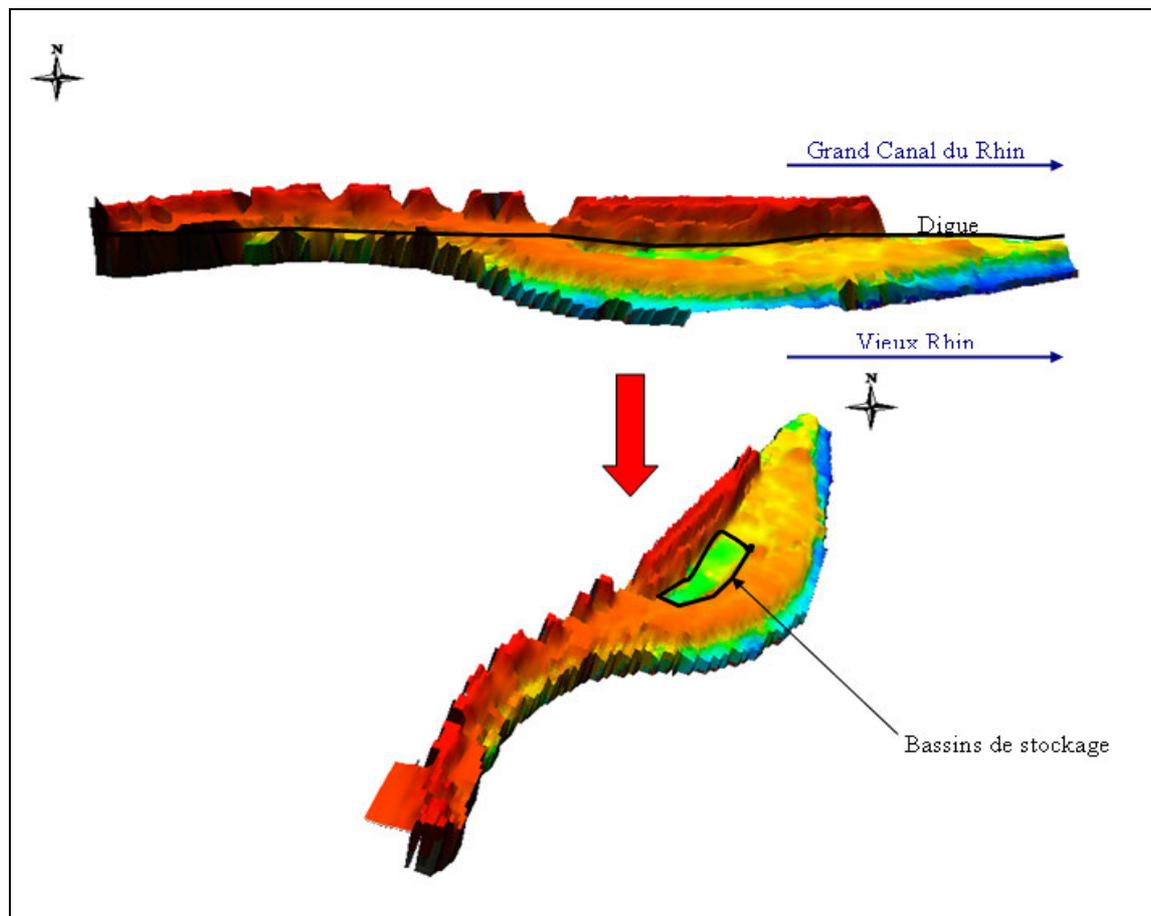


Illustration 3 : Visualisation en trois dimensions de l'île de Fessenheim

2.2. CONTEXTE HISTORIQUE

Ce projet s'inscrit directement dans le cadre d'une anthropisation importante des écosystèmes locaux. En effet, une grande partie de ces dégradations provient des travaux d'aménagements du Rhin. On citera ainsi, la création du Grand Canal d'Alsace, à la fin des années 1950.

Cette dernière a engendré de manière irréversible des impacts sur les écosystèmes rhénans avec :

- la déconnection des bras affluents ;
- la suppression de la zone d'expansion des crues ;
- l'abaissement de la nappe phréatique ;
- la régression des zones humides sur l'ensemble de la partie Sud de la bande rhénane.

Les travaux de rectification du Rhin et la création du Grand Canal ont eu de fortes incidences sur le niveau piézométrique. En effet l'enfoncement du lit consécutif à la rectification et le déficit en termes de débit dans l'ancien Rhin ont entraîné une baisse du niveau de la nappe de plusieurs mètres [7].

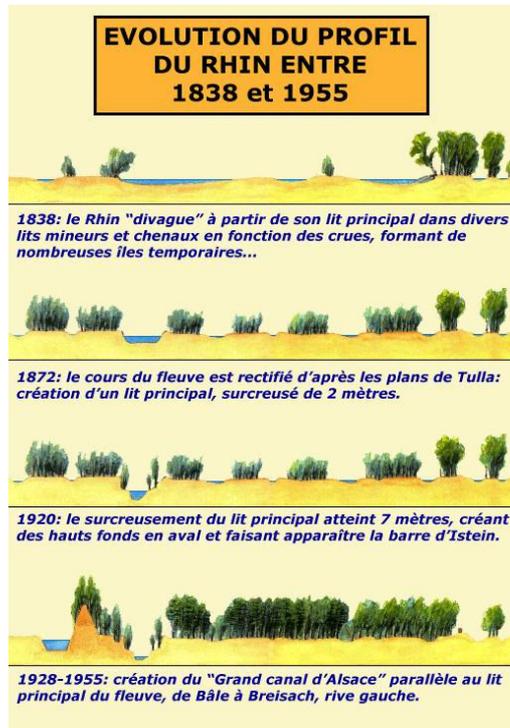


Illustration 4 : Schéma de l'évolution des rectifications du Rhin et de la naissance du « Petit Rhin »

D'après l'illustration 4, les aménagements successifs du Rhin supérieur au cours des 19^{ème} et 20^{ème} siècles ont eu des conséquences négatives sur la fonctionnalité des écosystèmes :

- perte quasi totale de la dynamique fluviale et des champs d'expansion des crues ;
- altération de la biodiversité et régression ;
- disparition des espèces et milieux caractéristiques.

Ainsi, les anciens bras notamment ont été totalement isolés. En 50 ans, une grande partie s'est ensasée. Cette situation a perturbé le fonctionnement et la biodiversité du fleuve ainsi que l'alimentation de la nappe d'Alsace.

2.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

L'île de Fessenheim se situe dans la plaine alluviale du Rhin constitué dans sa partie supérieure affleurante de sables et de graviers avec des proportions variables de silts.

La nappe libre s'écoule globalement dans les alluvions de bordure (Vosges ou Forêt Noire) en direction du Rhin pour suivre ensuite approximativement l'écoulement du Rhin du Sud vers le Nord.

La coupe du piézomètre PZ4 (point BSS 03795X0038/S) situé dans la partie nord de l'île indique la lithostratigraphie suivante :

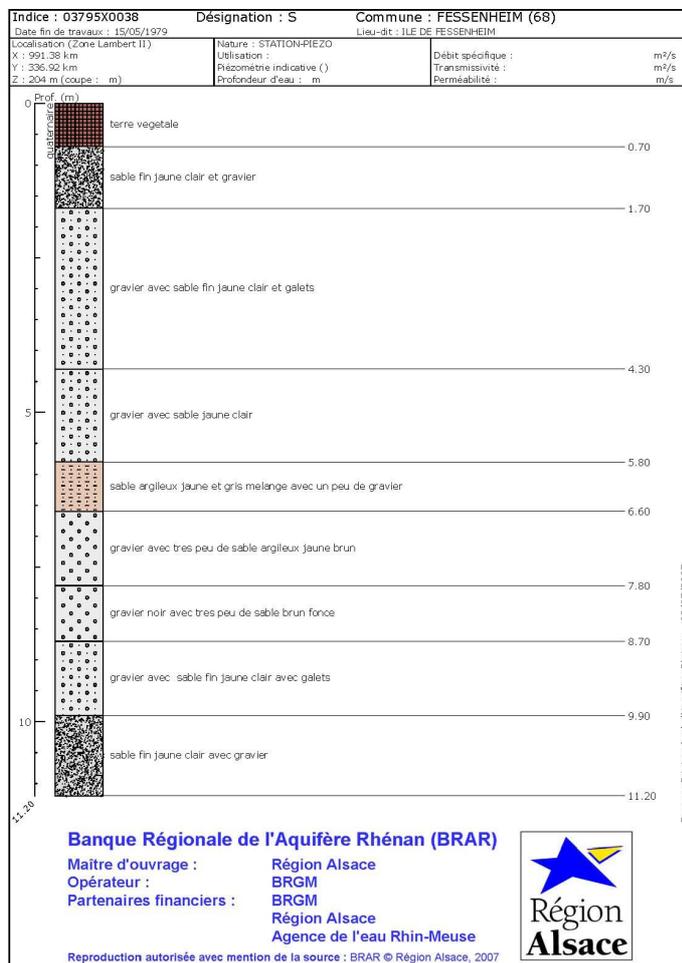


Illustration 5 : Coupe géologique du piézomètre PZ4 (03795X0038/S) suivi par les MDPA

La tranche superficielle montre ainsi une relative homogénéité stratigraphique, hormis un niveau de sables argileux. Il est possible que celui-ci induise localement une différenciation entre des eaux très superficielles et celle sous-jacentes. Il n'est toutefois pas évident, en l'absence de coupes documentant les autres piézomètres, que cette couche se poursuive sur l'ensemble de la zone d'étude.

3. Campagnes d'analyse des eaux souterraines

3.1. RESEAU EXISTANT

En préparation de la campagne de mesure, une reconnaissance des points d'accès à la nappe a été faite par les agents BRGM en compagnie d'une représentante des MDPa ainsi que deux membres du Conservatoire des Sites Alsaciens.

Grâce à sa connaissance de l'historique du site, Monsieur D. Ackermann a permis d'ajouter une dizaine de points de mesure supplémentaires, s'ajoutant ainsi au piézomètre suivi par les MDPa. Leurs coordonnées ont été estimées par GPS. Il s'agit de piézomètres de surveillance ayant été mis en place par EDF. Il n'existe apparemment aucune trace documentaire concernant leur forage ou leur utilisation. Au cours de la campagne de mesure, Monsieur Ackermann a retrouvé la trace de deux piézomètres supplémentaires situés, eux, en bordure Sud-Est de l'île.

Au cours de la campagne de mesures, il s'est avéré nécessaire d'obtenir une évaluation précise de l'altitude du terrain naturel au droit de ces points de mesure. Ceci afin de pouvoir calculer l'altitude du niveau de la nappe libre à partir de sa profondeur relative au sol.

La gracieuse contribution de deux universitaires de l'EOST (Marc Munschy et Daniel Boulanger de l'Institut de la dynamique de la lithosphère et des bassins sédimentaires) a permis de lever les approximations de départ : un relevé altimétrique de la plupart des points a été réalisé en avril 2009. Pour cela, D. Boulanger a utilisé un GPS TRIMBLE équipé d'une base TRIMBLE 5700 et d'un mobile TRIMBLE 5800. Un post-traitement des données a été effectué en utilisant le logiciel Trimble Geomatics Office avec les données de la base GPS d'Entzheim.

3.2. CAMPAGNES DE MESURE

3.2.1. Matériel, méthode et fréquence

Deux types de mesures simultanées ont été effectués sur les piézomètres :

- une mesure de niveau de la nappe par sonde piézométrique ;
- une mesure de conductivité électrique à l'aide d'un conductimètre relié par un câble d'une vingtaine de mètres à une sonde.

A chaque piézomètre, deux mesures de conductivité électrique ont été effectuées : l'une à quelques 50 cm du niveau de nappe libre et une autre à la profondeur maximum du piézomètre, c'est-à-dire généralement à deux ou trois mètres sous la

surface libre de la nappe ; les piézomètres utilisés ne permettant que de capter la partie superficielle de l'aquifère.

Après quelques premières journées de mesures, le SGR Alsace a fait l'acquisition et utilisé une pompe de terrain afin de renouveler l'eau des piézomètres. On a pu ainsi confirmer la bonne connexion entre les points de mesure et la nappe (absence de colmatage malgré la présence de fines en fond de piézomètre).

Les mesures ont été effectuées d'une manière générale à un rythme hebdomadaire de Janvier à Août 2009.

3.3. CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE

Au cours de la campagne de mesures, un prélèvement de contrôle a été effectué sur trois piézomètres le 13/03/2009. Ceux-ci ont été choisis du Nord au Sud de l'île : PZ4 (pointe Nord de l'île), PZ8 (limite Nord de l'emprise des bassins) et PZ14 (sud des bassins).

Les prélèvements d'échantillon pour analyse ont été effectués après renouvellement complet de la colonne d'eau des piézomètres. Les échantillons ont été analysés en laboratoire (voir résultats annexe I).

Les analyses sur les piézomètres PZ14 et PZ4 montrent des concentrations en chlorures relativement faibles (respectivement 17 et 16 mg/l) alors que pour le piézomètre PZ8 situé en bordure Nord les chlorures atteignent 79 mg/l.

Les analyses ont été reportées sur un diagramme Piper décrivant les rapports de proportions entre les différents groupes d'anions et de cations (illustration 6).

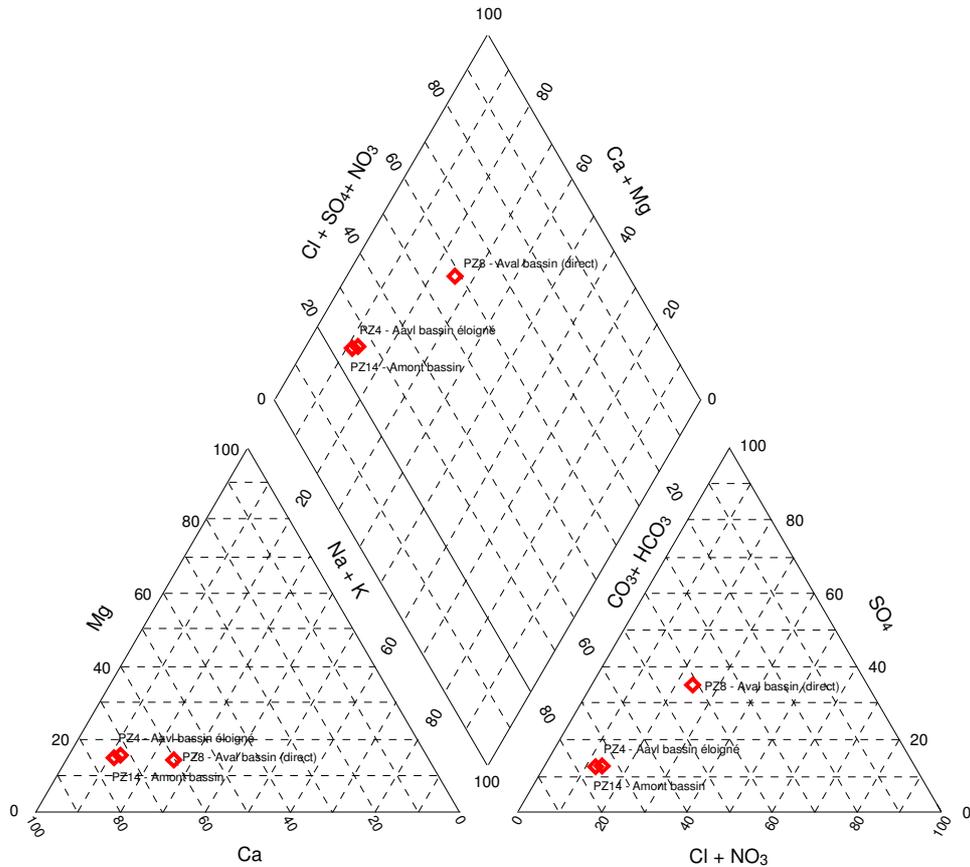


Illustration 6 : Diagramme PIPER pour les valeurs de PZ14 et PZ4

Le positionnement des valeurs pour PZ14 et PZ4 sur le diagramme PIPER (Illustration 6) est similaire au positionnement des composantes d'eau « Recharge locale » et « Rhin et Grand Canal d'Alsace » décrites dans le rapport INTERREG « Outil de gestion transfrontalier de la pollution saline des eaux souterraines entre Fessenheim et Burkheim » (illustration 7).

Si l'on s'intéresse plus particulièrement à la concentration en chlorures, les valeurs pour PZ14 et PZ4 (17 et 16 mg/l) se rapprochent plus de l'intervalle défini pour la composante « recharge locale » (19 – 36 mg/l) que de celui défini pour la composante « Rhin et Grand Canal d'Alsace » (31 – 53 mg/l).

Ainsi il semble que les échantillons prélevés dans ces deux piézomètres soient essentiellement représentatifs d'eaux provenant de précipitations et d'infiltrations locales. Dans ce contexte, le rapport INTERREG attribue la présence de chlorures à des pollutions diffuses d'origine agricole et à des sources naturelles (fond géochimique).

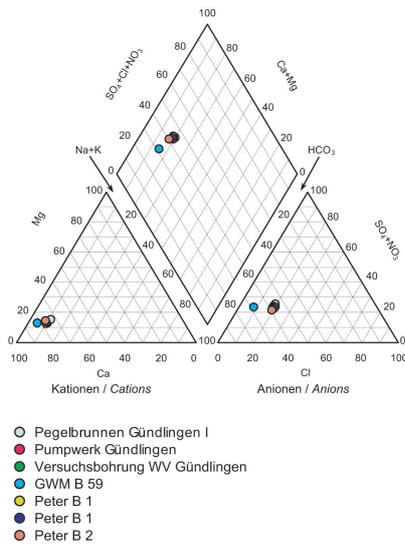


Abb. 3.11.1: Lokale Grundwasserneubildung
Fig. 3.11.1: Recharge locale

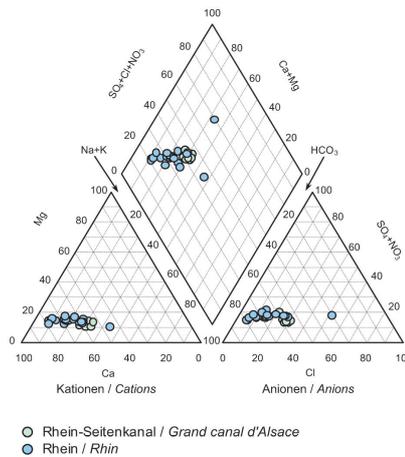


Abb. 3.11.2: Rhein und Rhein-Seitenkanal
Fig. 3.11.2: Rhin et grand canal d'Alsace

Illustration 7 : Concentrations équivalentes des éléments majeurs des principales composantes des eaux souterraines (diagramme de Piper), Extrait du rapport INTERREG.

L'analyse effectuée sur le PZ8 indique que la chimie de ce point se distingue nettement des deux autres. Son positionnement sur le diagramme ainsi que sa concentration en chlorures ne permet pas d'envisager une corrélation avec une composante particulière possible analysée dans le rapport. Il reste que sa position géographique en bordure du bassin n°4 indique clairement que sa concentration en chlorures y trouve là son origine.

Tous ces éléments d'appréciation pour les trois piézomètres analysés sont cependant à considérer avec précaution. Les prélèvements ont été effectués dans des forages ne captant que la tranche la plus superficielle de l'aquifère. Les résultats ne peuvent même pas être représentatifs de la partie supérieure de l'aquifère (tranche de 0 à 30 m de profondeur).

Enfin, il est à remarquer que la mesure de concentration en chlorures effectuée sur le piézomètre PZ4 (16 mg/l le 13 mars 2009) est cohérente avec celles obtenues par le suivi du réseau de surveillance des MDPA :

PZ4 (03795X0038)

Dates de prélèvement Concentration en chlorures (mg/l)

Dates de prélèvement	Concentration en chlorures (mg/l)
07-janv-09	23
08-avr-09	18,97
18-nov-09	14,1

Illustration 8 : Mesure de concentration en chlorures sur le piézomètre PZ4

4. Résultats des analyses

4.1. PIEZOMETRIE

Les données piézométriques issues des campagnes de mesure ne confirment pas les directions d'écoulement Sud – Nord à Sud/Ouest – Nord/Est généralement admises dans le secteur, A titre d'exemple, l'illustration 9 présente les mesures piézométriques à la date du 8 avril 2009 accompagnées d'une extrapolation selon le logiciel Vertical Mapper.

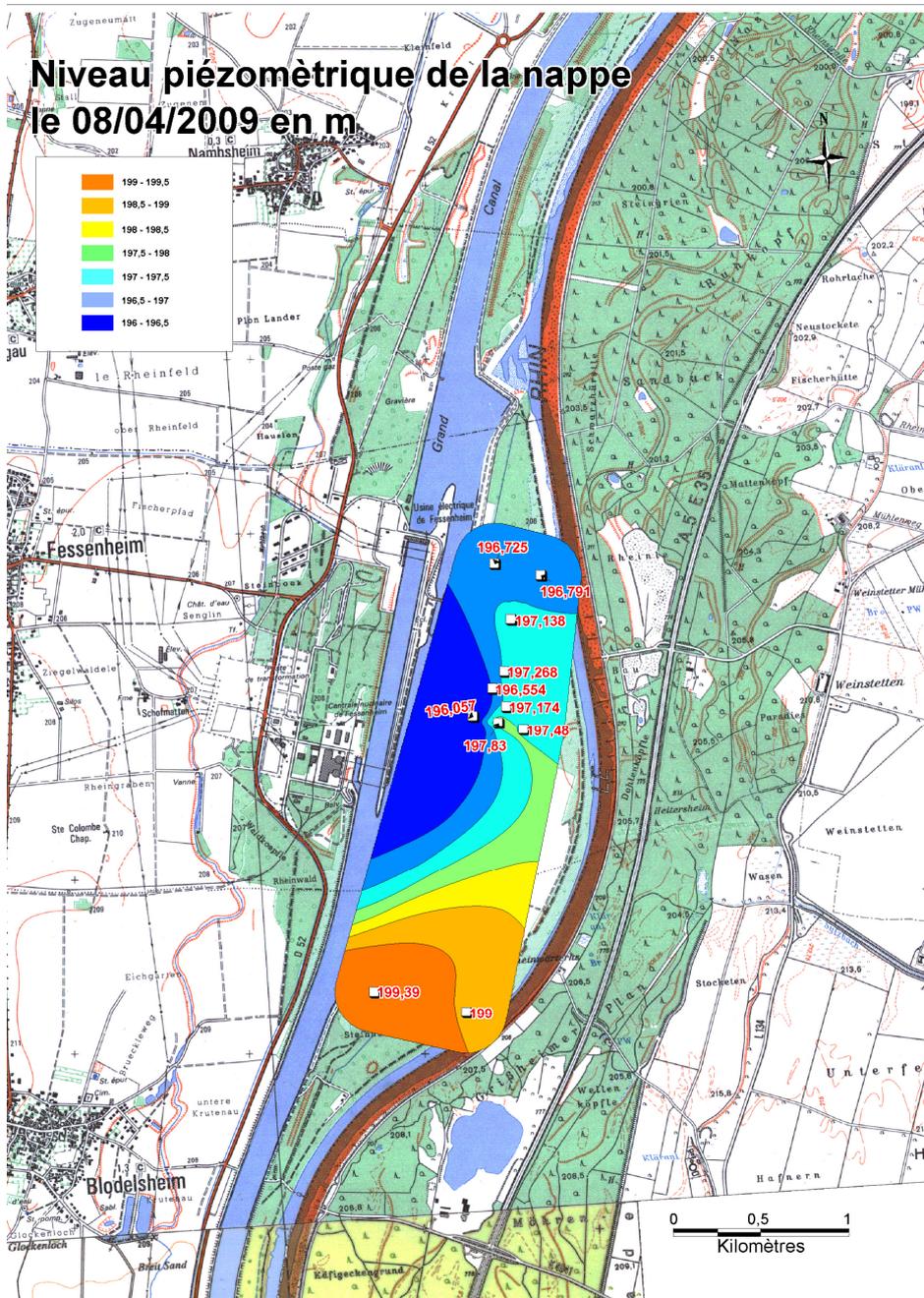


Illustration 9 : Cartographie des niveaux piézométriques de la nappe libre au 08/04/2009.

L'allure des courbes piézométriques extrapolées indique une direction d'écoulement Est – Ouest dans la partie centrale de l'île. De même les mesures piézométriques pour d'autres dates indiquent également des directions d'écoulement divergentes d'un sens globalement Sud – Nord. Seule l'implantation de nouveaux points de mesures dans la partie centrale et sud de l'île permettrait de mieux cerner la réalité plus complexe que prévue des directions d'écoulement.

La cartographie du battement de la nappe à différents points de mesures peut également conduire à des résultats qui n'étaient *a priori* pas attendus. En effet, à l'échelle des quelques kilomètres d'extension de l'île, les caractéristiques hydrogéologiques de la nappe phréatique varient peu. Aussi on est en mesure d'observer des battements de valeur équivalentes pour tous les points..L'illustration 10 reproduit la variation de niveaux piézométriques mesurés entre le 1^{er} et le 27 juillet 2009. Cette variation est la plus importante mesurée au cours de la présente étude.

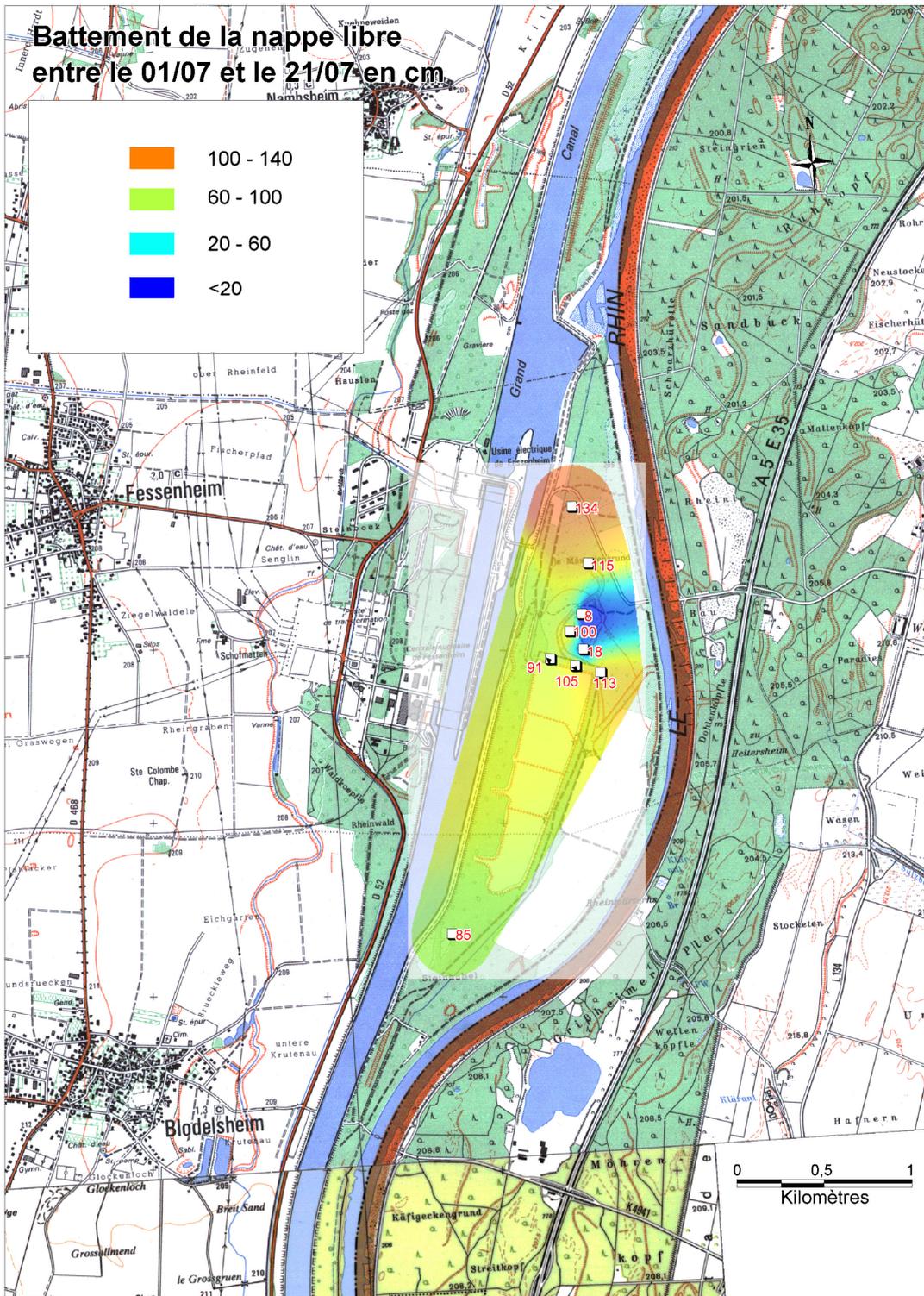


Illustration 10 : Cartographie des battements de la nappe relevés durant la campagne de mesures.

La plupart des battements sont similaires (environ 1 m) et reflètent une élévation du niveau de la nappe entre le 1^{er} et le 27 juillet. Ceci à l'exception de deux points de mesures (PZ10 et PZ13) qui indiquent des battements très faibles (8 et 18 cm).

Il est possible que ces deux piézomètres soient partiellement colmatés, ne reproduisant ainsi pas directement le niveau de la nappe au moment de la mesure. Toutefois, un test de pompage sur le PZ13 au cours de la campagne de mesures a montré sa bonne connexion avec l'aquifère. Cette éventualité ne concernerait donc que le PZ10.

Il est également possible que ce faible battement de nappe soit dû à un drainage local de la nappe par les talwegs avoisinants (zone du Mastgriengrund) régulant ainsi le niveau mesuré de la nappe au niveau des deux piézomètres précités.

D'une manière générale les informations tirées des mesures piézométriques ne peuvent être exploitées en l'état, sans mesures complémentaires à partir de nouveaux points qui permettraient ainsi l'établissement de cartes piézométriques plus conformes à la réalité. Ces données complémentaires sont notamment fondamentales pour les zones centrales et sud de l'île.

4.2. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

Les mesures de conductivités électriques ont été réalisées pour chaque point à quelque 50 centimètres sous le niveau de la nappe libre et au fond des piézomètres. La conductivité électrique a été également mesurée avant et après pompage.

Les mesures retenues pour une exploitation ultérieures sont celles – plus élevées – faites à la profondeur maximum. En effet la partie la plus superficielle de la nappe est susceptible d'être alimentée par les eaux pluviales aux abords immédiats du piézomètre. Ces eaux pluviales diluent la concentration d'origine en chlorures provenant des bassins ou bien des langues salines plus en amont.

Les mesures en fond de piézomètres sont identifiées par la colonne *conductivité h2* du fichier informatique EXCEL dans le CD ROM accompagnant ce rapport.

La plupart des points ont fait l'objet de pompage au cours de chaque campagne hebdomadaire de mesures à l'exception des quatre premières campagnes et de quelques points difficilement accessibles (notamment PZ10 pour toute la durée des mesures). Les pompages effectués sur chaque piézomètre ont permis de vérifier la bonne connexion entre le point d'eau et la nappe. Ces pompages ont permis de renouveler la colonne d'eau dans le forage avant la mesure de la conductivité électrique. D'une manière générale les conductivités électriques mesurées après pompage sont plus élevées qu'avant le pompage. Ce sont les mesures après pompages qui ont été retenues. En l'absence de pompage, les valeurs les plus élevées ont été retenues.

L'ensemble des conductivités électriques mesurées est compris dans un intervalle allant de 200 à 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ traduisant une concentration en Chlorures inférieure à

200 mg/l. Les piézomètres PZ7 et PZ8 situés en bordure Nord et Nord/Est du dernier bassin (Bassin N°4) présentent les mesures de conductivité les plus fortes – entre 500 et 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur toute la période, les valeurs pour les autres points se maintiennent entre 200 et 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La variation de conductivité électrique, pour chaque point, a été illustrée par un graphique conductivité / temps dans le document EXCEL contenu sur le CD ROM associé au rapport. Un graphique conductivité / précipitations y est également représenté.

Les traitements de données les plus intéressants sont ceux obtenus par la zonation extrapolée à l'aide du logiciel Vertical Mapper. L'illustration 11 présente le traitement obtenu à partir des moyennes pour l'ensemble des mesures prises pour chaque piézomètre.

Ce traitement dessine une zonation de la conductivité électrique, ce paramètre reflétant ici la concentration en chlorures de la nappe phréatique rhénane. On peut ainsi assimiler la zonation obtenue à un panache de propagation des chlorures, à partir des bassins de stockage situés au centre de l'île. Les trois panaches ainsi construits ne confirment pas une propagation du Sud vers le Nord des Chlorures. Comme le laissait supposer l'analyse piézométrique, les directions d'écoulement des eaux souterraines semblent donc plus complexes que prévu. Notamment, une direction de propagation Ouest – Est à Sud/Ouest – Nord/Est semble se dessiner.

Cette hypothèse d'écoulement de la nappe ne peut être confirmée par l'interprétation des données piézométriques. Elle reste cependant vraisemblable : le niveau d'eau du grand canal d'Alsace est plus élevé que celui du vieux Rhin. Il est possible que ce dénivelé des eaux de surface induise une composante latérale Ouest – Est dans l'écoulement de la nappe sous-jacente, se combinant ainsi avec la tendance générale indiquée par l'illustration 1. Il aurait été intéressant pour valider cette hypothèse de pouvoir avoir accès aux chroniques de niveaux des piézomètres de la digue bordant le grand canal. Cependant les données fournies par EDF dans le cadre de cette étude sont incomplètes.

Seul un ou plusieurs piézomètres en bordure Ouest et surtout Est de l'emprise des bassins permettraient de confirmer, tant du point de vue du niveau de la nappe que des valeurs de conductivité électrique, l'hypothèse de cette tendance d'écoulement.

Les points qui semblent les plus influencés par les chlorures originaires des bassins de stockage sont les piézomètres PZ7 et PZ8 situés en bordure Nord-Est de l'emprise des bassins. A minima ce sont eux qu'il s'agirait de suivre après une mise en eau des bassins pour la recréation d'une zone humide.

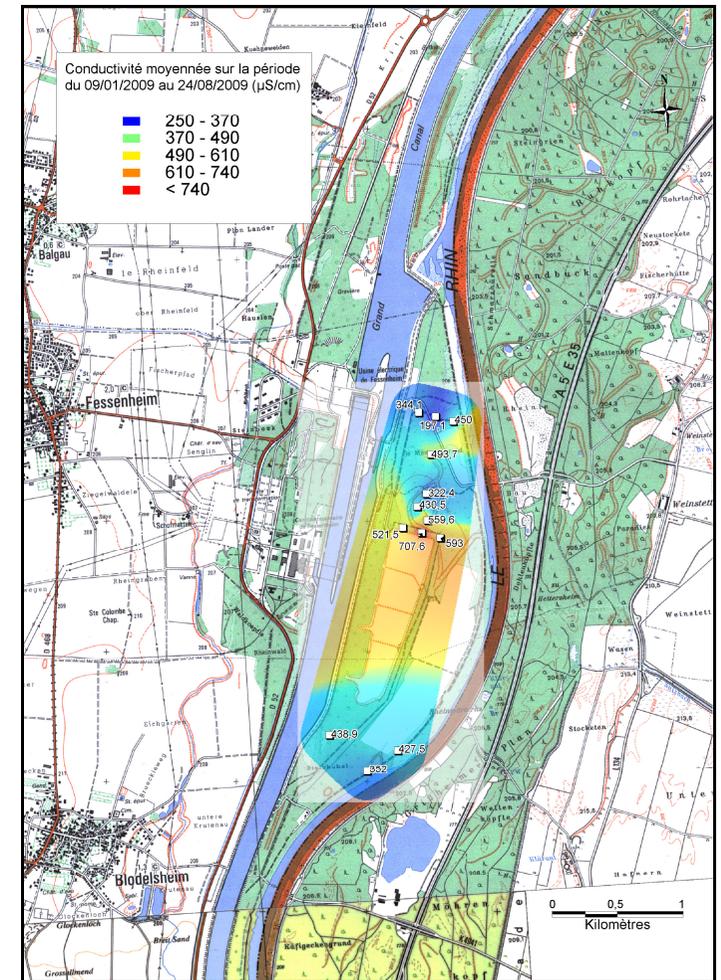
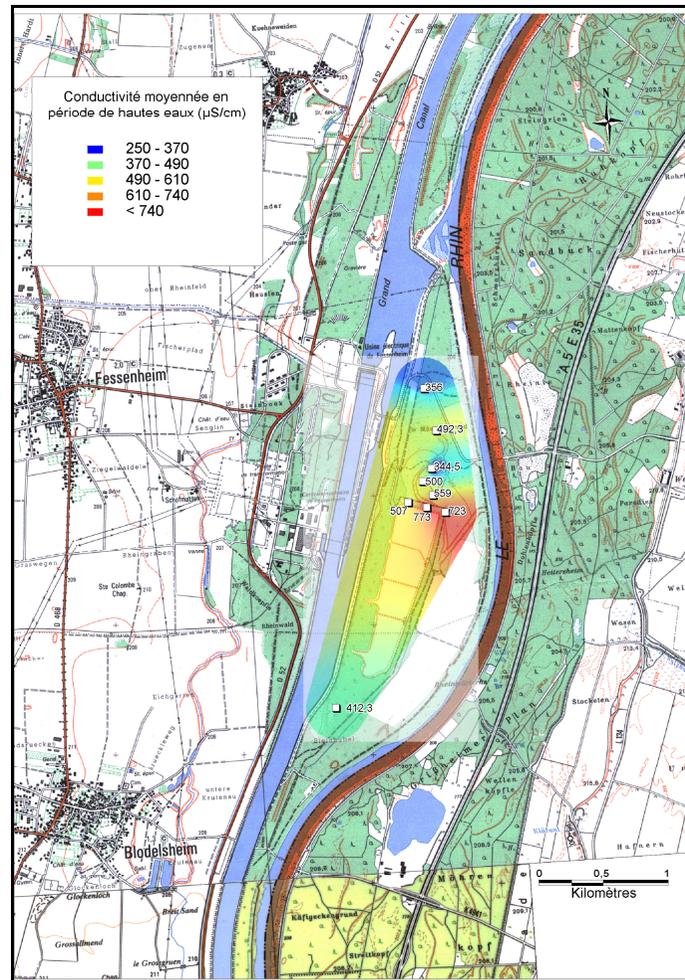
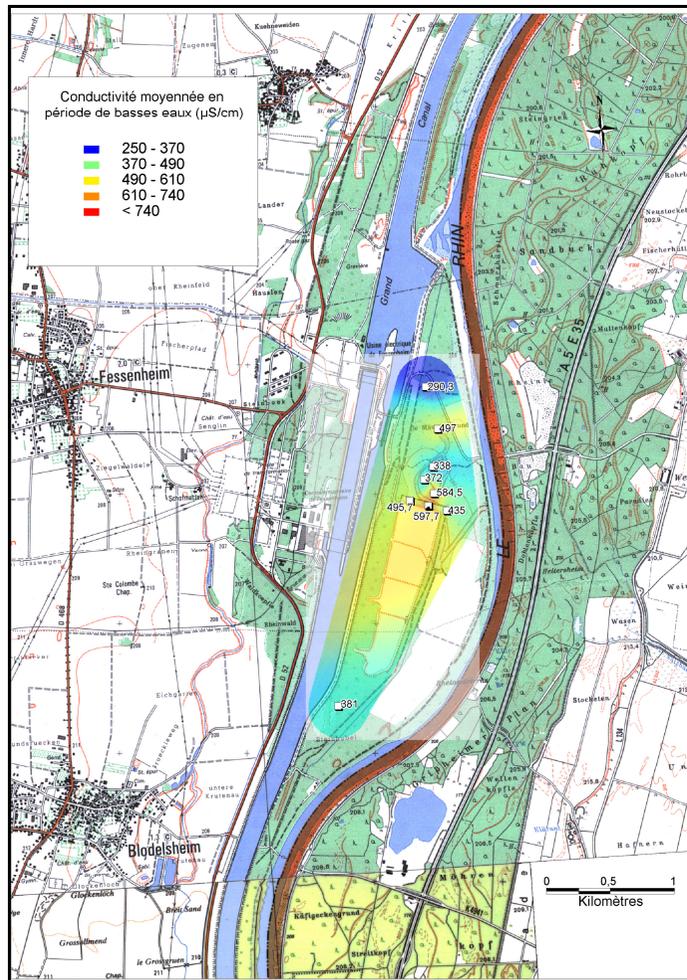


Illustration 11 : Mesures de conductivités électriques

Le lien entre la conductivité électrique mesurée et les concentrations en chlorures est obtenu à l'aide d'une relation empirique qui a été établie dans le cadre du suivi de la pollution historique de l'aquifère rhénan due aux activités des MDPA. Le suivi et les interprétations faisant l'objet de projets annuels réalisés par le BRGM.

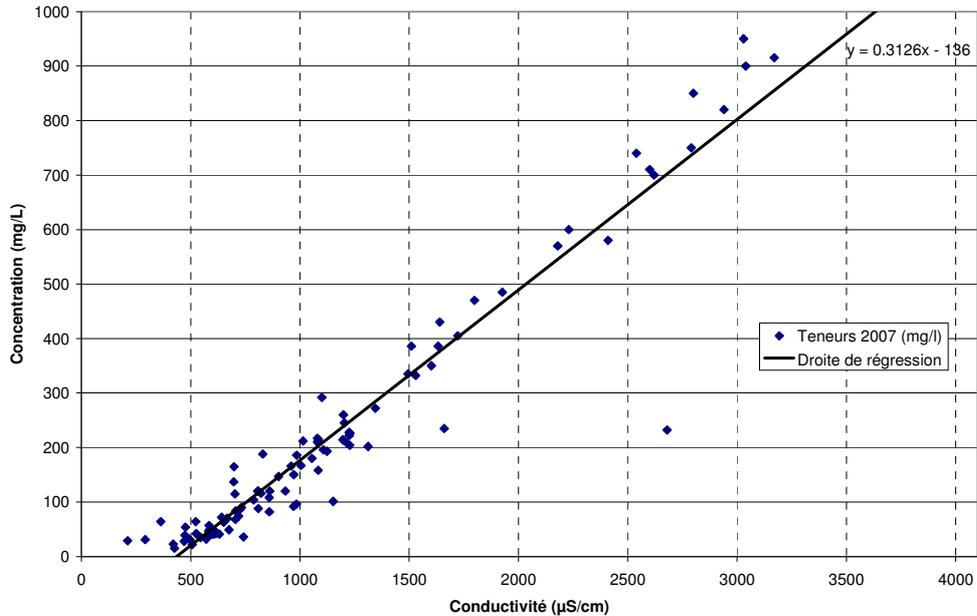


Illustration 12 : corrélation entre les conductivités électriques et la concentration en chlorures de la nappe sur la base des analyses 2007 effectuées dans le cadre du contrôle et la surveillance de la salinité en aval du bassin potassique.

Les conductivités mesurées correspondent à une fourchette de concentration allant de 238 à 798 µS/cm. On peut ainsi estimer que les concentrations en chlorures correspondantes ne doivent pas dépasser 115 mg/l. La corrélation ne permet pas d'assigner une valeur de concentration de chlorures à la valeur basse (238 µS/cm).

Cette valeur de concentration est à comparer avec la cartographie des concentrations présentées dans le rapport INTERREG III « Outil de gestion transfrontalier de la pollution saline des eaux souterraines entre Fessenheim et Burkheim » sur la base d'analyses chimiques et de sondages géoélectriques (Illustrations 13)

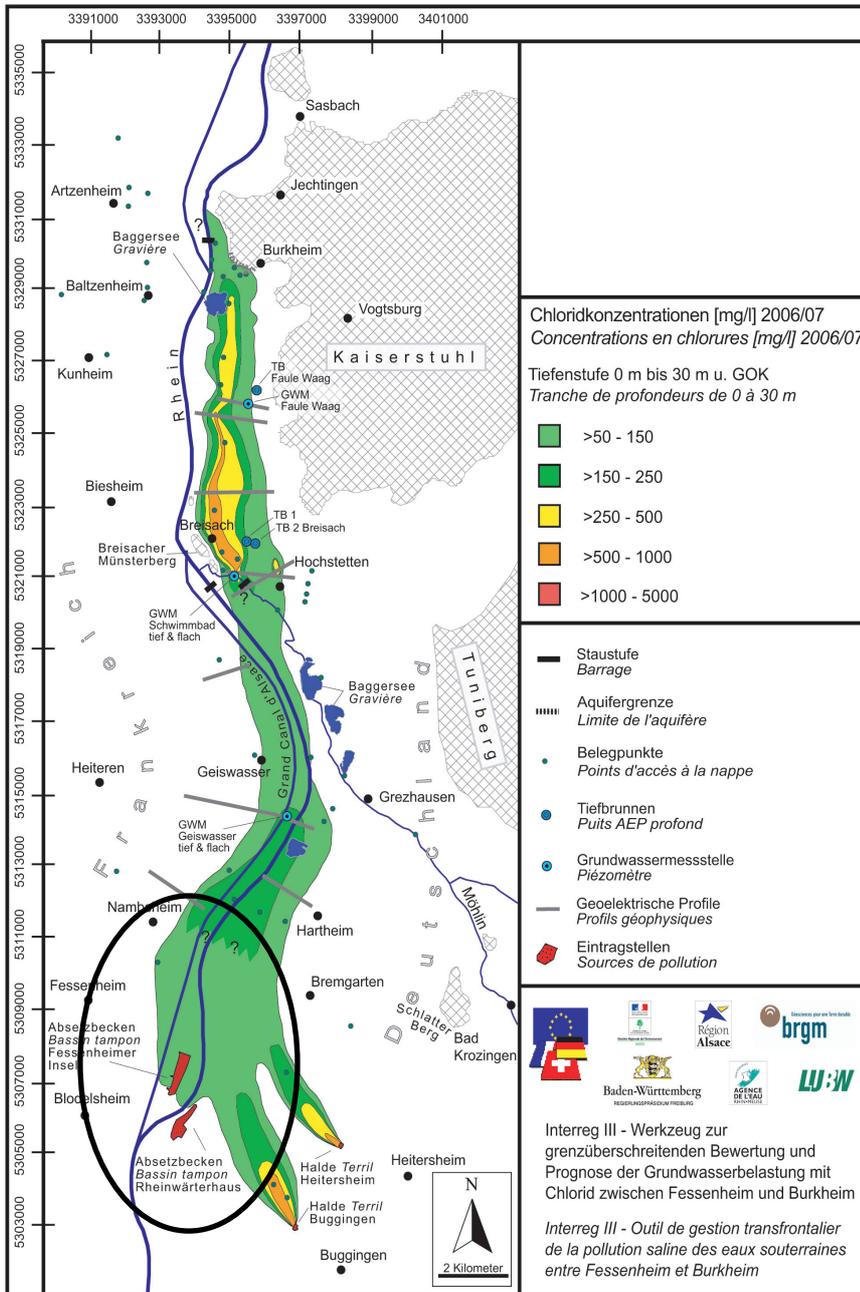


Illustration 13 : Cartographie des concentrations en chlorures dans la tranche 0 – 30 m de profondeur (Rapport INTERREG III)

La valeur maximale de 115 mg/l déduite des mesures de conductivité électrique entre dans la fourchette de concentration issue de cette cartographie (50 à 150 mg/l). Toutefois il faut rappeler que les piézomètres ayant fait l'objet des mesures n'atteignent en moyenne que 10 mètres de profondeur et ne captent que les quelques premiers mètres de l'aquifère. Dans le contexte d'une augmentation de la salinité en fonction de la profondeur - comme l'indique la carte de la tranche 30 – 70 m du même rapport

INTERREG - il n'est pas exclu que l'on observerait une augmentation de la concentration en chlorures et de la conductivité électrique en disposant d'un ou plusieurs piézomètres plus profonds sur l'île de Fessenheim.

5. Conclusion

La campagne de mesures réalisée de Janvier à Août 2009 a mis en évidence des variations de conductivités électriques des eaux souterraines dont les valeurs les plus élevées sont liées à la présence de chlorures dans la nappe.

Les piézomètres PZ7, PZ8, PZ 9 et PZ13 cumulent ces valeurs les plus élevées. Leur position groupée en bordure Nord – Est de l'emprise des bassins permet de confirmer que ces valeurs sont directement liées à la pollution chlorée issue des bassins. Ces valeurs restent dans le domaine de l'estimation décrite dans le projet INTERREG pour la tranche supérieure de l'aquifère, c'est-à-dire inférieures à 150 mg/l.

Les valeurs de conductivités électriques mesurées pour les autres piézomètres ne reflètent que très partiellement, voire aucunement cet impact de la pollution chlorée. Cette situation était prévisible pour les piézomètres situés en amont théorique des bassins, c'est-à-dire dans la partie Sud (piézomètres PZ14, PZ15 et PZ16). Elle est inattendue pour les piézomètres supposés en aval des bassins, c'est-à-dire dans la partie Nord (piézomètres PZ4, PZ5, PZ6, PZ10, PZ11 et PZ12).

Les différents traitements des données de conductivité électrique et de piézométrie mettent en lumière une possible variation locale de l'écoulement de la nappe libre par rapport aux directions globalement Sud – Nord à Sud/Ouest – Nord/Est généralement constatées dans la région. Toutefois l'absence de données au niveau de la partie centrale de l'île empêche de déterminer l'allure générale de cette variation d'écoulement. Plusieurs causes de cette variation d'écoulement sont possibles :

- un apport d'eau latéral dû à des infiltrations provenant du grand canal d'Alsace ;
- un drainage local de la nappe dans sa partie nord dû à la présence de petits talwegs ;
- des pompages à partir de puits d'irrigation non connus dans la partie Est de l'île de Fessenheim.

Mais cette liste n'est pas exhaustive.

Ce bilan est donc un bilan partiel du fait de deux limitations :

- l'absence de points de mesures possibles dans la partie centrale de l'île, limitant ainsi l'acuité des extrapolations effectuées, notamment au sujet de l'écoulement de la nappe ;
- la faible profondeur des points d'eau mesurés, limitant la représentativité des mesures de conductivité électrique à la tranche très superficielle de l'aquifère.

A l'appui de cette deuxième remarque, le projet INTERREG souligne la migration de la pollution chlorée issue des bassins vers les couches profondes de l'aquifère.

Ces limitations posées, un suivi à minima de l'évolution après mise en eau des bassins doit consister en une mesure des piézomètres dont les concentrations en chlorures sont liées sans ambiguïté à l'impact des bassins, du moins du bassin N°4. Ces piézomètres sont ceux cités auparavant : PZ7, PZ8, PZ 9 et PZ13. Leur suivi ne peut en aucun cas conduire à une image complète des impacts actuels ou éventuellement futurs après mise en eau des bassins. En effet leur profondeur est insuffisante pour capter au moins la première tranche de l'aquifère. De plus, du fait des incertitudes concernant l'écoulement local, il n'est pas sûr qu'ils témoignent de l'impact de la pollution en chlorures issue des bassins N°1, 2 et 3, tout au plus du bassin N°4 qu'ils bordent.

Une meilleure compréhension des écoulements de la nappe ainsi qu'une meilleure connaissance des impacts en chlorures nécessitent deux types d'actions :

- une étude hydrogéologique complémentaire afin de déterminer la piézométrie à l'ouest et à l'est des bassins (forages temporaires avec positionnement altimétrique). Les résultats complèteraient ainsi les données du réseau de mesures existant et permettraient de déterminer l'allure de l'écoulement dans l'environnement immédiat des bassins. Cette étude pourrait également s'intéresser à l'origine possible de la variation de direction d'écoulement de la nappe (données piézométriques EDF, niveau des talwegs par rapport à la nappe dans la partie nord) ;
- l'installation d'un ou plusieurs piézomètres d'une profondeur allant jusqu'à 30 mètres. Un piézomètre situé en une position aval des bassins permettrait ainsi de mesurer l'impact et les variations de la pollution en chlorures sur la première tranche de l'aquifère. Un deuxième piézomètre en position amont éloigné permettrait de quantifier cet impact en identifiant un fond «naturel» de concentration en chlorures.

6. Bibliographie

Regierungspräsidium Freiburg (2008) – INTERREG III Outil de gestion transfrontalier de la pollution saline des eaux souterraines entre *Fessenheim* et *Burkheim*. Rapport final. 138 p., 1 CD-Rom.

SINBIO BUREAU D'ETUDE. (2008) – Projet de réhabilitation des anciens bassins de décantation des MDPA sur l'Île du Rhin à Fessenheim – Blodelsheim.

Annexe 1

RESULTATS D'ANALYSES DE LA CAMPAGNE DE PRELEVEMENT DU 13/03/09 (PZ4, PZ8, PZ14)

Rapport d'analyse Page 1 / 2

Edité le : 25/03/2009

B.R.G.M.
M. Stephan URBAN
15, RUE DU TANIN
PARC CLUB DES TANNERIES
BP 177
67384 LINGOLSHEIM

Le rapport établi ne concerne que l'échantillon soumis à l'essai, et se substitue à tout rapport partiel de résultats préalablement émis. Il comporte 2 pages.

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation, identifiés par le symbole #.

< : La valeur du paramètre physico-chimique est inférieure à la limite de quantification.

T = Indice classement AFNOR, ISO = International Standard Organisation, EN = European Norm, IT = Réf. Interne de Travail

Les analyses sous-traitées à un laboratoire accrédité sont signalées par un astérisque (*).

Identification dossier :	CAN09-7310	Référence contrat :	CANC09-399
Identification échantillon :	CAN0903-3946		
Référence client :	PZ4 - Aavl bassin éloigné		
NATURE :	Eau souterraine		
PRELEVEMENT :	Réceptionné le : 17/03/2009	à 15h17	
	Prélevé par : Le client		
	Flaconnage CAR : OUI		
	Transport en glacière : NON		

Les données concernant la réception, la conservation, le traitement analytique de l'échantillon et les incertitudes de mesure sont consultables au laboratoire. Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat.

Date de début d'analyse : 17/03/2009 à 20h56

Date de fin d'analyse : 25/03/2009 à 11h00

COFRAC	Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Limites de qualité	Références de qualité
	Analyses physicochimiques						
	<i>Analyses physicochimiques de base</i>						
#	pH	7,40	-	Electrochimie	NF T 90-008		
#	Conductivité électrique corrigée à 25°C	425	µS/cm	Conductimétrie	NF EN 27888		
#	TA (Titre alcalimétrique)	< 0,05	°F	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
#	TAC (Titre alcalimétrique complet)	15,8	°F	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
	Cations						
#	Ammonium (NH4)	< 0,03	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 11732		
	Calcium (Ca)	62,6	mg/l	Potentiométrie	NF T90-003		
	Magnésium (Mg)	8,2	mg/l	Potentiométrie	NF T90-003		
#	Sodium (Na)	11,2	mg/l	Flux continu - SEA	NF T 90-019		
#	Potassium (K)	1,5	mg/l	Flux continu - SEA	NF T 90-019		
	Bilan Ionique	0,5	%	Calcul			
	Anions						
#	Carbonates (CO3)	< 0,3	mg/l	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
#	Bicarbonates (HCO3)	193	mg/l	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
#	Chlorures (Cl)	16	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 15682		
#	Sulfates (SO4)	26,1	mg/l	Flux continu (CFA)	ISO 22743		
#	Nitrates (NO3)	8,5	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 13395		
#	Nitrites (NO2)	< 0,02	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 13395		

.../...

Identification échantillon : **CAN0903-3946**

Destinataire : B.R.G.M.

COFRAC	Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Limites de quantité	Références de qualité
#	Orthophosphates (PO4)	< 0,10	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 15681-2		

Francine Laeuli

Adjointe au responsable Validation et Chimie Eau
propre

Rapport d'analyse Page 1 / 2

Edité le : 25/03/2009

B.R.G.M.
M. Stephan URBAN
15, RUE DU TANIN
PARC CLUB DES TANNERIES
BP 177
67384 LINGOLSHEIM

Le rapport établi ne concerne que l'échantillon soumis à l'essai, et se substitue à tout rapport partiel de résultats préalablement émis. Il comporte 2 pages.

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation, identifiés par le symbole #.

< : La valeur du paramètre physico-chimique est inférieure à la limite de quantification.

T = Indice classement AFNOR, ISO = International Standard Organisation, EN = European Norm, IT = Réf. Interne de Travail

Les analyses sous-traitées à un laboratoire accrédité sont signalées par un astérisque (*).

Identification dossier : CAN09-7310 **Référence contrat :** CANC09-399
Identification échantillon : CAN0903-3947

Référence client : PZ8 - Aval bassin (direct)

NATURE : Eau souterraine
PRELEVEMENT : Réceptionné le : 17/03/2009 à 15h17
Prélevé par : Le client
Flaconnage CAR : OUI
Transport en glacière : NON

Les données concernant la réception, la conservation, le traitement analytique de l'échantillon et les incertitudes de mesure sont consultables au laboratoire. Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat.

Date de début d'analyse : 17/03/2009 à 20h56

Date de fin d'analyse : 25/03/2009 à 11h00

COFRAC	Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Limites de qualité	Références de qualité
	Analyses physicochimiques Analyses physicochimiques de base						
#	pH	7,30	-	Electrochimie	NF T 90-008		
#	Conductivité électrique corrigée à 25°C	973	µS/cm	Conductimétrie	NF EN 27888		
#	TA (Titre alcalimétrique)	< 0,05	°F	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
#	TAC (Titre alcalimétrique complet)	20,8	°F	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
	Cations						
#	Ammonium (NH4)	< 0,03	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 11732		
	Calcium (Ca)	123	mg/l	Potentiométrie	NF T90-003		
	Magnésium (Mg)	17,7	mg/l	Potentiométrie	NF T90-003		
#	Sodium (Na)	54,0	mg/l	Flux continu - SEA	NF T 90-019		
#	Potassium (K)	9,0	mg/l	Flux continu - SEA	NF T 90-019		
	Bilan Ionique	0,5	%	Calcul			
	Anions						
#	Carbonates (CO3)	< 0,3	mg/l	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
#	Bicarbonates (HCO3)	254	mg/l	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
#	Chlorures (Cl)	79	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 15682		
#	Sulfates (SO4)	169	mg/l	Flux continu (CFA)	ISO 22743		
#	Nitrates (NO3)	11,8	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 13395		

.../...

Identification échantillon : **CAN0903-3946**

Destinataire : B.R.G.M.

COFRAC	Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Limites de quantité	Références de qualité
#	Orthophosphates (PO4)	< 0,10	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 15681-2		

Francine Laeuli

Adjointe au responsable Validation et Chimie Eau
propre

Rapport d'analyse Page 1 / 2

Edité le : 25/03/2009

B.R.G.M.
M. Stephan URBAN
15, RUE DU TANIN
PARC CLUB DES TANNERIES
BP 177
67384 LINGOLSHEIM

Le rapport établi ne concerne que l'échantillon soumis à l'essai, et se substitue à tout rapport partiel de résultats préalablement émis. Il comporte 2 pages.

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation, identifiés par le symbole #.

< : La valeur du paramètre physico-chimique est inférieure à la limite de quantification.

T = Indice classement AFNOR, ISO = International Standard Organisation, EN = European Norm, IT = Réf. Interne de Travail

Les analyses sous-traitées à un laboratoire accrédité sont signalées par un astérisque (*).

Identification dossier :	CAN09-7310	Référence contrat :	CANC09-399
Identification échantillon :	CAN0903-3948		
Référence client :	PZ14 - Amont bassin		
NATURE :	Eau souterraine		
PRELEVEMENT :	Réceptionné le : 17/03/2009	à 15h17	
	Prélevé par : Le client		
	Flaconnage CAR : OUI		
	Transport en glacière : NON		

Les données concernant la réception, la conservation, le traitement analytique de l'échantillon et les incertitudes de mesure sont consultables au laboratoire. Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat.

Date de début d'analyse : 17/03/2009 à 20h56

Date de fin d'analyse : 25/03/2009 à 11h01

COFRAC	Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Limites de qualité	Références de qualité
	Analyses physicochimiques						
	<i>Analyses physicochimiques de base</i>						
#	pH	7,30	-	Electrochimie	NF T 90-008		
#	Conductivité électrique corrigée à 25°C	508	µS/cm	Conductimétrie	NF EN 27888		
#	TA (Titre alcalimétrique)	< 0,05	°F	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
#	TAC (Titre alcalimétrique complet)	20,0	°F	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
	Cations						
#	Ammonium (NH4)	0,33	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 11732		
	Calcium (Ca)	78,7	mg/l	Potentiométrie	NF T90-003		
	Magnésium (Mg)	9,6	mg/l	Potentiométrie	NF T90-003		
#	Sodium (Na)	11,1	mg/l	Flux continu - SEA	NF T 90-019		
#	Potassium (K)	4,0	mg/l	Flux continu - SEA	NF T 90-019		
	Bilan Ionique	0,1	%	Calcul			
	Anions						
#	Carbonates (CO3)	< 0,3	mg/l	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
#	Bicarbonates (HCO3)	244	mg/l	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1		
#	Chlorures (Cl)	17	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 15682		
#	Sulfates (SO4)	31,8	mg/l	Flux continu (CFA)	ISO 22743		
#	Nitrates (NO3)	10,7	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 13395		
#	Nitrites (NO2)	0,08	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 13395		

.../...

Identification échantillon : **CAN0903-3948**

Destinataire : B.R.G.M.

COFRAC	Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Limites de quantité	Références de qualité
#	Orthophosphates (PO4)	< 0,10	mg/l	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 15681-2		

Francine Laeuli

Adjointe au responsable Validation et Chimie Eau
propre



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Alsace
Parc Club des Tanneries, 15 rue du Tanin
B.P. 177 – Lingolsheim
67834 – Tanneries Cedex – France
Tél. : 03 88 77 48 90