



Contrôle et surveillance de la salinité de la nappe phréatique d'Alsace dans le bassin potassique et à l'aval (68)

Rapport de synthèse des mesures effectuées en 2008

BRGM/RP-57923-FR
Septembre 2009



Contrôle et surveillance de la salinité de la nappe phréatique d'Alsace dans le bassin potassique et à l'aval (68)

Rapport de synthèse des mesures
effectuées en 2008

BRGM/RP-57923-FR
Septembre 2009

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 08-EAUK-11

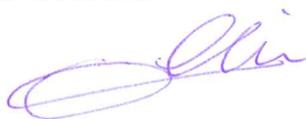
S. Urban

Avec la collaboration de
P. Elsass

Vérificateur :

Nom : M. Genevier

Date : 04/02/2010



Approbateur :

Nom : Ph. Weng

Date : 21/12/2009



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

Mots clés : Nappe phréatique, salinité, chlorures, dépollution, dissolution accélérée, qualité-eau, méthode de prélèvement, mines de potasse, Haut-Rhin.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Urban S., Elsass P. (2009) - Contrôle et surveillance de la salinité de la nappe phréatique d'Alsace dans le bassin potassique et à l'aval (68). Rapport de synthèse des mesures effectuées en 2008. Rapport BRGM RP-57923-FR. 61 p., 11 ill., 6 ann.

Synthèse

Le contrôle de la salure de la nappe phréatique d'Alsace dans le département du Haut-Rhin est effectué dans le cadre de la Mission de Service Public du BRGM et cofinancé par la dotation du BRGM, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et les Mines Domaniales de Potasse d'Alsace (MDPA).

La source de cette pollution saline est essentiellement constituée par les terrils des MDPAs, sur lesquels ont été déposés des résidus salés jusqu'à la fin des années 30. La dissolution du sel par les pluies et son infiltration dans la nappe sont à l'origine de la salinité des eaux souterraines. Une stratégie de dépollution de la nappe a été initiée par les MDPAs sous l'égide de la Commission Interservices de Contrôle des Rejets des MDPAs. Après la mise en place de puits de fixation à l'aval direct des terrils (1975-1985), un programme de résorption des terrils les plus salés par dissolution accélérée a été engagé en 1989 et se poursuit actuellement. Des opérations d'étanchement-végétalisation des terrils peu salés, non susceptibles de dissolution accélérée, sont soit en cours soit viennent d'être achevées.

En 2008, les teneurs en chlorures ont été collectées sur 350 ouvrages (3389 analyses de chlorures) captant la nappe à différentes profondeurs dans le bassin potassique, à l'amont (Puits du Langenzug en aval des terrils de l'Ochsenfeld) et à l'aval jusqu'à la hauteur de Colmar. Ces données proviennent des MDPAs, de la DDASS du Haut-Rhin, des producteurs d'eau potable et de la DRIRE et intègrent 13 points d'eau (26 analyses) du réseau élargi suivis par le BRGM.

D'une manière générale, l'étendue des zones de concentrations en 2008 aussi bien pour l'aquifère supérieur qu'inférieur n'a que peu varié entre 2007 et 2008. On observe cependant à l'intérieur des classes de concentration retenues une tendance générale à la baisse (voir annexe 5).

Les résultats des contrôles ont conduit à la **cartographie interprétative des teneurs moyennes en chlorures dans les 40 premiers mètres de l'aquifère** qui montre une **amélioration** des concentrations des chlorures depuis la mise en place de puits de fixation à l'aval direct des terrils (1975-1985). Dans la majorité des cas, les langues aval des secteurs traités s'améliorent. Cependant, des concentrations en chlorures importantes subsistent en aval immédiat des terrils.

Le **bilan annuel des actions de dépollution** entreprises a été dressé sur la base des données fournies par les MDPAs. L'infiltration naturelle vers la nappe a été estimée pour l'année 2008 à 9 700 tonnes de chlorures. Elle ne provient plus que de trois terrils encore en cours de dépollution : Marie Louise, Amélie et Anna. La dissolution accélérée maîtrisée des 3 terrils restants atteint 118 900 tonnes pour l'année 2008, soit une dépollution nette hors infiltration naturelle de 109 200 tonnes de chlorures.

L'extraction par les pompages d'environ 116 000 tonnes de chlorures entraîne une dépollution nette (donc sans l'infiltration naturelle) de la nappe de 106 300 tonnes de chlorures.

Selon les estimations des MDPAs basées sur une estimation de la quantité initiale de chlorures contenue dans la nappe, le tonnage estimé restant dans la nappe au 01/01/2009 s'est réduite à environ **129 800**. En reprenant l'estimation du tonnage au 01/01/2008, on obtient une réduction de tonnage de 93 200 tonnes de chlorures. Ce chiffre est à comparer avec celui de la dépollution nette de 106 300 tonnes.

On constate ainsi comme déjà depuis quelques années que la quantité de sel extraite de la nappe d'après les mesures de débit et de concentration sur les ouvrages de dépollution et de fixation est supérieure à la diminution du stock de sel estimé dans la nappe. L'origine de cette différence est encore imprécise: elle pourrait être due à une sous-estimation de l'infiltration naturelle et des quantités de sel présentes sous les terrils, mais aussi à un apport de sel d'origine naturelle non pris en compte dans les bilans, les deux hypothèses n'étant pas exclusives l'une de l'autre.

Le forage réalisé en 2009 en amont des captages EBE tend à confirmer la présence de sources naturelles profondes d'apport de chlorures avec des composantes chimiques distinctes. Les processus qui règlent les conditions de cet apport restent encore à déterminer.

D'une manière générale, il est apparu nécessaire de réaliser une nouvelle estimation de la salure présente dans les eaux souterraine afin d'obtenir un résultat reflétant le cubage de salure réel en 2008, quel que soit les processus de dépollution, d'infiltration ou d'apport naturel en jeu. On obtient ainsi un tonnage cumulé d'environ **300 000** tonnes de chlorures. Ce chiffre est à comparer avec l'estimation de **129 800** tonnes de chlorures issue de la soustraction année après année des résultats de la dépollution sur la base d'un premier calcul du volume initial de chlorures contenu dans la nappe.

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE	10
1.2. REUNIONS INTERSERVICES	11
1.3. MISE EN LIGNE DES DONNEES SOUS LA BASE DE DONNEES NATIONALE ADES	11
2. Résultats 2008 sur les eaux souterraines	13
2.1. LES PIEZOMETRES DE REFERENCE- RESEAU DE CONTROLE OPERATIONEL (RCO).....	14
2.2. SYNTHESE DES MESURES DE SURVEILLANCE DE LA SALINITE ET DES OPERATIONS DE DEPOLLUTION DANS LE BASSIN POTASSIQUE	16
3. Salure profonde.....	25
3.1. LA LANGUE OUEST	25
3.2. LA LANGUE EST	25
3.3. LE BASSIN POTASSIQUE.....	25
4. Bilan de la dépollution en 2008	27
5. Nouvelle estimation de la salure en 2008	31
5.1. PRINCIPES.....	31
5.2. CARTOGRAPHIE DES DEUX TRANCHES AQUIFERES.....	31
5.3. CALCUL DE CUBAGE	34
6. Conclusions	37

Liste des illustrations

<i>illustration 1 : Le bassin potassique avec la localisation des puits, du saumoduc et des lieux dits (légende Annexe 6)</i>	<i>13</i>
<i>illustration 2 : Carte de localisation des points du réseau de contrôle opérationnel dans le bassin potassique et son aval.....</i>	<i>15</i>
<i>illustration 3 : Carte des concentrations moyennes 2008 du secteur « Joseph-Else/Amélie »</i>	<i>18</i>
<i>illustration 4 : Carte des concentrations moyennes 2008 du secteur « Dollerbaechlein/Anna-Fernand »</i>	<i>19</i>
<i>illustration 5 : Carte des concentrations moyennes 2008 du secteur «bassin potassique aval »</i>	<i>21</i>
<i>illustration 6 : Carte des concentrations moyennes 2008 du secteur «EBE/Aval du bassin potassique»</i>	<i>23</i>
<i>illustration 7 : Bilan 2008 de la dépollution en tonnes de chlorures (estimation BRGM d'après les données MDPA).....</i>	<i>28</i>
<i>Illustration 8 : Cartes 2008 des nappes superficielle et profonde utilisées pour le cubage</i>	<i>33</i>
<i>Illustration 9: Cubage de la salure en 2008</i>	<i>34</i>
<i>Illustration 10 : Comparaison avec les cubages précédents</i>	<i>35</i>
<i>Illustration 11 : Courbe de tendance de la réduction du stock de chlorures dans la nappe</i>	<i>36</i>

Liste des annexes

Annexe 1 : Tableaux des points du réseau de contrôle opérationnel	39
Annexe 2 : Carte de la salure moyenne dans le bassin potassique en 2008	41
Annexe 3 : Carte de la salure moyenne sur le réseau élargi en 2008.....	45
Annexe 4 : Cartes de la salure de la nappe profonde en 2008 et en 2003.....	49
Annexe 5 : Carte de la salure moyenne sur le bassin potassique et évolution des concentrations 2006-2008.....	51
Annexe 6 : Légende des cartes de la salure	55

1. Introduction

L'agence de l'eau Rhin Meuse et les MDPA ont chargé le BRGM, Service Géologique Régional Alsace, de l'élaboration d'un document de synthèse annuelle sur le contrôle et la surveillance de la salure du bassin potassique qui se propage au sein de la nappe phréatique rhénane en direction du nord-nord-est suivant différents mécanismes hydrodynamiques. L'étude est cofinancée par la dotation du BRGM (fiche programme de Service Public 08-EAUK-11), par l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et les MDPA.

Le chlorure de sodium (NaCl), comme sous-produit de l'exploitation de la potasse, est apparu suite au dépôt de ce produit mélangé avec des schistes insolubles sur des terrils. Les dépôts de sels résiduels sur terrils ont été particulièrement intenses entre 1910 et 1933 et ont quasiment cessé après 1970.

Les terrils salés sont à l'origine d'une pollution saline des eaux souterraines. Les eaux de pluie s'infiltrant dans les terrils se chargent en sel et gagnent la nappe phréatique. L'eau chargée en sel a tendance à progresser dans le sens d'écoulement de la nappe, les saumures plus denses ont tendance à descendre à la base de l'aquifère où elles s'accumulent et ne progressent que très lentement. Il se constitue ainsi des langues salées propageant la pollution à l'aval de chaque terril.

Afin de restituer une situation non dégradée des eaux de surface et des eaux souterraines, des actions de dépollution ont été entreprises par les MDPA à partir des orientations de la Commission Interservices de Contrôle des Rejets des MDPA. Elles s'insèrent dans une Stratégie Globale validée par le Préfet du Haut-Rhin en janvier 1998. Ces actions sont encadrées par différents arrêtés préfectoraux, notamment celui de 2007, fixant le réseau de surveillance et la fréquence d'analyse de la nappe en aval des terrils.

Globalement les dispositions élaborées et retenues par la Commission Interservices de Contrôle des Rejets des MDPA et mises en œuvre sont les suivantes :

- pour les cours d'eau, interdiction des rejets salés dans l'Ill et ses affluents, impliquant la canalisation des eaux de ruissellement des terrils vers le saumoduc et rejets dans le Rhin en conformité avec la convention de Bonn ;
- pour la nappe phréatique stopper l'alimentation des langues salées avec des puits de fixation et de dépollution à l'aval des terrils (barrage hydraulique) et supprimer les sources de pollution des terrils par la technique de la dissolution accélérée (pour les terrils « salés ») ou par étanchement-végétalisation (pour terrils "peu salés").

L'objectif fixé par le SDAGE et la DCE étant : *“ à long terme, de permettre l'usage “ eau potable ” sans traitement pour l'ensemble des eaux de la nappe alluviale de l'Alsace qui répondent naturellement à cette exigence ”.*

1.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le présent rapport dresse un bilan succinct des mesures de chlorures effectuées et collectées dans le secteur s'étendant de Mulhouse à Colmar. Le réseau de surveillance de la "salure" est composé en 2008 de **350 points de mesure** au droit du bassin potassique et à l'aval, dont **321** suivis par les MDPA.

En 2008, le BRGM a fait échantillonner 13 ouvrages, dont 6 multitubes (ouvrages avec 2 à 4 tubes de différentes profondeurs), correspondant à 26 analyses.

Le **réseaux de contrôle opérationnel** relatifs à la DCE comprend en tout 31 points de mesure (voir annexe 1).

Tous les points de prélèvement des eaux souterraines analysés en 2008 sont classés par tranche d'aquifère captée afin de réaliser la cartographie de la salure superficielle/moyenne ou profonde ; suivant l'épaisseur de l'aquifère, la profondeur varie entre 10 et 40 m pour la première classe et entre 20 et 120 m pour la salure profonde.

Douze ouvrages captent plusieurs niveaux indépendants de l'aquifère et permettent de distinguer les concentrations de la salure suivant la profondeur.

L'ensemble des données disponibles est replacé dans le cadre de la problématique générale de la pollution de la nappe phréatique d'Alsace et des actions de dépollution conduites à partir des orientations de la Commission Interservices de Contrôle des Rejets des MDPA.

Les données analytiques ont été fournies par les gestionnaires respectifs des réseaux et complétées par le BRGM sur les points du réseau élargi :

- **MDPA** **321 ouvrages** d'autocontrôle
- **DDASS du Haut-Rhin** **12 captages AEP** en excluant dans la mesure du possible les analyses portant sur des mélanges d'eau
- **Colmarienne des Eaux** **4 captages AEP de Colmar**
- **BRGM** **13 ouvrages (6 multitubes)**

Ces observations, comparées aux historiques à disposition, permettent de dresser un bilan sur les tendances d'évolution de la salinité des eaux souterraines pour les trois secteurs concernés :

- l'amont du bassin potassique ;
- les terrils du bassin potassique ;
- l'aval du bassin potassique : la langue salée Ouest jusqu'à Colmar, la langue salée Est, le tracé du saumoduc et la bordure rhénane.

Quatre cartes de synthèse des teneurs en chlorures (points de mesure et plage d'isovaleurs) ont été établies après exploitation des données de 2008 :

- une carte à l'échelle de 1/50 000 (**Annexe 2**) correspond à la salure moyenne du bassin potassique sur l'ensemble de l'épaisseur de la nappe qui dépasse rarement 40 m de puissance dans ce secteur ;
- deux cartes à l'échelle de 1/130 000 (**Annexes 3 et 4**). La première représente la teneur moyenne en chlorures sur le réseau élargi de Colmar à Mulhouse, la deuxième annexe retrace l'évolution des concentrations de la nappe profonde en comparant les cartes de 2003 et de 2008.
- une carte à l'échelle de 1/50 000 (**Annexe 5**) qui indique pour chaque ouvrage l'évolution de la concentration moyenne annuelle sur les deux dernières années 2006 -2008.

1.2. REUNIONS INTERSERVICES

Trois réunions interservices se sont tenues au cours du programme annuel 2008 / 2009 (04/09/08 et 24/03/09 et 22/09/2009). Les comptes rendus des réunions ont été rédigés par la DIREN. Sont évoqués ici quelques points concernant le réseau de surveillance et les études corollaires.

La campagne d'échantillonnage des eaux superficielles en hautes eaux menée en mai 2008 dans le secteur du Dollerbaechlein (étude effectuée en mai par la DIREN et le BRGM) a mis en évidence des pics de conductivité à l'aval du terriil Joseph Else. Suite à un échange d'informations avec les MDPAs, il s'avère que l'impact mesuré à partir des années 2005 – 2006 correspondent au dépôt de 200 tonnes de boues dans les parcs à boues à la même période.

1.3. MISE EN LIGNE DES DONNEES SOUS LA BASE DE DONNEES NATIONALE ADES

A partir de 2009 les données des autocontrôles des MDPAs et les données produites seront transférées dans **la base nationale ADES**. Cette opération s'est déroulée en deux étapes :

1. la création d'un réseau regroupant l'ensemble des qualitomètres ayant fait l'objet d'analyse dans le cadre du suivi historique de la pollution ;

2. le transfert de l'ensemble des données dont dispose le BRGM et qui remonte jusqu'à 1975 (y compris les mesures 2008) vers ADES.

Le réseau est constitué de deux sous-réseaux distincts. Le premier regroupe les points suivis par les MDPA et s'intitule : *0200000081 - RAPSALMDPA - Réseau autocontrôle MDPA (AP) de suivi de la salure des eaux souterraines dans le Haut-Rhin (Alsace)*. Le second rassemble des informations complémentaires collectées par le BRGM, issues de différents producteurs (DDASS, DIREN, Colmarienne des Eaux, BRGM) et ayant un intérêt pour le suivi de la salure. Ce sous-réseau s'intitule : *0200000082 - RCSALBRGM - Réseau complémentaire BRGM de suivi de la salure des eaux souterraines dans le Haut-Rhin (Alsace)*.

Dans un premier temps, ces deux réseaux sont accessibles au niveau du site producteur ADES (<http://bdes.brgm.fr/>) pour les intervenants disposant d'un code d'accès. Ils seront ultérieurement accessibles à partir du site public d'ADES (<http://www.ades.eaufrance.fr/>) après une procédure de validation.

2. Résultats 2008 sur les eaux souterraines

L'illustration 1 présente le bassin potassique avec les lieux-dits utilisés dans les prochains chapitres, le saumoduc et les puits de pompage.

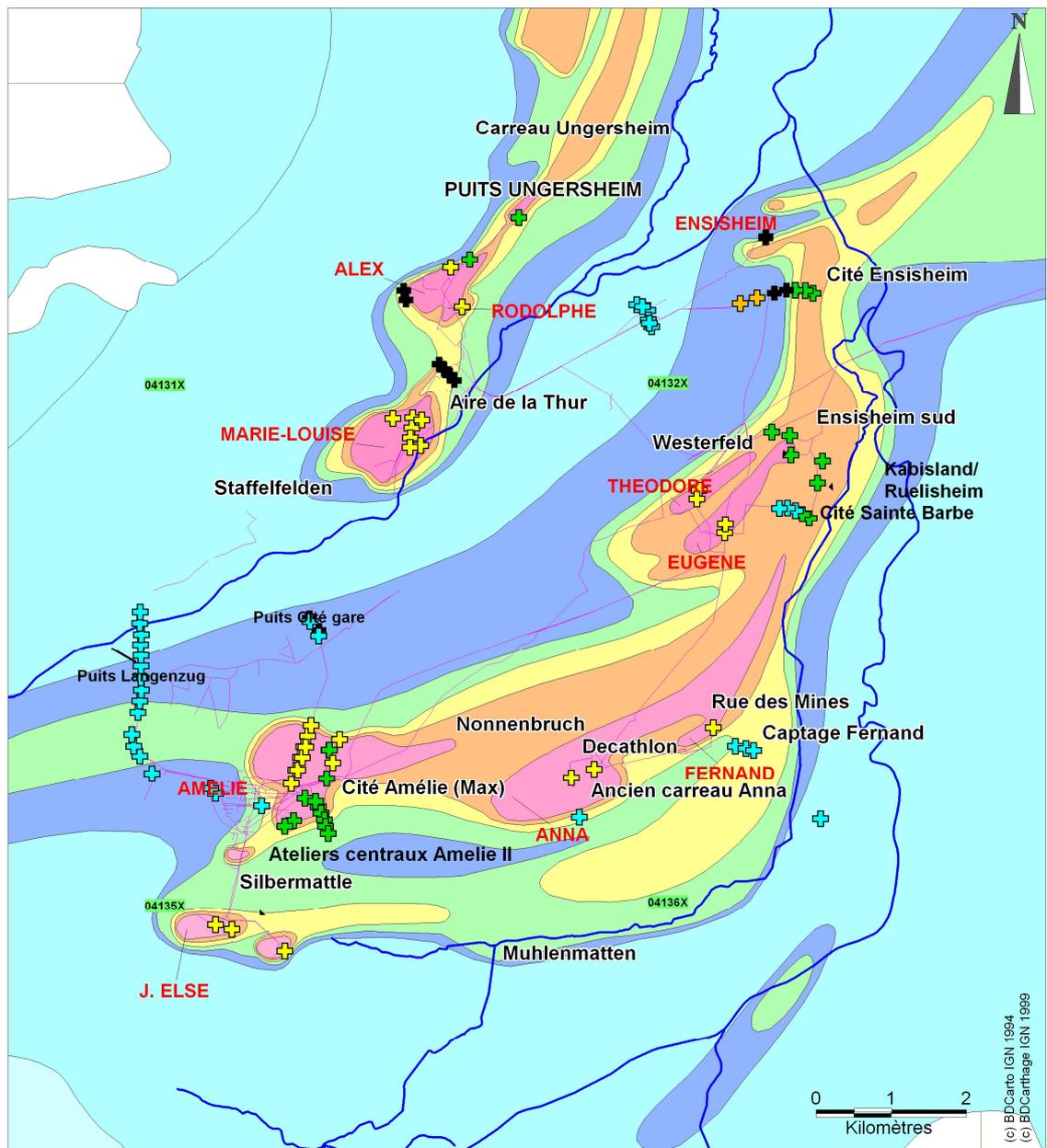


illustration 1 : Le bassin potassique avec la localisation des puits, du saumoduc et des lieux dits (légende Annexe 6)

2.1. LES PIEZOMETRES DE REFERENCE- RESEAU DE CONTROLE OPERATIONEL (RCO)

Dans le cadre de la mise en place d'un réseau de contrôle opérationnel pour la DCE, l'AERM avait demandé au BRGM, dès 2006, de faire des propositions de points caractérisant l'impact des Etablissements Classés sur les eaux souterraines. Ces réseaux de points caractéristiques pourraient ainsi être utilisés pour un rapportage simplifié à l'Union Européenne.

Des « piézomètres de référence » pour la surveillance ont été choisis par rapport à deux objectifs :

- surveillance en aval des terrils dans l'axe des langues salées ;
- évolution du piézomètre représentative de l'évolution globale de la zone aval du terril correspondant.

L'illustration 2 présente la localisation des 31 points de référence mise à jour (Tableau Annexe 1).

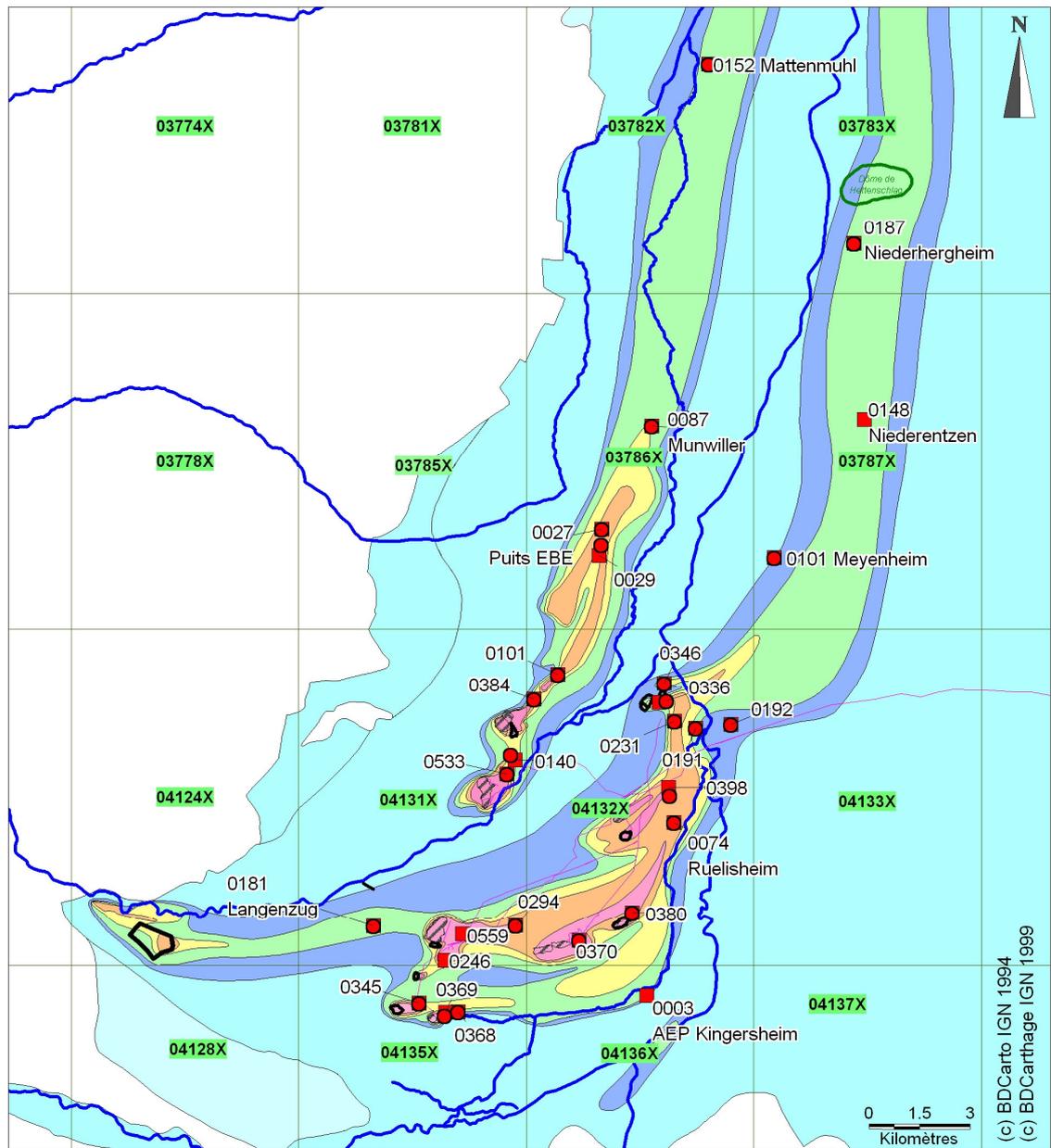


illustration 2 : Carte de localisation des points du réseau de contrôle opérationnel dans le bassin potassique et son aval

2.2. SYNTHÈSE DES MESURES DE SURVEILLANCE DE LA SALINITE ET DES OPERATIONS DE DEPOLLUTION DANS LE BASSIN POTASSIQUE

Source : Comm. Interservices du 04/09/08 et du 24/04/09							
Secteur	Opérations réalisées ou en cours (2008)	Puits de pompage		Piézomètre de référence	Evolution constatée en 2007 / 2008 (teneurs Cl- en mg/l)	Remarques	Propositions, suite du programme
		Puits de fixation	Puits de dépollution				
Puits du Langenzug à Wittelsheim		Puits AEP arrêtés, ils servent comme surveillance du panache venant de Vieux Thann et de l'Ochsenfeld			Les concentrations de tous les puits sont en diminution en 2008, sans doute un effet des travaux d'assainissement du terriil de l'Ochsenfeld.	L'utilisateur prévu est "BP Hardt" pour les puits 22, 24, 26, 28. Reste le pb. du fluzilazole. Pas d'analyses du terriil d'Ochsenfeld depuis 2007 pour confirmer amélioration de l'aval immédiat du terriil.	Suivre la procédure pour mettre AEP en fonction et prendre connaissance du devenir des puits. Le P4 est conservé comme piézomètre de référence amont du bassin potassique.
Amélie (Amélie I Nord, Est, II)	Am I Nord + Amélie Est : Dissolution en cours. Il reste 197 000 T début 2009. Achèvement probable en 2010	11	3	2	Poursuite de l'amélioration sur la frange nord de la langue salée à l'aval d'Amélie	L'amélioration en aval montre que les hausses locales dues au traitement sont maîtrisées.	Continuation des pompages même après la fin de dissolution car grand stock de sel dans la nappe : --> garder encore plus longtemps les puits profonds. Le puits 1X0559 a été ajouté comme point de référence plus près du terriil.
	Amélie II : Remodelage, étanchement et végétalisation achevés	0	5 (puits Gravière Max & Ateliers Centraux)		Stabilité des concentrations à Amélie II et en aval des terriils de la convention de Bonn	Pas de puits de fixation, des puits de dépollution en aval éloigné montrent des valeurs >2000 mg/L Piézomètres en aval éloigné (Puits Max sud) plus mesurés (MDPA : plus accessible)	--> maintenir les puits de dépollution Max Un point de référence (un des puits Max) ajouté.
Joseph Else	JE Ouest : Remodelage, étanchement et végétalisation achevés	2	0	3	Il reste un stock important en profondeur (~10 000 mg/L), mais le puits de fixation continue à baisser et passe sous les 6 g/L. En surface, amélioration sur la frange nord surtout.	La géophysique a permis de définir la langue salée en aval, la langue salée supérieure à 0.5 g/L est interrompue.	Garder le pompage des drains en plus du puits de fixation afin de confiner le sel resté sur et sous le terriil. Un piézomètre double de référence a été créé dans l'axe en aval en 2009 en remplacement du point de référence aval actuel.
	JE Est : Dissolution, remodelage et végétalisation achevés	1	2		Malgré une baisse considérable depuis 2 ans, la concentration reste très élevée en profondeur : Stock profond sous terriil (26 000 mg/L). Amélioration nette du niveau proche de la surface.		

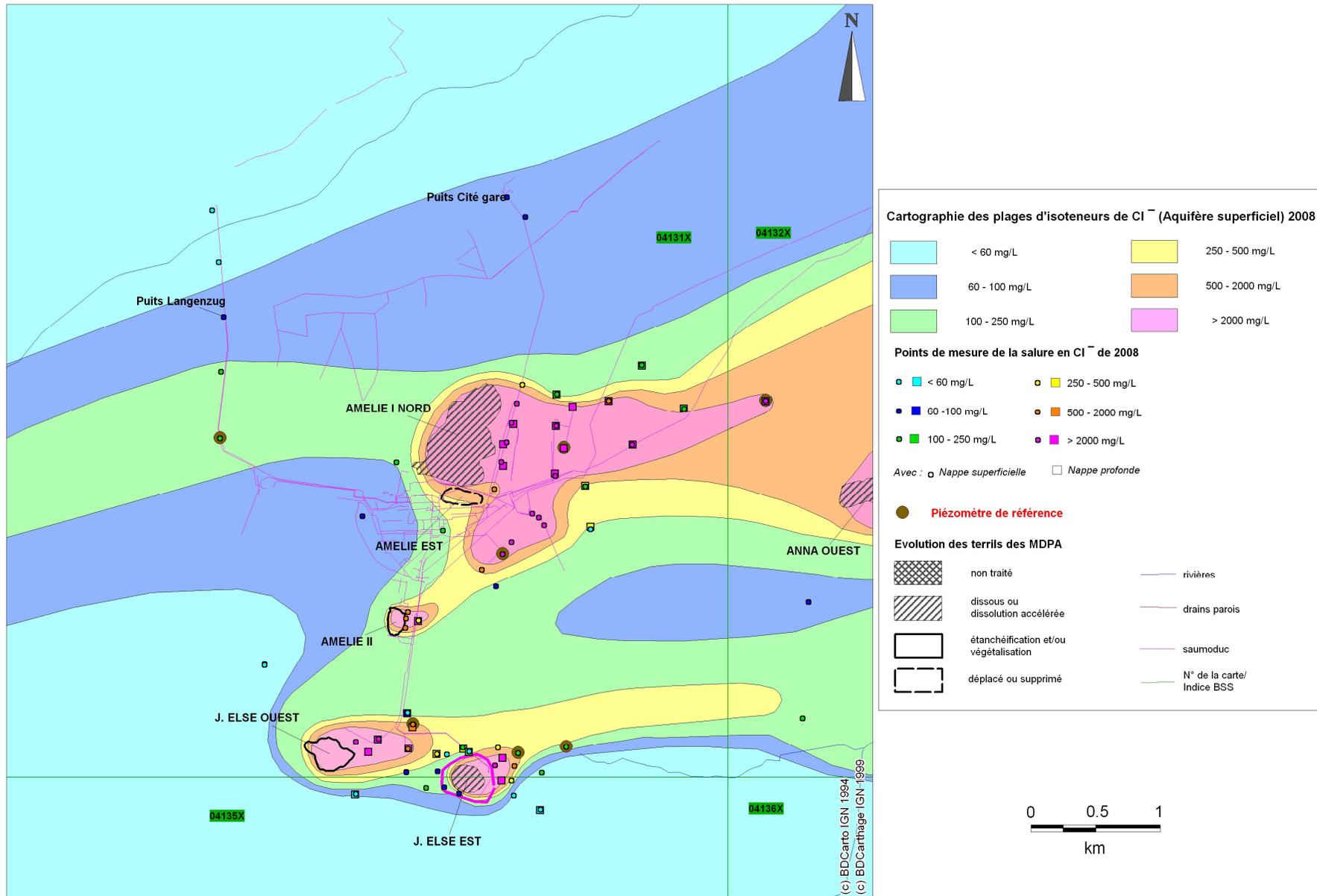


illustration 3 : Carte des concentrations moyennes 2008 du secteur « Joseph-Else/Amélie »

Secteur	Opérations réalisées ou en cours (2008)	Puits de pompage		Piézomètre de référence	Evolution constatée en 2007 / 2008 (teneurs Cl- en mg/l)	Remarques	Propositions, suite du programme
		Puits de fixation	Puits de dépollution				
<u>Dollerbaechlein aval éloigné</u>					Retour à des concentrations normales < 250 mg/L le long du Dollerbaechlein	Le pic de concentrations observé le long du Dollerbaechlein en 2005-2006 a été expliqué par le lessivage de dépôts temporaires de matériaux salés à l'Est du terriil Joseph Else Est	Le piézomètre 04132X0114 détruit a été remplacé par le puits Nussbaumer 04136X0809/PUITS. Les mesures effectuées en 2009 montrent des concentrations supérieures à 1g/l.
<u>Anna-Fernand</u>	Anna, tas N°1 : dissolution achevée, remodelage en cours Anna, tas N°2 et 3 : dissolution en cours, remodelage prévu à partir de 2009	2	0	1	Légère amélioration à l'amont et à l'aval d'Anna, les fortes concentrations des fuites au nord se stabilisent. Toujours de fortes teneurs au nord de Fernand (~ 4000 mg/L). En aval éloigné la détérioration constatée en 2007 persiste sur la barrière hydraulique Ensisheim Sud (conséquence probable des travaux sur Fernand-Anna dont tout l'impact n'est pas intercepté).	Fuite de salure vers le Sud non maîtrisée par des pompages, mais interceptée par les puits de fixation Fernand, peut être due aux injections lors de la dissolution	Evolution de la saumure résiduelle à suivre, il faut maintenir plus longtemps les 2 puits de fixation
	Fernand : dissolution achevée, remodelage et végétalisation en cours	1	0	1		Fuite de salure vers le Nord non maîtrisée par des pompages malgré la fin des travaux, la concentration ne baisse pas	Vérifier l'efficacité des puits de fixation par rapport au nord du terriil

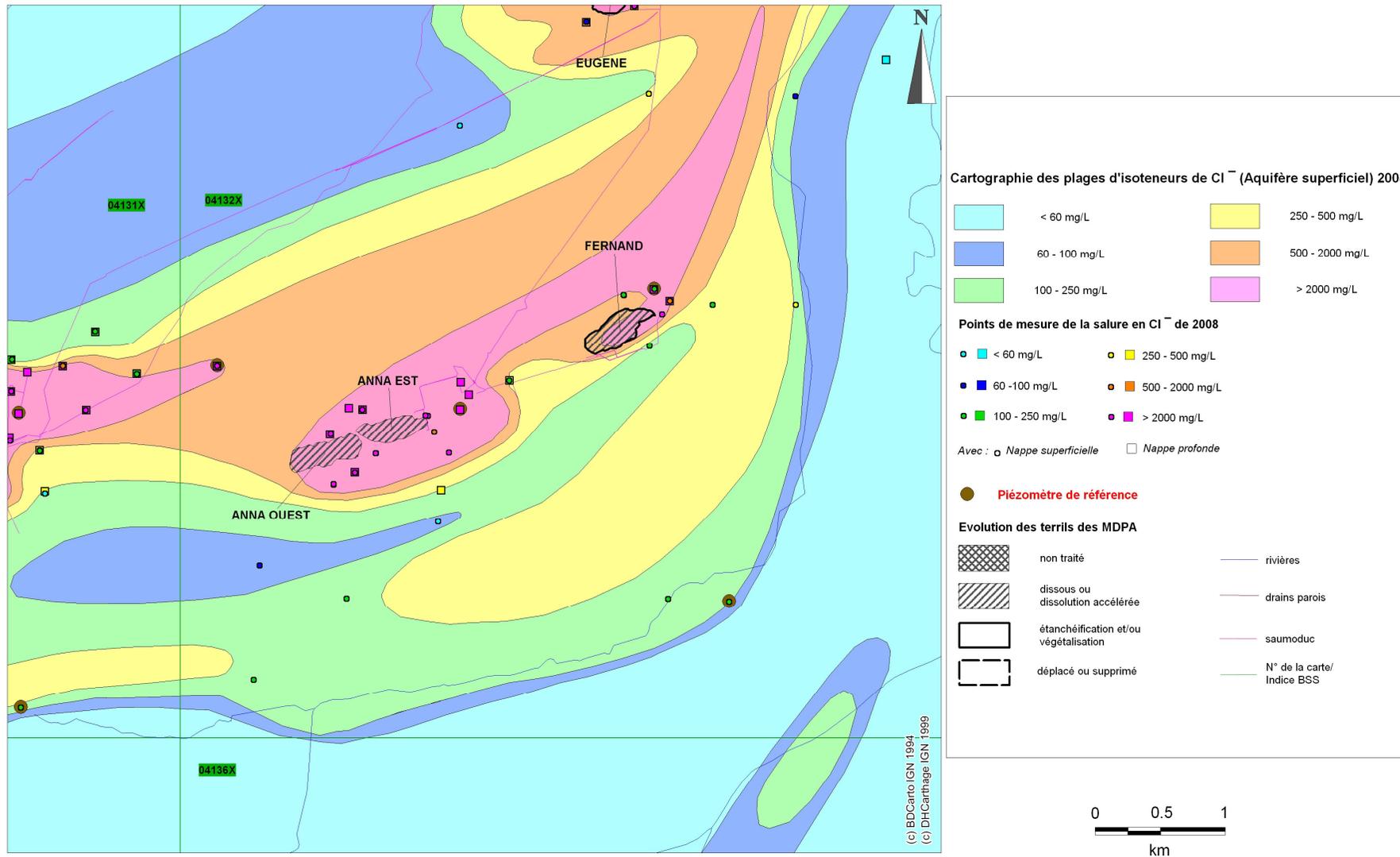


illustration 4 : Carte des concentrations moyennes 2008 du secteur « Dollerbaechlein/Anna-Fernand »

Secteur	Opérations réalisées ou en cours (2008)	Puits de pompage		Piézomètre de référence	Evolution constatée en 2007 / 2008 (teneurs Cl- en mg/l)	Remarques	Propositions, suite du programme
		Puits de fixation	Puits de dépollution				
<u>Théodore-Eugène</u>	Théodore : Dissolution, remodelage et végétalisation achevés	2	5 (nouveaux puits Ensisheim Sud)	1	<u>Théodore</u> : Légère baisse des teneurs sous le terril et au puits de fixation Théodore bis, stabilité en aval. <u>Eugène</u> : Amélioration des teneurs en surface mais stabilité en profondeur (salure d'origine naturelle ?) En aval du terril : l'amélioration se poursuit : 2,5 g/L sur le pompage P2.	Fuites en aval direct de Théodore mais captage aval ; stock de sel important sous le terril	maintenir puits de fixation et de dépollution, fortes concentrations malgré fin du traitement depuis 5 ans
	Eugène: Remodelage, étanchement et végétalisation achevés	2	3 (Puits Ensisheim cité)	1		stock de saumure sous le terril, peut-être saumures naturelles à l'amont	maintenir puits de fixation et de dépollution
<u>Barrière Ensisheim-Cité</u>		0	0	1	Poursuite de l'amincissement de la langue salée en amont d'Ensisheim, stabilité des multitubes III rive droite et gauche sauf pour le tube de l'aquifère supérieur en rive gauche (04132X0191) : augmentation inattendue de 71 (2007) à 128 mg/l (2008). Une contamination par les eaux superficielles est probable	Problème de pollution par le bromacyl sur les puits cédés au Syndicat EBE	
<u>Ensisheim</u>	Ensisheim Ouest et Nord: Remodelage, étanchement et végétalisation achevés Ensisheim Est : Dissolution, remodelage et végétalisation achevés	0	0	1	<u>Ensisheim O</u> : stable, il reste une source de sel <u>Ensisheim N</u> : amélioration <u>Ensisheim E</u> : amélioration.	La langue d'eau douce entre les terrils Ensisheim Ouest et Ensisheim Nord progresse. Il subsiste sans doute une source de sel à la jointure entre les parties étanchées et non étanchées du terril Ensisheim Ouest	Continuer la surveillance ; contrôler qu'il n'y pas dégradation de la couverture étanche du terril Ensisheim Ouest
<u>Marie-Louise</u>	Partie Nord remodelée, partie Sud en cours de remodelage, Dissolution de la partie centrale en cours	7 dont 3 profonds	0	2	En 2008 fuites de salure au Nord de Marie-Louise (plus de 3 g/L au 04131X0477).	Avancée de la langue perceptible dans les puits Rodolphe en aval. Peu concentrés, ils ont été arrêtés en 2006.	Surveiller l'efficacité des puits de fixation
<u>Alex-Rodolphe</u>	Alex : Dissolution remodelage et végétalisation achevés	1	2	1	Amélioration en aval en 2008, mais fortes concentrations encore malgré la fin du traitement (>10 000 mg/L)	stock de saumure sous le terril	Continuer la surveillance (apports amont ?)
	Rodolphe : Remodelage, étanchement et végétalisation achevés	1	0	1	Stabilisation, stock restant sous le terril (~6 000 mg/L) Amélioration au Sud de Rodolphe.	stock de saumure sous le terril	Continuer la surveillance

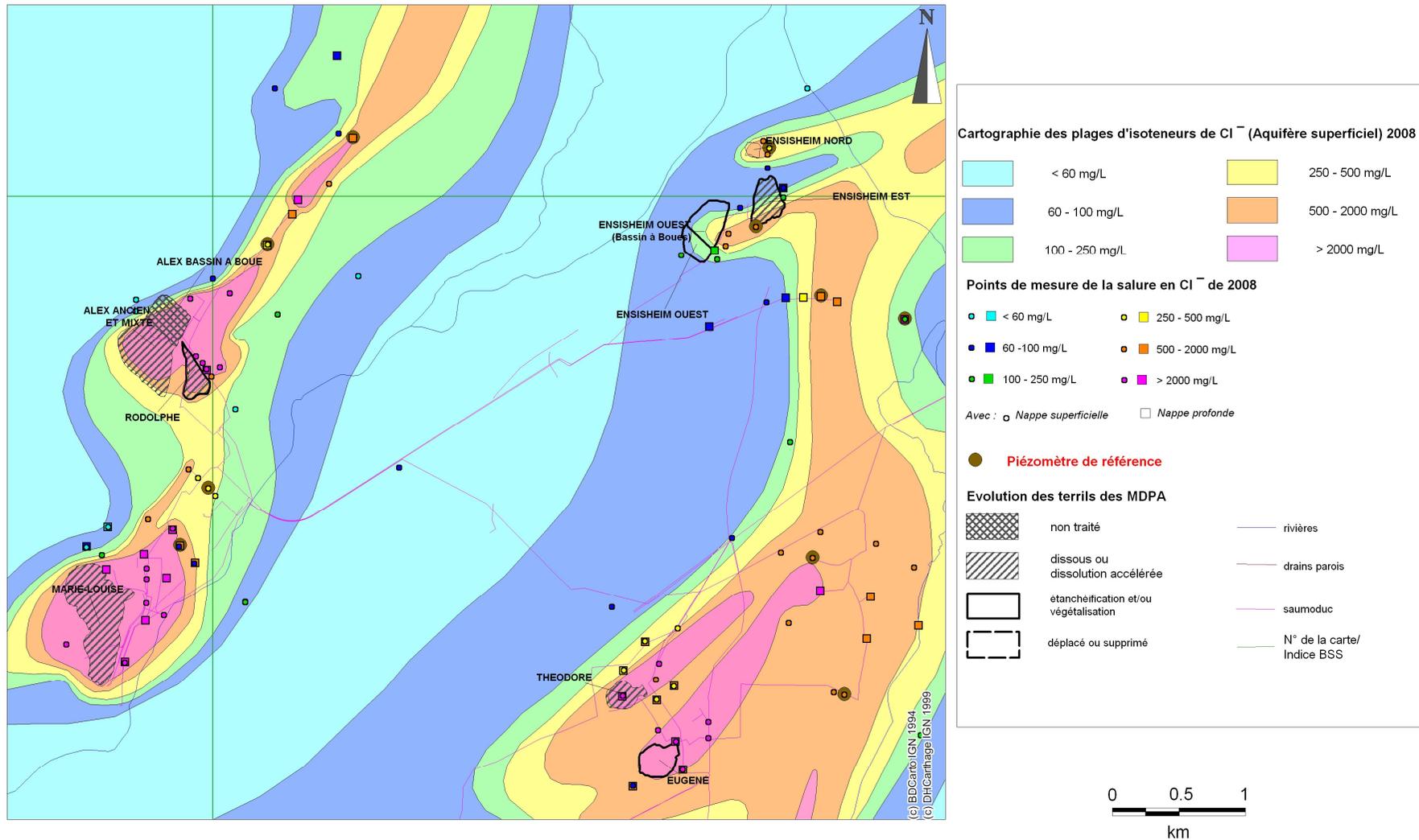


illustration 5 : Carte des concentrations moyennes 2008 du secteur «bassin potassique aval »

Secteur	Opérations réalisées ou en cours (2008)	Puits de pompage		Piézomètre de référence	Evolution constatée en 2007 / 2008 (teneurs Cl- en mg/l)	Remarques	Propositions, suite du programme
		Puits de fixation	Puits de dépollution				
<u>Langue Ouest/ secteur EBE</u>				2	Situation toujours en lente dégradation aux puits EBE. Les puits sont maintenus en fonctionnement mais non utilisés (approvisionnement à partir des forages d'Ensisheim cité).	Installation d'un nouveau piézomètre en amont d'EBE réalisée en 2008 (maître d'ouvrage Syndicat EBE), confirme la présence de saumure à 10 g/L Cl- en profondeur à l'amont	continuer l'observation, notamment dans le nouveau piézomètre
<u>Langue Ouest/ aval lointain</u>				1	Situation à peu près stable à Munwiller, Mattenmuhl et Colmar	La dégradation observée à EBE n'est pas encore constatée en aval lointain	
<u>Langue Est/Aval Ensisheim</u>				1	Le nouveau piézomètre profond de la gravière STA 03787X0181/PZ2 permet de constater que la salure n'est plus que de 140 mg/L à 50 m de profondeur	Les nouveaux piézomètres de la gravière SATA sont situés dans l'axe de la langue salée en sortie du bassin potassique à l'aval Ensisheim.	
<u>Langue Est / Aval lointain</u>				1	- nette amélioration en surface (dilution et dérive de la langue vers l'Est). <u>Hettenschlag</u> : stabilité avec 156 mg/L à 110 m	L'axe de la langue salée aval se trouve plus à l'est qu'avant, ainsi, les piézomètres multitubes de Meyenheim et d'Oberhergheim se trouvent maintenant en bordure de la langue. La salure diluée contourne le dôme de Hettenschlag par l'Est.	
<u>Langues aval du bassin potassique</u>					La zone non affectée par la salure entre les 2 langues aval s'élargit aux dépens des 2 langues. (frange W de la langue E et frange E de la langue W régressent). L'amélioration constante des points entre Pulversheim et l'Ouest d'Ensisheim nous a conduits en 2008 à joindre cette zone < 60 mg/L avec son amont (Staffelfelden).	L'amélioration est difficile à cartographier en l'absence de points de mesure non superficiels.	continuer l'observation, mettre à jour la cartographie avec les points complémentaires de l'Inventaire régional 2009

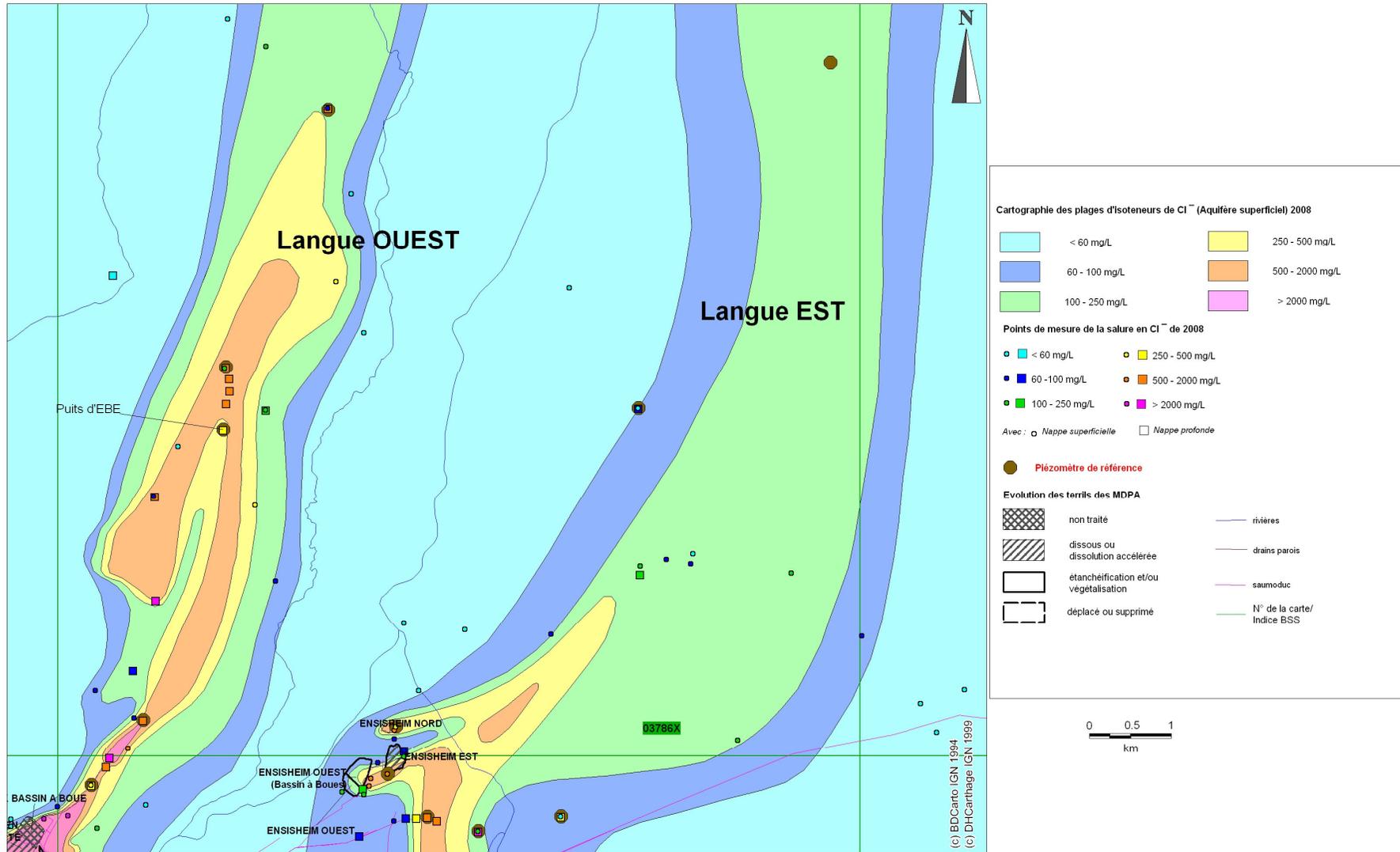


illustration 6 : Carte des concentrations moyennes 2008 du secteur «EBE/Aval du bassin potassique»

3. Salure profonde

La carte de la salure profonde en 2008 demeure assez comparable à celle de l'année 2003 (Annexe 4).

3.1. LA LANGUE OUEST

L'aspect de la langue salée Ouest change peu en aval. Une étroite langue profonde à plus de 250 mg/L atteint les puits du Neuland, dont la concentration a peu évolué : de 258 mg/L en 2003 à 265 mg/L en 2008.

Au niveau du champ captant d'EBE, l'interprétation a beaucoup changé, avec le tracé de 2 branches, l'une à l'Est provenant des terrils Alex-Rodolphe, l'autre à l'Ouest provenant d'une source hypothétique entre Raedersheim et Ungersheim. Une étude en cours vise à déterminer le type (anthropique ou naturel) de cette source. Dans ce cadre d'étude, l'installation d'un nouveau piézomètre en amont d'EBE réalisée en fin 2008 (maître d'ouvrage Syndicat EBE), confirme la présence de saumure à 10 g/L Cl- en profondeur à l'amont.

On observe toujours une lente dégradation des concentrations au droit des puits EBE. Toutefois l'aquifère profond à Munwiller (03786X0087/PMT64 & 100) situé à l'aval immédiat présente une légère amélioration de sa concentration moyenne. Dans l'ensemble, la dégradation observée à EBE n'est pas encore constatée en aval lointain.

3.2. LA LANGUE EST

La langue salée Est en aval est connue par un nombre réduit de points. En aval d'Ensisheim, le nouveau piézomètre profond de la gravière STA indique une concentration se réduisant à 134 mg/L en moyenne. Dans cette zone, les autres piézomètres mesurant l'aquifère superficiel indiquent une tendance à un passage dans une zone < 100 mg/L. Le piézomètre multiple de Niederhergheim montre une diminution de ces concentrations en profondeur et une légère augmentation dans l'aquifère supérieur. Le multitube de Hettenschlag indique une certaine stabilité avec 156 mg/L à 110 m de profondeur.

3.3. LE BASSIN POTASSIQUE

Entre 2003 et 2007, la diminution significative de la surface de la salure profonde avait été soulignée suite à l'avancement des travaux de résorption des terrils. La cartographie de l'aquifère profond pour 2008 comparée à 2003 confirme également cette tendance sans toutefois attester de réduction supplémentaire significative de la surface. En clair, une stabilité relative des intervalles de concentration s'observe entre 2007 et 2008 (hormis un amincissement de la langue en aval d'Alex).

4. Bilan de la dépollution en 2008

En 2008, la plupart des terrils ont été traités ou sont en cours de traitement, soit par dissolution accélérée soit par étanchement-végétalisation.

Suite aux actions de dépollution entreprises, la masse de chlorures évacuée du bassin potassique par le saumoduc en 2009 est estimée au 01/01/2009 à 225 200 tonnes, qui correspondent cette année (illustration 7) :

- pour **52%** à la masse extraite de la nappe par les **puits de dépollution, les puits de fixation et les drains**, soit 116 000 tonnes de chlorures ;
- pour **48%** à la masse provenant de la **dissolution accélérée des terrils Marie-Louise, Amélie Nord et Anna** hors infiltration naturelle soit 109 200 tonnes de chlorures.

La dissolution en 2008 est de l'ordre de 118 900 tonnes de chlorures (contre 182 000 tonnes en 2007, 300 000 tonnes en 2006 et 540 000 tonnes dans l'année record en 2005 grâce à l'optimisation des méthodes d'arrosage).

En considérant que la nappe a reçu par **infiltration des terrils** 9 700 tonnes de chlorures (estimation par les MDPAs), la quantité extraite de 116 000 tonnes de chlorures entraîne une **dépollution** nette de la nappe de 106 300 tonnes de chlorures.

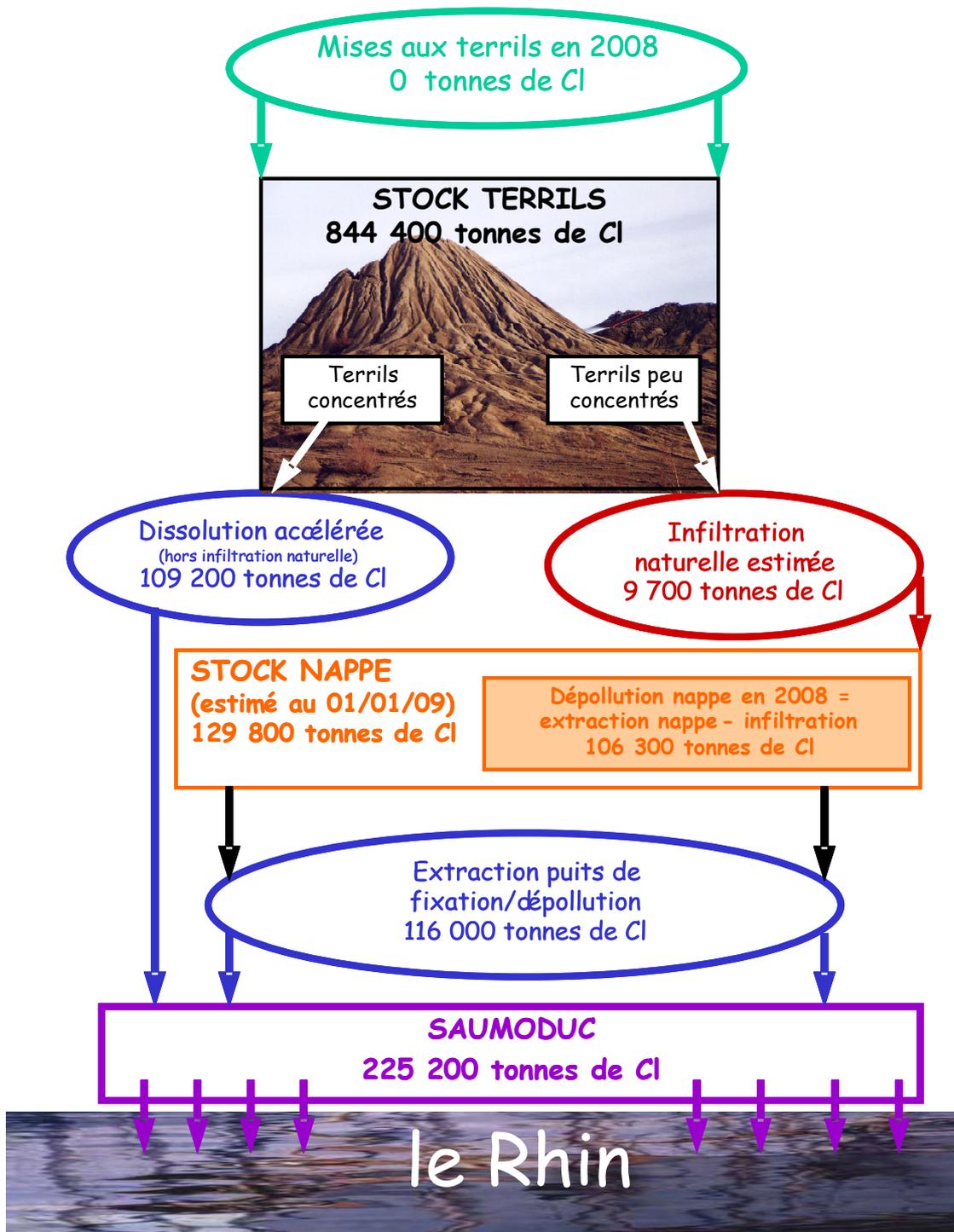


illustration 7 : Bilan 2008 de la dépollution en tonnes de chlorures (estimation BRGM d'après les données MDP)

La dépollution de la nappe met en évidence chaque année de façon plus frappante un décalage entre la diminution annuelle du stock de chlorures estimé dans la nappe (Stock au 01/01/08 - Stock au 01/01/09) et la quantité de sel extraite de la nappe d'après les mesures de débit et de concentration sur les ouvrages de dépollution et de fixation. L'extraction des chlorures est ainsi toujours supérieure à la diminution estimée.

Ce décalage répété annuellement semble mettre en évidence que les processus en jeu sont insuffisamment pris en compte sans que l'on puisse les évaluer de façon précise (infiltration naturelle, apport non anthropogène, stock sous terrils sous-évalués, etc...). Il est apparu donc nécessaire d'effectuer une nouvelle estimation sur la base des informations recueillies en 2008.

5. Nouvelle estimation de la salure en 2008

5.1. PRINCIPES

De premiers calculs du tonnage de chlorures présent dans la nappe avaient été effectués d'après les mesures de l'année 2000 (environ 900 000 tonnes de chlorures soit 1,5 Mt d'équivalent NaCl, *cf.* rapport BRGM RP-50943-FR), de l'année 2002 (environ 680 000 tonnes de chlorures ou 1,1 Mt d'équivalent NaCl, *cf.* rapport BRGM RP-52361-FR) et de l'année 2004 (environ 455 000 tonnes de chlorures ou 750 000 t d'équivalent NaCl, *cf.* rapport BRGM RP-54079-FR).

Ces cubages sont évidemment assez approximatifs, avec une précision évaluée entre 20 et 30%, et ont évolué dans le temps : le cubage 2000 utilisait encore une teneur de coupure de 200 mg/L, les suivantes se basaient sur une teneur de 250 mg/L ; à partir de 2004 la géométrie des alluvions prise en compte était celle du modèle tricouche du bassin potassique mis au point pour la modélisation hydrodynamique de la salure. Enfin le tracé de la salure profonde a évolué en fonction des nouvelles connaissances apportées par les campagnes de géophysique.

Le principe du calcul de cubage est resté le même, à savoir un calcul de volume par la méthode des sections à partir d'une cartographie interprétative des isocontours des teneurs en chlorures de l'aquifère superficiel et de l'aquifère profond. Les épaisseurs moyennes de chaque section sont calculées en faisant la moyenne des épaisseurs du maillage du modèle hydrodynamique, les teneurs moyennes de chaque section étant prises dans la tranche de teneurs correspondantes d'après la moyenne des teneurs rencontrées dans les puits ou piézomètres informant la section.

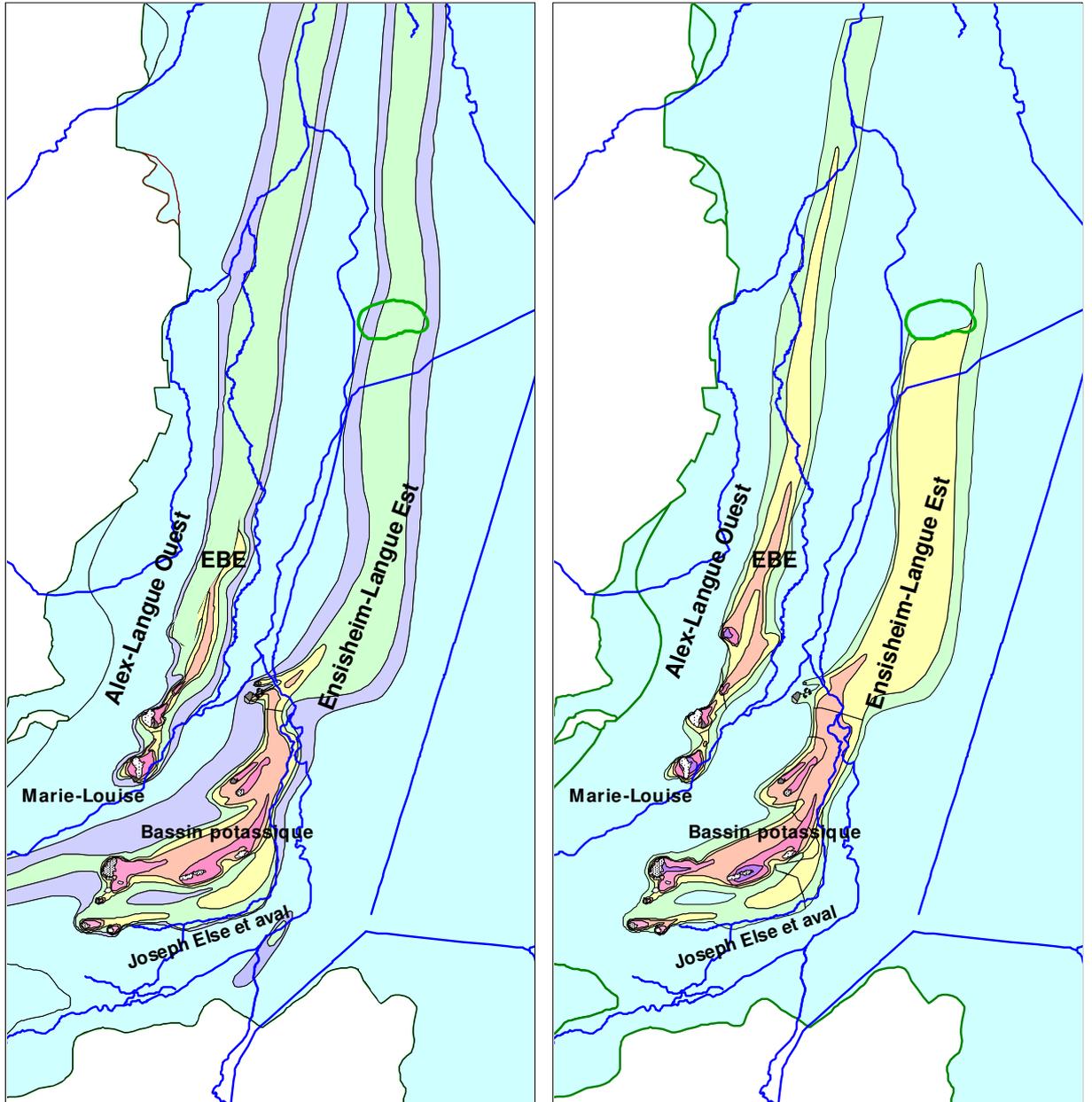
5.2. CARTOGRAPHIE DES DEUX TRANCHES AQUIFERES

Une première carte des teneurs dans les alluvions récentes a été réalisée à partir de la carte générale de 2008 (qui ne comprend pas de contours au-delà d'une teneur de 2 g/L de chlorures), en ajoutant une tranche supérieure à 10 g/L et en effaçant la source profonde d'EBE qui affecte exclusivement les alluvions anciennes profondes (Illustration 8a). Les épaisseurs des polygones ont été calculées en faisant la moyenne des épaisseurs des alluvions récentes des mailles du modèle hydrodynamique développé dans le cadre du projet Interreg III MoNit.

Une deuxième carte des teneurs dans les alluvions anciennes a été réalisée à partir de la carte de la salure profonde en 2008, en ajoutant une tranche supérieure à 10 g/L (Illustration 8b). Les épaisseurs des polygones ont été calculées en faisant la moyenne des épaisseurs des deux niveaux d'alluvions anciennes des mailles du modèle hydrodynamique développé dans le cadre du projet Interreg III MoNit.

Un découpage par secteurs a été utilisé, regroupant les mêmes ensembles que lors du calcul de 2004 à savoir :

- Langue Ouest y compris les terrils Alex-Rodolphe ;
- Secteur Marie-Louise ;
- Langue Est y compris les terrils d'Ensisheim ;
- Bassin potassique limité au Nord au niveau des puits d'Ensisheim-Cité et ne comprenant pas la langue issue des terrils Joseph-Else ;
- Langue Joseph-Else y compris le secteur des terrils.



a) Tranche superficielle

b) Tranche profonde

Illustration 8 : Cartes 2008 des nappes superficielle et profonde utilisées pour le cubage

5.3. CALCUL DE CUBAGE

Le calcul par la méthode des sections a été réalisé de la façon suivante :

- affectation de teneurs moyennes à chaque plage de teneurs pour les 2 tranches, en se basant sur les concentrations observées dans les ouvrages captant cette tranche ; c'est là la source principale d'erreur, car le fait que la distribution des concentrations en chlorures est une distribution de type log-normal rend délicate l'estimation de la teneur moyenne d'une tranche ;
- calcul de la surface de chaque plage de teneurs des 2 cartes interprétatives ;
- pour chaque carte, sélection des points du maillage du modèle tombant dans les différentes plages de teneur et calcul de l'épaisseur moyenne pour la tranche d'alluvions correspondante ; pour la première tranche, c'est l'épaisseur mouillée qui est prise en compte en se basant sur une piézométrie moyenne de référence (juin 2002) ;
- pour les langues aval, l'épaisseur de la salure profonde a été limitée à 40 m maximum en considérant qu'au-delà les concentrations étaient diluées en-dessous de la teneur de coupure ;
- cubage par la méthode des sections (surface x épaisseur x porosité x teneur) ; on a retenu une porosité moyenne de 10% pour les alluvions anciennes et de 15% pour les alluvions récentes. Pour ce paramètre de porosité moyenne l'incertitude est importante.

Cubage 2008 de la salure au-dessus de 250 mg/L	Tranche superficielle			Tranche profonde			Total par secteur	
	Secteur	Surface (km ²)	Tonnage Cl (tonnes)	Tonnage NaCl (tonnes)	Surface (km ²)	Tonnage Cl (tonnes)	Tonnage NaCl (tonnes)	Tonnage Cl (tonnes)
Alex/Langue Ouest	4.8	5837	9569	22.2	63001	103280	68838	112849
Ensisheim/Langue Est	2.6	4659	7638	40.3	40294	66055	44952	73693
Marie-Louise	1.7	4203	6890	2.2	23345	38271	27548	45160
Bassin potassique (Théodore-Eugène, Fernand-Anna, Amélie)	20.8	45575	74713	23.9	107147	175651	152722	250363
Joseph Else et aval	3.9	2510.5	4116	4.8	12651	20739	15161	24854
Total	33.9	62784	102924	93.5	246437	403995	309221	506919

Illustration 9: Cubage de la salure en 2008

On obtient ainsi un tonnage cumulé d'environ 300 000 tonnes de chlorures ou de 500 000 tonnes d'équivalent NaCl. La surface de nappe superficielle affectée d'une salinité de plus de 250 mg/L est de 34 km². L'illustration 8 présente les résultats par secteur et par tranche.

Ce calcul de cubage reste entaché de nombreuses sources d'incertitude (géométrie des alluvions, tracé des isocontours, porosités, teneurs moyennes difficiles à estimer par plage de teneurs, ...), il faut donc considérer les résultats par secteur et par tranche comme indicatifs. La plus grosse incertitude est probablement celle sur la surface de la langue Est en profondeur, pour laquelle nous ne disposons que de très peu de points de contrôle de l'épaisseur et de la teneur.

Secteur	Tonnage Cl				Remarques sur le cubage 2008
	2000	2002	2004	2008	
Alex/Langue Ouest	213042	159789	123381	68838	Réduction des teneurs au niveau des terrils Alex-Rodolphe et en aval proche
Ensisheim/Langue Est	174353	90768	68289	44952	Forte incertitude sur la surface supérieure à 250 mg/L en profondeur
Marie-Louise	61106	50641	50512	27548	Présence de saumure sous le terril (encore 26 g/L au puits de fixation ML2)
Bassin potassique (Théodore-Eugène, Fernand-Anna, Amélie)	412269	351225	237439	152722	Faible réduction de la surface affectée par la salure, Fernand-Anna et Amélie en cours de dissolution
Joseph Else et aval	47586	28547	29881	15161	Présence de saumure sous les terrils (encore 26 g/L au puits de fixation VJ1)
Total chlorures	908357	680969	509502	309221	
Total équivalent NaCl	1507872	1130409	845774	506919	

Illustration 10 : Comparaison avec les cubages précédents

La comparaison avec les calculs de cubage précédents est donnée en illustration 10. Elle doit être prise avec précaution étant donné que les paramètres de calcul ont évolué avec le temps et les connaissances acquises. Néanmoins la tendance générale à la réduction du tonnage au fil de la dépollution est bien reproduite (Illustration 11).

La diminution moyenne est de l'ordre de 75 000 tonnes de chlorures par an, ce qui est bien inférieur aux tonnages extraits. On retrouve ici un problème constaté depuis les premiers essais de cubage. Il est possible et même probable qu'on ait dans les cubages successifs sous-estimé le tonnage de saumure présent sous les terrils. Par ailleurs il est maintenant démontré que d'autres sources de chlorures existent qui alimentent la langue Ouest notamment et qui faussent les bilans.

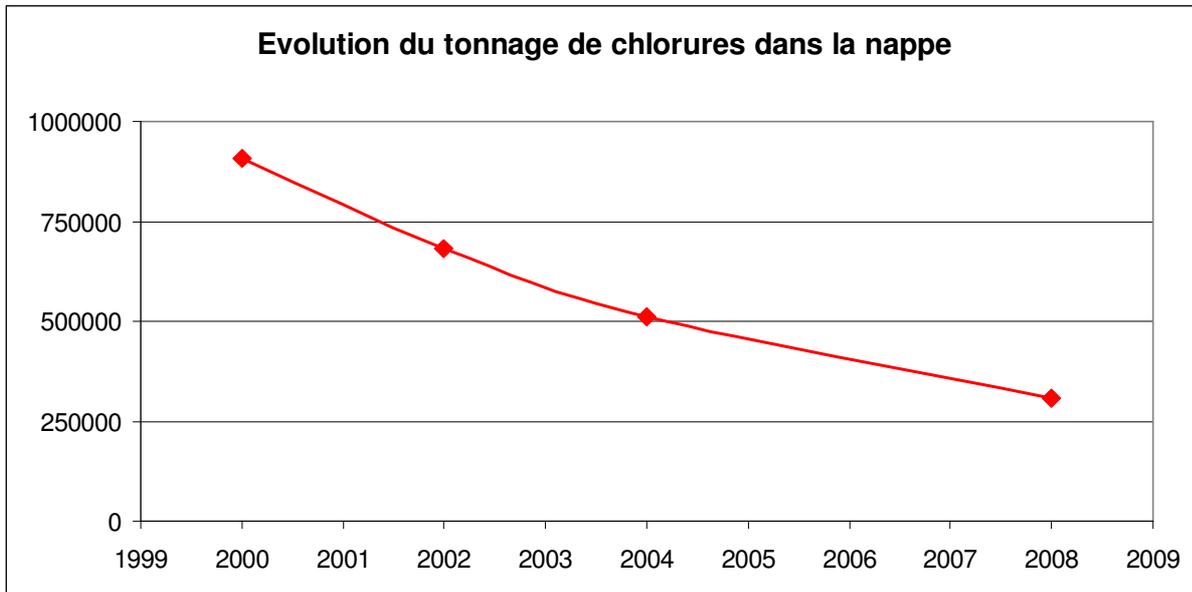


Illustration 11 : Courbe de tendance de la réduction du stock de chlorures dans la nappe

6. Conclusions

Le présent rapport dresse le bilan de près de 3400 mesures de chlorures effectuées en 2008 et collectées dans le secteur s'étendant de Mulhouse à Colmar sur 350 points qui constituent le réseau de surveillance de la salure au droit du bassin potassique et à l'aval (réseau élargi). Le réseau suivi par les MDPA comporte 321 ouvrages sur lesquels ont été réalisés 3496 mesures, soit environ la moitié des mesures réalisées en 2005, avant l'optimisation du réseau et des fréquences de prélèvement.

La surface de nappe (entre 0 et 40 m de profondeur) au-dessus de la concentration de 250 mg/L est passée d'environ 46 km² en 2007 à environ 34 km² en 2008. La quantité de chlorures présents en nappe profonde reste cependant difficile à évaluer de façon précise en l'absence de points de contrôle profond en nombre suffisant.

L'augmentation des concentrations en chlorures aux puits du Syndicat EBE ainsi qu'au puits de Colmar semble être liée à une origine naturelle, s'ajoutant ainsi aux chlorures provenant des terrils amont. Des recherches sur l'origine de ces chlorures en amont des puits EBE sont en cours par le Syndicat au moyen de l'installation de deux piézomètres dont un profond en amont des puits AEP (Rapport BRGM/RP-57523-FR d'Août 2009).

Les bilans de dépollution faits d'après les données fournies par les MDPA et les estimations du BRGM montrent que la dépollution de la nappe se poursuit depuis 1999-2000 à un rythme de plus de 120 000 tonnes de chlorures par an pour un stock résiduel dans la nappe de l'ordre de 200 000 à 250 000 tonnes. Cette situation favorable résulte d'une part du fait que l'avancement de résorption diminue les infiltrations dans la nappe (par dissolution accélérée et étanchement-végétalisation des terrils) et, d'autre part, de l'implantation de nombreux nouveaux ouvrages de fixation et de dépollution et de l'optimisation des pompages, qui compensent en partie la baisse des teneurs observés.

On peut observer, depuis quelques années, que la quantité de sel extraite de la nappe d'après les mesures de débit et de concentration sur les ouvrages de dépollution et de fixation est supérieure à la diminution du stock de sel estimé dans la nappe. Une nouvelle estimation en fonction des cartes a été établie en 2008. On obtient ainsi un tonnage cumulé d'environ 300 000 tonnes de chlorures ou de 500 000 tonnes d'équivalent NaCl.

La comparaison avec les anciennes estimations de stock de sel permet de déduire le résultat net des actions de dépollution : une diminution moyenne de l'ordre de 75 000 tonnes de chlorures par an, ce qui est bien inférieur aux tonnages extraits

Des « piézomètres de référence » choisis par le BRGM en aval des terrils dans l'axe des langues salées ont servi de base pour répondre à l'objectif de contrôle des

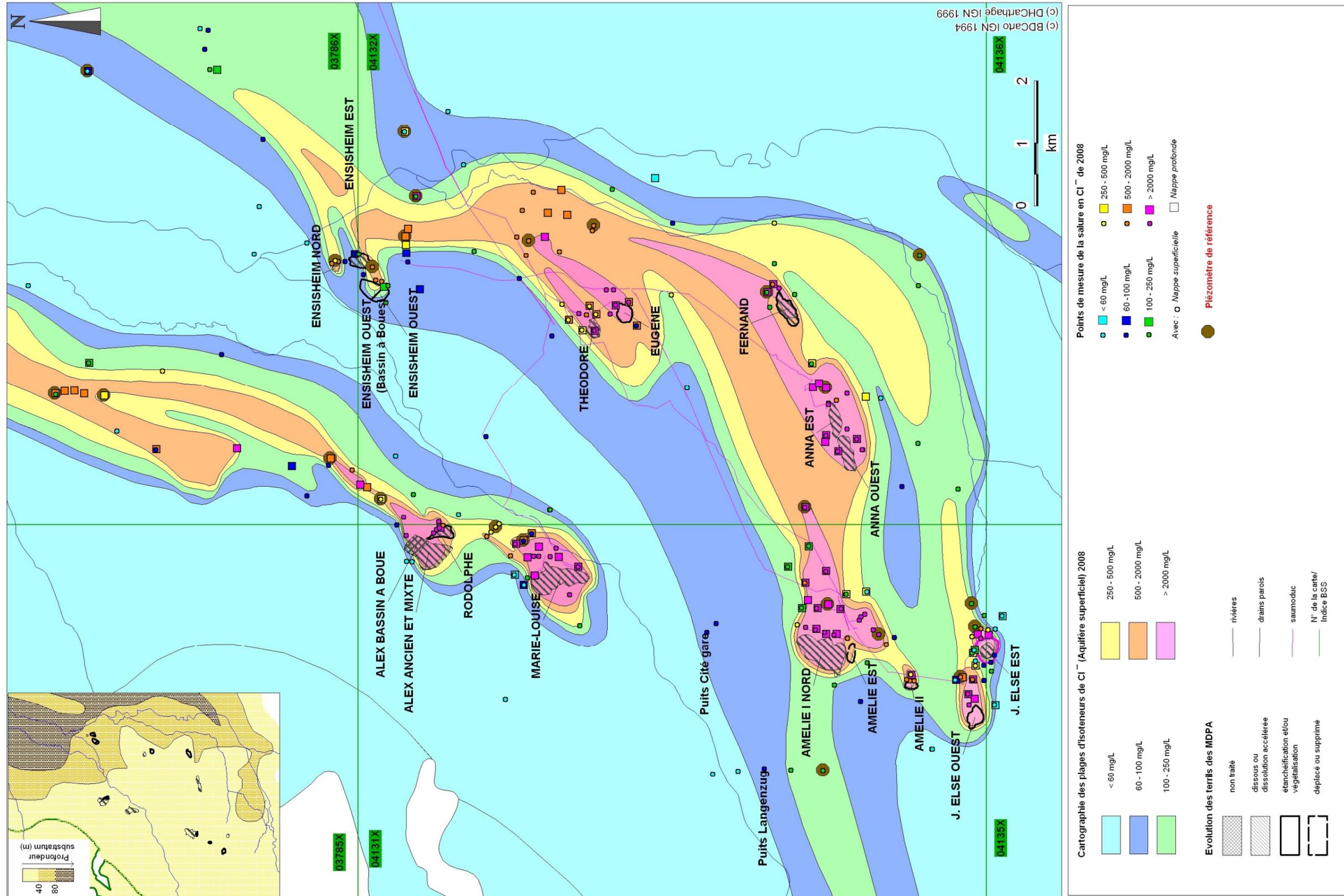
mesures de dépollution prescrit par la DCE. Ils constituent le RCO (réseau de contrôle opérationnel) du bassin potassique. La liste actualisée est présentée en annexe 1

Annexe 1 :
Tableaux des points du réseau de contrôle
opérationnel

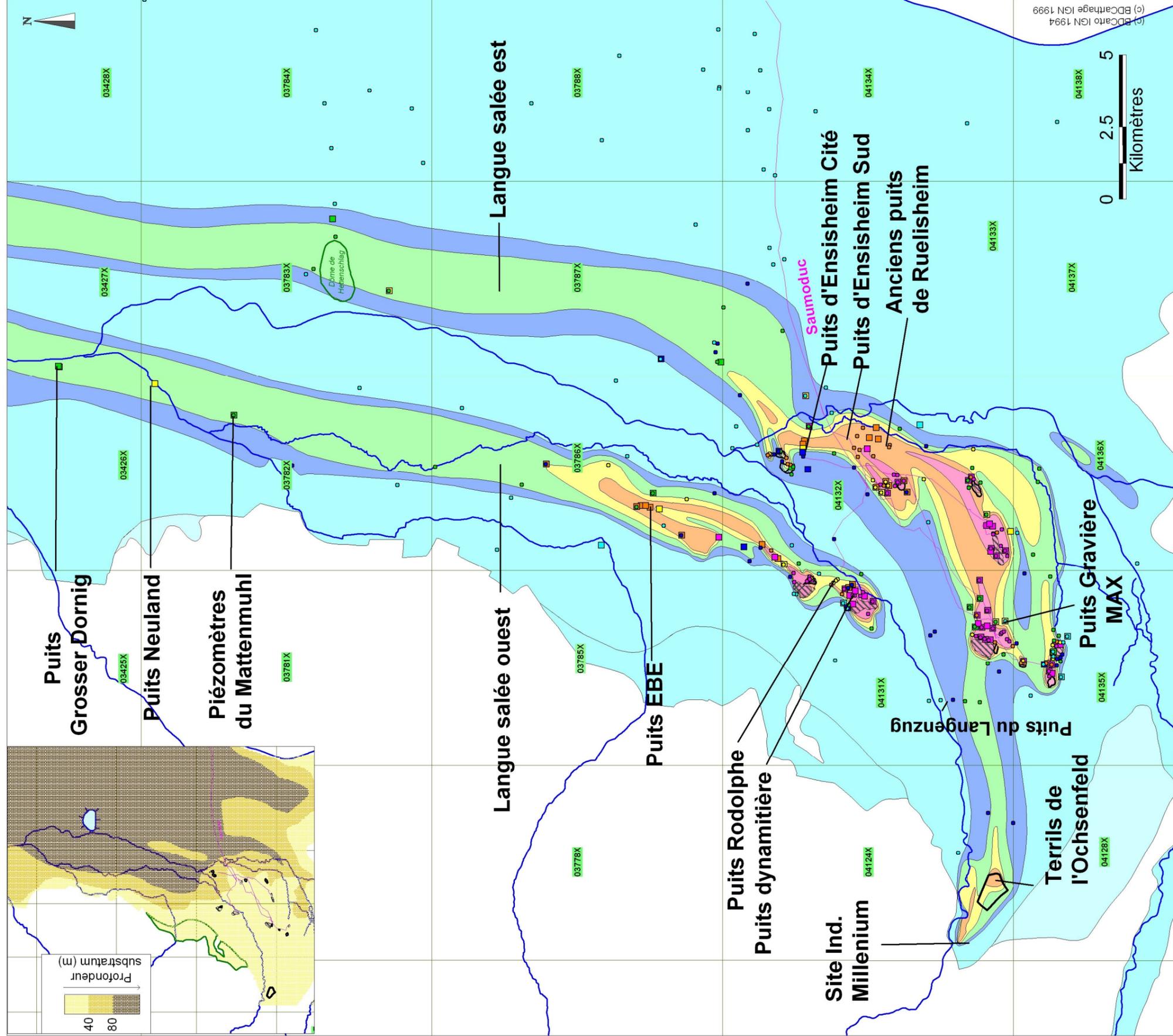
Contrôle et surveillance de la salinité de la nappe phréatique d'Alsace en 2008

Indice	Désignation	Commune	Localité	Suivi_par	AP n°2007-232-9 20 août 2007	Type d'ouvrage	Aquifère
03782X0152	PMT 16	SAINTE-CROIX-EN-PLAINE	MATTENMUHL (PROFOND)	MDPA	non	Multitube	AquiSUP
03782X0152	PMT 42						AquiSUP
03782X0152	PMT 66						AquiINF
03782X0152	PMT 93						AquiINF
03783X0187	PMT 10	NIEDERHERGHEIM	AUF DINTZEN (PZ MULTITUBES)	MDPA	non	Multitube	AquiSUP
03783X0187	PMT 58						AquiINF
03783X0187	PMT 88						AquiINF
03783X0187	PMT 118						AquiINF
03786X0087	PMT 25	MUNWILLER	MUNWILLER (AVAL MULTITUBE)	MDPA	non	Multitube	AquiSUP
03786X0087	PMT 64						AquiINF
03786X0087	PMT 100						AquiINF
03786X0027	F4	MERXHEIM	AEP EBE	MDPA	non	AEP	AquiINF
03786X0029	F6	UNGERSHEIM	AEP EBE	MDPA	non	AEP	AquiINF
03787X0101	PMT 20	REGUISHEIM	MEYENHEIM (EST MULTIPLE)	MDPA	non	Multitube	AquiSUP
03787X0101	PMT 46						AquiINF
03787X0101	PMT 66						AquiINF
03787X0101	PMT 10						AquiINF
03795X0094	PMT 118	BALGAU	PRES POSTE GAZ (PZ MULTITUBES)	BRGM	non	Multitube	AquiSUP
03795X0094	PMT 42						AquiSUP
03795X0094	PMT 69						AquiINF
03795X0094	PMT 105						AquiINF
03795X0107	B1	NAMBSHEIM	OBERES MATTFELD	BRGM	non	Piézo	AquiINF
04131X0138	P2	PULVERSHEIM	RODOLPHE OUEST	MDPA	oui	Puits	AquiSUP
04131X0181	P4	WITTELSHEIM	LANGENZUG	MDPA	oui	Piézo	AquiSUP
04131X0246	F1	WITTELSHEIM	ATELIERS CENTRAUX AMELIE II	MDPA	oui	Puits de dépollution	AquiSUP
04131X0294	PMT3 1	WITTENHEIM	NONNENBRUCH (TRIPLE)	MDPA	oui	Multitube	AquiSUP
04131X0294	PMT3 2						AquiSUP
04131X0294	PMT3 3						AquiINF
04131X0533	VL3P	PULVERSHEIM	AIRE DE LA THUR	MDPA	oui	Piézo	AquiINF
04132X0074	F1VT	RUELSHEIM	CITE SAINTE BARBE	MDPA	oui	Puits de dépollution	AquiSUP
04132X0185	PMT 24	UNGERSHEIM	UNGERSHEIM (LD SPITZACKER)	MDPA	non		AquiINF
04132X0191	PMT	ENSISHEIM	RIVE GAUCHE ILL (LD VOGELGESANG)	MDPA	oui	Multitube	AquiSUP
04132X0191	PMT						AquiINF
04132X0191	PMT						AquiINF
04132X0191	PMT						AquiINF
04132X0192	PMT	ENSISHEIM	ENSISHEIM (RIVE DROITE ILL)	MDPA	oui	Multitube	AquiSUP
04132X0192	PMT						AquiINF
04132X0192	PMT						AquiINF
04132X0192	PMT						AquiINF
04132X0231	F2	ENSISHEIM	CITE ENSISHEIM	MDPA	oui	Puits de dépollution	AquiINF
04132X0335	PZ	ENSISHEIM	TERRIL EST	MDPA	oui	Piézo	AquiSUP
04132X0346	EN2	ENSISHEIM	TERRIL ENSISHEIM (NORD)	MDPA	oui	Piézo	AquiSUP
04132X0370	DECA3	WITTENHEIM	ANCIEN CARREAU ANNA	MDPA	oui	Piézo	AquiINF
04132X0380	P	WITTENHEIM	RUE DES MINES (SOSNOWSKI)	MDPA	oui	Piézo	AquiINF
04132X0384	PZ1FON	UNGERSHEIM	LEHLE (PROFOND)	MDPA	oui	Piézo	AquiINF
04132X0398	P5	ENSISHEIM	IM SPICHER	MDPA	oui	Puits de dépollution	AquiSUP
04135X0345	VJ1S	WITTELSHEIM	SILBERMATTLE	MDPA	oui	Piézo	AquiSUP
04135X0368	VJE11	WITTELSHEIM	TERRIL JOSEPH ELSE (EST)	MDPA	oui	Piézo	AquiSUP
04135X0369	VJE12	WITTELSHEIM	TERRIL JOSEPH ELSE (EST)	MDPA	oui	Piézo	AquiSUP
04136X0003	P1	KINGERSHEIM	AEP BOIS DE KINGERSHEIM	MDPA	non	AEP	AquiSUP
03787X0148	P	NIEDERENTZEN	OBERFELD (PRES D8)	MDPA	non	Puits	AquiSUP
03795X0111	GWM2	GEISWASSER	ILE DU RHIN	BRGM	non	Piézo	AquiSUP
03795X0112	GWM1	GEISWASSER	ILE DU RHIN	BRGM	non	Piézo	AquiINF

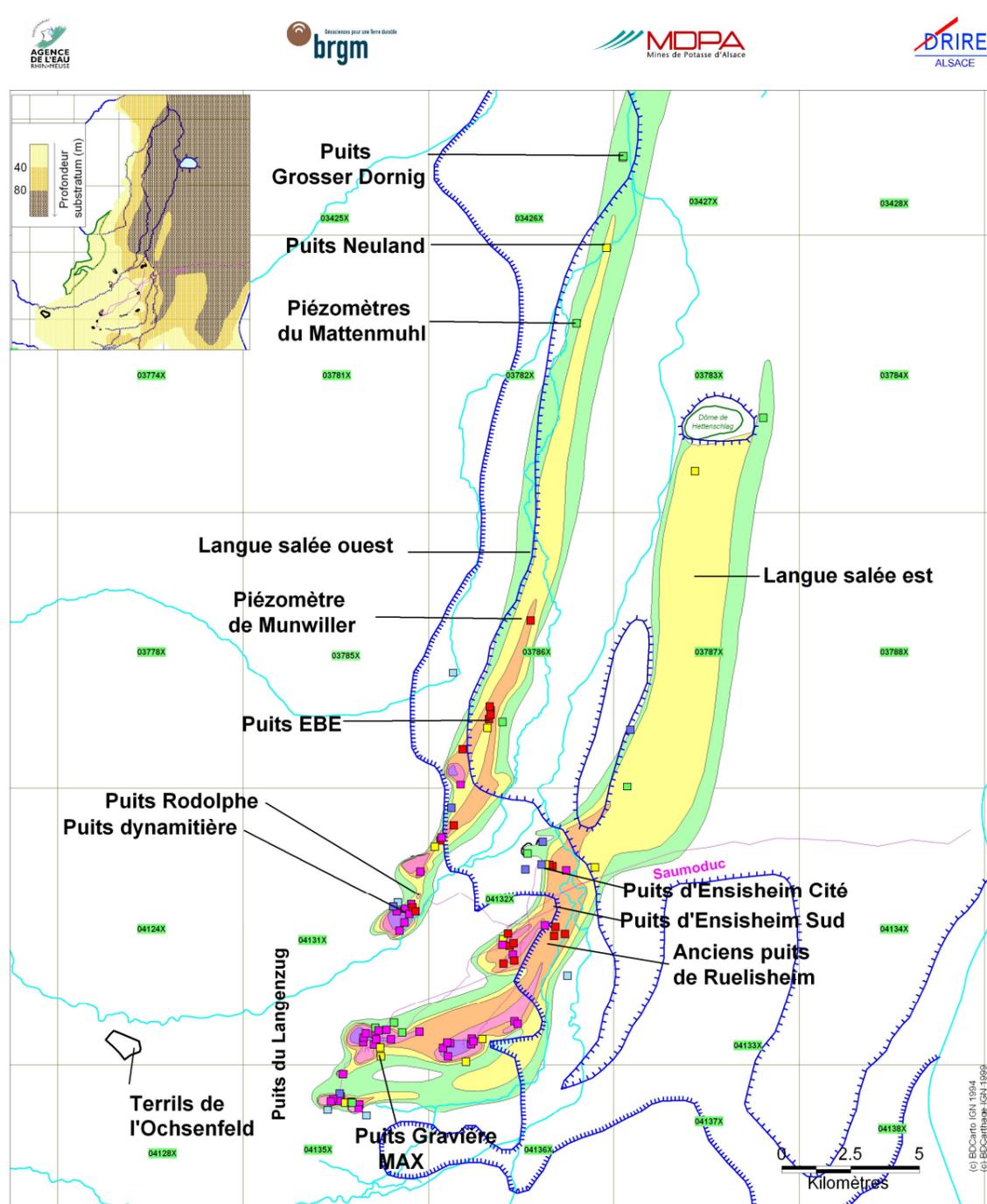
Annexe 2 :
Carte de la salure moyenne dans le bassin
potassique en 2008



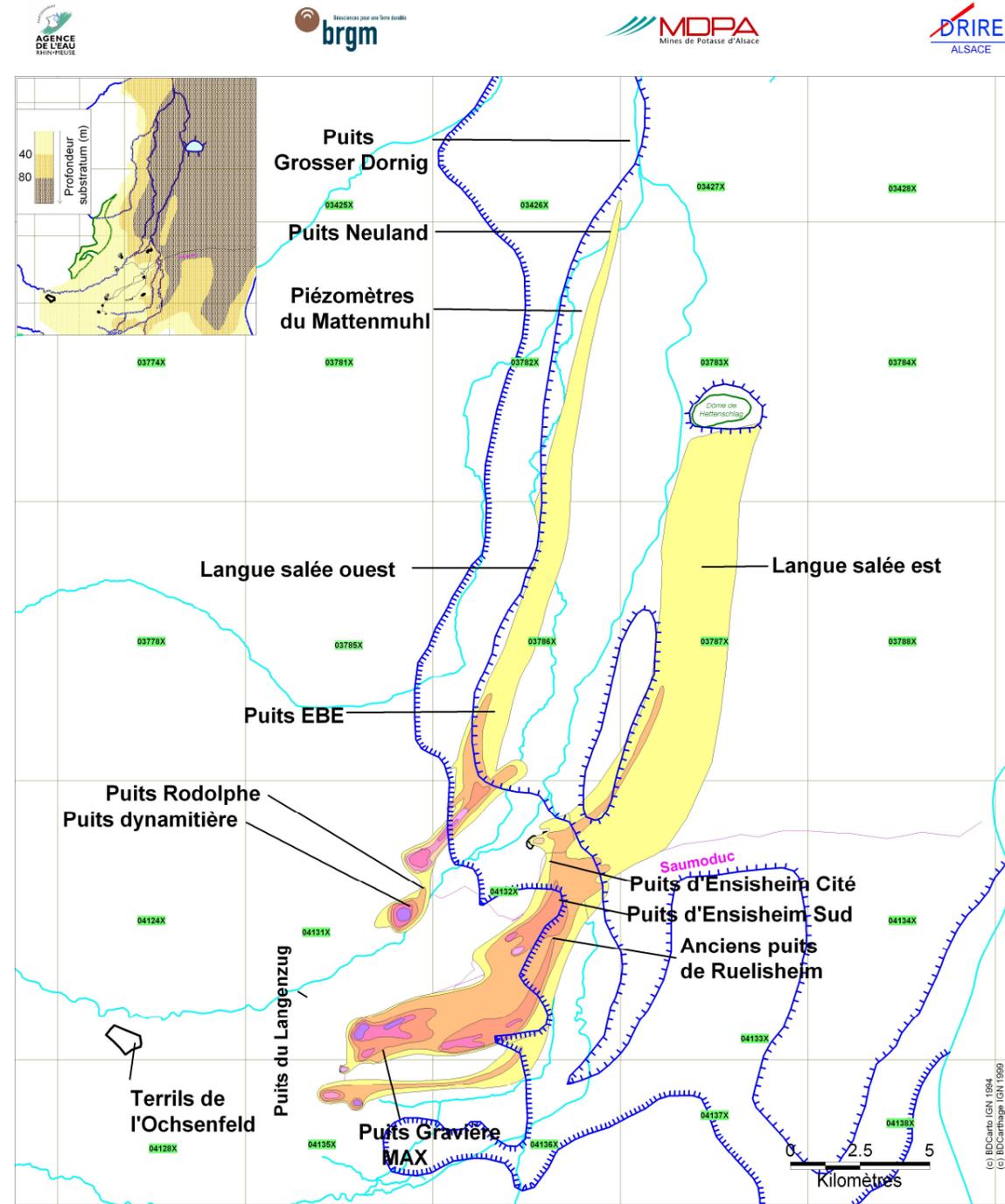
Annexe 3 :
Carte de la salure moyenne sur le réseau élargi
en 2008



Annexe 4 :
Cartes de la salure de la nappe profonde en 2008
et en 2003

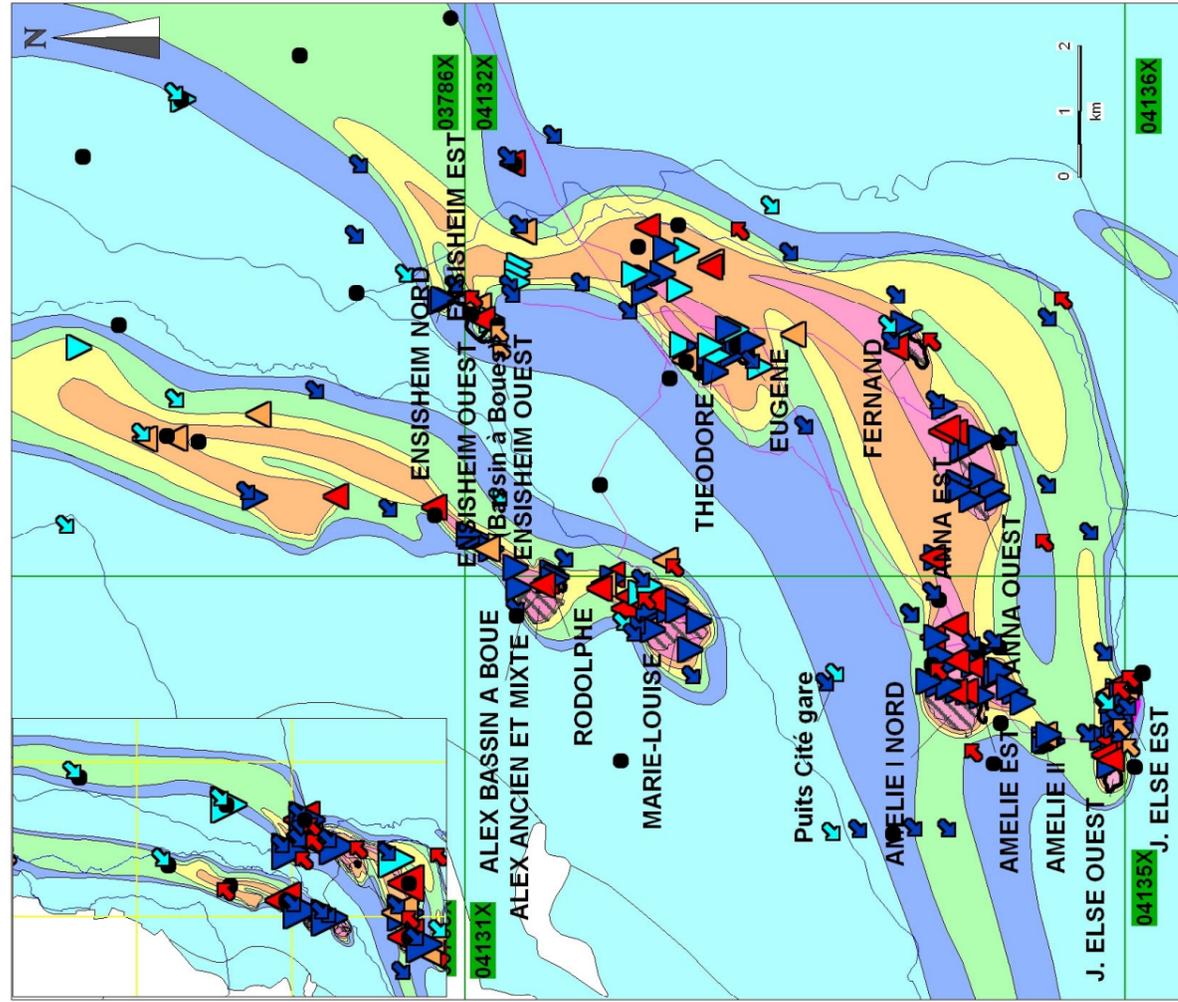


Carte interprétative de la salure profonde en 2008

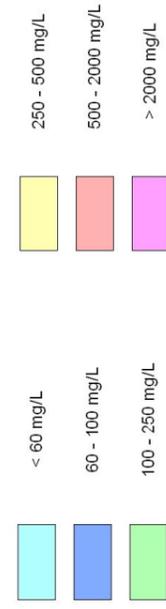


Carte interprétative de la salure profonde en 2003

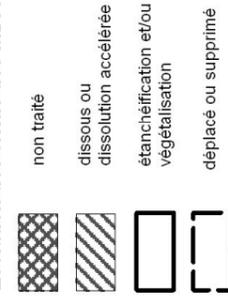
Annexe 5 :
Carte de la salure moyenne sur le bassin
potassique et évolution des
concentrations 2006-2008



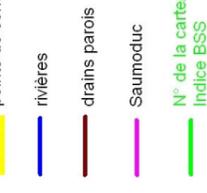
Cartographie des plages d'isoteneurs de Cl^- (Aquifère superficiel) de 2008



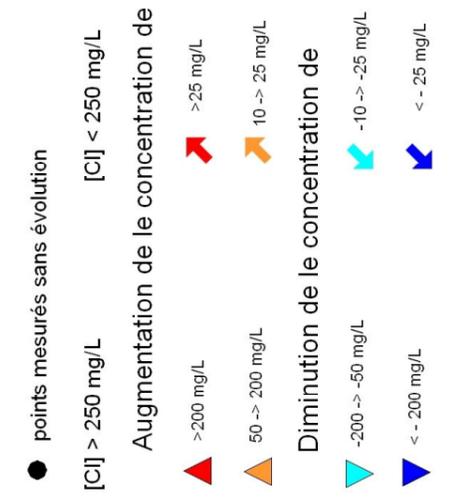
Evolution des terrils des MDPA



0231 points de contrôle DCE/RBES



Evolution de la concentration en Cl^- 2006-2008



Annexe 6 : Légende des cartes de la salure

Cartographie des plages d'isoteneurs de Cl^- (Aquifère superficiel) 2008



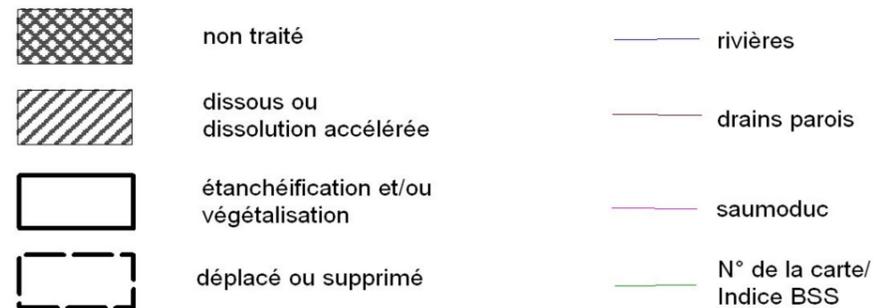
Points de mesure de la salure en Cl^- de 2008



Avec : Nappe superficielle Nappe profonde

Piézomètre de référence

Evolution des terrils des MDPA



Nature des puits de pompage



Evolution de la concentration en Cl^- 2006-2008

 points mesurés sans évolution

[Cl] > 250 mg/L [Cl] < 250 mg/L

Augmentation de la concentration de



Diminution de la concentration de





Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Service géologique régional Alsace
15, rue du Tanin - Lingolsheim
BP 177
67834 Tanneries Cedex France
Tél. : 03 88 77 48 90