

INTERREG III. Indicateurs de suivi des actions de protection de la nappe rhénane

Mise au point des indicateurs pour les chlorures

BRGM/ALSNT06N15

Juin 2006

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Recherche du BRGM PDR03EAU07

P. Elsass

Avec la collaboration de
G. Wirsing (LGRB/RPF)



Résumé - Zusammenfassung

Dans le cadre du projet Interreg III « Indicateurs transfrontaliers pour la protection de la nappe dans le Fossé rhénan supérieur », le BRGM est chargé de la mise au point des indicateurs pour les chlorures, en collaboration avec les partenaires du Service géologique du Bade-Wurtemberg (LGRB).

Les chlorures constituent une des causes de déclassement de la qualité des eaux souterraines dans l'ensemble du Fossé rhénan supérieur. Cependant cette thématique est perçue comme un enjeu seulement dans la partie Sud du Fossé, du fait de l'importance des séquelles laissées par l'industrie extractive de la potasse en Alsace et au Pays de Bade : terrils salés, langues de pollution saline dans les eaux souterraines, saumures profondes.

Les indicateurs à rechercher sont d'une part des indicateurs d'état reflétant la qualité de la nappe et l'impact des pollutions et d'autre part des indicateurs de pression et de réponse permettant d'évaluer les pressions polluantes et l'efficacité des actions de lutte contre la pollution.

L'objectif largement partagé par tous les partenaires est de pouvoir disposer d'une eau de nappe potable sans traitement, en dessous de la limite maximale admissible pour les eaux potables, harmonisée à 250 mg/L au niveau européen.

La problématique des chlorures a ceci de spécifique que les eaux souterraines très concentrées en chlorures (au-delà de 50 g/L) sont denses et présentent un type d'écoulement gravitaire : les pollutions en chlorures les plus concentrées auront donc tendance à migrer en profondeur vers la base de l'aquifère.

La qualité de la nappe du Rhin supérieur est généralement évaluée par un indicateur d'état tel que la teneur moyenne (ou la

Im Rahmen des Interreg III-Projekts "Grenzüberschreitende Indikatoren zum Schutz des Grundwassers im Oberrheingraben" hat das BRGM die Aufgabe, Indikatoren zum Thema Chlorid in Zusammenarbeit mit seinen Partnern des Landesamts für Geologie, Bergbau, und Rohstoffe (LGRB) zu entwickeln.

Chlorid ist eine der Ursachen der Qualitätsminderung des Grundwassers über den gesamten Oberrheingraben. Dieses Thema wird allerdings nur im südlichen Teil des Grabens als erwägungswert eingeschätzt, da im Elsass wie auch in Baden eine beträchtliche Restbelastung durch den Kaliabbau besteht, wie salzhaltige Halden, Salzfahnen im Grundwasser sowie Solen in den tiefen Aquiferstockwerken.

Die zu entwickelnden Indikatoren sind einerseits Zustandsindikatoren, die die Qualität des Grundwassers und die Auswirkungen der Pollutanten wiedergeben, und andererseits Belastungs- und Reaktionsindikatoren (*pressure and response*), die den Belastungsdruck und die Effizienz der Schutzmaßnahmen bewerten sollen.

Das gemeinsame Ziel aller Beteiligten ist die Wiederherstellung einer Trinkwasserqualität unter den europaweiten Trinkwassergrenzwert von 250 mg/L ohne Aufbereitung des Grundwassers.

Die spezifische Problematik des Chlorids ist die erhöhte Dichte der stark chloridhaltigen Grundwässer (über 50 g/L), die zu einem gravitativen Fließverhalten führen: Die stark konzentrierten Salzwässer tendieren dazu, in die tieferen Aquiferstockwerke abzusinken.

Die Qualität des Grundwassers im Oberrheingraben wird generell anhand eines Zustandsindikators bewertet, wie zum Beispiel

médiane) d'un réseau de points jugé représentatif, la surface de nappe affectée par une pollution ou à défaut le nombre de points affectés par cette pollution.

La distribution des teneurs en chlorures est une distribution extrêmement étirée vers la droite en raison de valeurs maxima très élevées, jusqu'à près de 20 000 mg/L. Dans ce cas il vaut mieux se référer à la médiane plutôt qu'à la moyenne des valeurs.

La médiane est cependant peu sensible aux variations dans les valeurs élevées et l'on constate qu'elle varie peu d'un inventaire à l'autre. Le **"centile 90 des points de mesure des inventaires"** (la valeur de la distribution supérieure à 90% des valeurs) reflète par contre bien l'évolution de la salure en Alsace.

L'indicateur **"surface de nappe supérieure à la concentration maximale admissible en chlorures"** est tout à fait pertinent pour mesurer l'évolution de la pollution par les chlorures dans le Sud du Fossé rhénan (Alsace et Bade).

Cet indicateur pourrait de plus être mis à jour annuellement, au moins pour le bassin potassique alsacien, grâce aux cartographies annuelles réalisées par le BRGM, ainsi que par d'autres cartographies éventuellement réalisées côté badois.

L'indicateur **"Pourcentage de points des inventaires dépassant la CMA"** apparaît trop peu sensible : sur l'ensemble du Fossé rhénan supérieur peu de points (30 points soit 1,8 % du total) dépassent la limite de potabilité européenne de 250 mg/l et les trois-quarts sont situés en Alsace.

Les indicateurs de pression/réponse se réfèrent aux principes d'actions exposés dans le cadre de l'Inventaire transfrontalier 1996-1997 et aux compléments apportés pour l'Alsace dans le cadre du SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des

des Mittelwerts (oder des Medianes) eines als repräsentativ angenommenen Messnetzes, der Fläche des belasteten Grundwassers, oder schlicht des Anteils von belasteten Messstellen.

Die Verteilung der Chloridwerte zeigt eine wegen der sehr viel höheren Werte bis zu ca. 20.000 mg/L extrem nach rechts tendierende Verteilung. Deshalb sollte in diesem Falle der Medianwert dem Mittelwert als Referenzwert vorgezogen werden.

Der Medianwert ist dagegen für Variationen in den maximalen Werten wenig signifikant, und man stellt nur geringe Variationen zwischen den Bestandsaufnahmen fest. Der **"90-Perzentil der Werte der Bestandsaufnahmen"** (der Wert der Verteilung, der größer als 90% der Werte ist) gibt dagegen gut die Entwicklung der Versalzung im Elsass wieder.

Der Indikator **"Grundwasserfläche mit Chloridkonzentrationen größer als Trinkwassergrenzwert"** ist gut geeignet, um die Entwicklung der Chloridbelastung im südlichen Rheingraben (Elsass, Baden) zu bewerten.

Dieser Indikator könnte noch dazu jährlich aktualisiert werden, zumindest für das elsässische Kalibecken mithilfe der jährlichen Kartierungen des BRGM, und anhand eventueller Kartierungen auf badischer Seite.

Der Indikator **"Prozentanteil der Messpunkte der Bestandsaufnahmen größer Trinkwassergrenzwert"** scheint dagegen als zu wenig sensibel: wenige Punkte (30 Punkte d.h. 1,8% des Messnetzes) überschreiten den Europäischen Grenzwert von 250 mg/L, wovon drei Viertel im Elsass liegen.

Die Belastungs- und Reaktionsindikatoren stammen von den Handlungsprinzipien, die bei der grenzüberschreitenden Bestandsaufnahme 1996-1997 entwickelt wurden, sowie aus den Ergänzungen für das Elsass aus dem SAGE III-Nappe-Rhin-

Eaux) III-Nappe-Rhin.

La source principale de pollution saline dans les Bassins potassiques alsacien et badois est aujourd'hui représentée par les terrils laissés par l'exploitation. En 2005, les 18 terrils alsaciens sont soit traités, soit en cours de traitement. Au pays de Bade, la réhabilitation des deux terrils existants qui appartiennent à des propriétaires privés est encore à l'étude.

Parmi les indicateurs de pression possibles, le **"tonnage de sel restant sur les terrils"**, bien que résultant d'estimations, paraît le plus intéressant. En effet cet indicateur, présenté en pourcentage du total déposé depuis l'origine, devrait se réduire progressivement avec les travaux en cours pour tendre vers zéro, à condition de compter pour zéro le sel des terrils étanchés.

En ce qui concerne les indicateurs de réponse, l'indicateur **"nombre de piézomètres suivis pour les chlorures"** dans les secteurs de nappe affectés par la salure est plus intéressant que le nombre d'analyses de chlorures réalisées par an, notamment parce qu'il peut être exprimé en densité (nombre d'ouvrages échantillonnés par an et par km²) donnant une meilleure idée de l'intensité de l'effort de suivi accompli.

De même le **"nombre de piézomètres captant l'aquifère profond"** constitue un bon indicateur des travaux menés spécifiquement pour la connaissance de la salure profonde, si l'on ne prend en compte que les zones où le substratum est situé à plus de 40 m de profondeur et que l'on se restreint aux zones affectées par la salure au-dessus de 250 mg/L.

D'autres indicateurs examinés ne paraissent pas pertinents ou sont trop difficiles à quantifier : bilan de dépollution de la partie superficielle ou profonde de la nappe, existence de réglementation pour les gravières, connaissance du substratum.

Les rejets de saumures dans le Rhin ont

Rahmenprogramm.

Die aktuelle Hauptursache der Chloridbelastung in den elsässischen und badischen Kalibecken sind die vom Abbau zurückgelassen Salzhalden. Im Jahr 2005 sind alle Sanierungen der 18 elsässischen Halden entweder abgeschlossen oder im Vollzug. In Baden ist die Sanierung der zwei bestehenden Halden, die im Privatbesitz sind, noch in Planung.

Bei den möglichen Belastungsindikatoren ist die **"Restsalzmenge auf den Kalihalden"**, wenngleich auf Schätzungen basierend, am interessantesten. Denn dieser Indikator, als Prozentanteil des gesamten seit Betriebsanfang abgelagerten Salzes ausgedrückt, sollte sich mit den Sanierungsarbeiten allmählich verringern, und zwar bis zum Nullwert, wenn man das Salz der abgedichteten Halden nicht mit einrechnet.

In Hinsicht auf die Reaktionsindikatoren erscheint der Indikator **"Anzahl der Chloridmessstellen"** in den von der Versalzung betroffenen Gebieten zutreffender als die Anzahl der jährlichen Chloridanalysen, da dieser als Messdichte ausgedrückt werden kann (Anzahl von beprobten Messstellen pro Jahr und km²) und somit eine bessere Einschätzung des intensiven Monitoringaufwands zulässt.

Die **"Anzahl von tieferen Messstellen"** ist ein zutreffender Indikator der Arbeiten, die gezielt für die Erkundung der Versalzung der tieferen Grundwasserstockwerke durchgeführt werden, wenn man sich auf die Gebiete beschränkt, in denen die Aquiferbasis tiefer als 40 m liegt und die Versalzung 250 mg/L überschreitet.

Andere untersuchte Indikatoren scheinen nicht aussagekräftig oder schwer zu quantifizieren, wie der Bilanz der Sanierung der oberflächlichen bzw. tieferen Grundwasserstockwerke, bestehende Verordnungen für Baggerseen, oder Kenntnisse der Aquiferbasis.

Die in den Rhein abgeleiteten Restsolen

contribué par le passé pour une large part à une salinité élevée du fleuve mais sont en forte diminution suite à l'arrêt définitif des exploitations de potasse. Aujourd'hui les rejets par le saumoduc ont une charge en chlorures relativement faible, car il s'agit essentiellement d'eaux salées provenant des diverses opérations de dépollution. La teneur du Rhin s'établit depuis 2003 à environ 40 mg/L de chlorures de Rhinau à Lauterbourg.

Aucun indicateur basé sur la teneur en chlorures du Rhin n'a été adopté par le Comité de pilotage, car le niveau des chlorures dans le Rhin ne représente plus aujourd'hui un risque pour la qualité de la nappe.

waren in der Vergangenheit die wesentliche Ursache seines hohen Salzgehalts, seit dem Abschluss des Kaliabbaus hat dieser aber stark abgenommen. Die heutigen Salzableitungen über die Anbindung in den Rhein sind relativ wenig mit Chlorid befrachtet, weil die Laugen hauptsächlich aus den verschiedenen Sanierungsarbeiten stammen. Der Chloridgehalt des Rheins zwischen Rhinau und Lauterbourg stabilisiert sich seit 2003 bei ca. 40 mg/L.

Keiner der auf den Salzgehalt des Rheins basierenden Indikatoren wurde vom Aufsichtskomitee angenommen, da heute von diesem Salzgehalt keine Gefährdung mehr für das Grundwasser ausgeht.

Sommaire

RESUME - ZUSAMMENFASSUNG	2
SOMMAIRE	6
1. CONTEXTE.....	7
2. RECHERCHE D'INDICATEURS SUR LES CHLORURES	7
3. INDICATEURS D'ETAT	8
3.1 SPECIFICITE DES CHLORURES	8
3.2 PARAMETRES STATISTIQUES DES TENEURS EN CHLORURES	10
3.3 REPRESENTATIVITE DU RBES.....	12
3.4 INDICATEURS SURFACIQUES.....	14
3.4 INDICATEURS EN NOMBRE DE POINTS	17
3.5 CONCLUSIONS SUR LES INDICATEURS D'ETAT.....	18
4. INDICATEURS DE PRESSION-REPONSE.....	20
4.1 PRINCIPES D'ACTIONS ET VARIABLES ASSOCIEES	20
4.2 LES TERRILS ISSUS DE L'EXPLOITATION DE LA POTASSE	21
4.3 REGLEMENTATION DES GRAVIERES.....	23
4.4 CONNAISSANCE DU SUBSTRATUM ET DE LA SALURE PROFONDE.....	24
4.5 DEPOLLUTION DE LA PARTIE PROFONDE DE LA NAPPE.....	26
4.6 SUIVI DE LA SALINITE DE LA NAPPE.....	26
4.7 DEPOLLUTION DE LA PARTIE SUPERFICIELLE DE LA NAPPE.....	29
4.8 TENEUR EN CHLORURES DU RHIN	29
5. CONCLUSIONS GENERALES	34
ANNEXE : FICHES SUR LES INDICATEURS.....	36

1. Contexte

Le projet « Indicateurs transfrontaliers pour la protection de la nappe dans le Fossé rhénan supérieur » a été engagé par les partenaires allemands, suisses et français, sous maîtrise d'ouvrage de l'APRONA, dans le cadre de l'initiative communautaire INTERREG III.

L'objectif général du projet était de mettre à disposition des décideurs un tableau de bord d'indicateurs d'aide à la décision concernant les principales problématiques recensées en nappe à l'échelle du Rhin supérieur. Ces indicateurs concerneront, sur la base des résultats des inventaires généraux de la qualité des eaux souterraines de 1996/1997 (Région Alsace, 2000) et 2003 (Région Alsace, 2005), la problématique de la pollution par les nitrates, par les produits phytosanitaires, par les solvants chlorés et par les chlorures.

La pollution par les chlorures est une problématique qui affecte principalement la partie Sud du Fossé rhénan supérieur, où elle est due à la pollution historique héritée de l'exploitation des gisements de potasse en Alsace et au Pays de Bade. Il existe cependant d'autres sources de pollution géologiques et anthropiques affectant l'ensemble du Fossé rhénan.

Le BRGM a été chargé dans le cadre du projet de réaliser la mise au point des indicateurs pour les chlorures en collaboration avec les partenaires du Service géologique du Bade-Wurtemberg (LGRB).

2. Recherche d'indicateurs sur les chlorures

Les sources de chlorures dans les eaux souterraines du Fossé rhénan se répartissent suivant plusieurs types :

- Les chlorures issus de pollutions industrielles diverses, mais surtout de lagunes et de terrils. Dans le Sud du Fossé, on dénombre ainsi 2 terrils au Pays de Bade et 18 terrils en Alsace laissés par l'exploitation de la potasse définitivement arrêtée en 1973 au Pays de Bade et en 2002 en Alsace. Le lessivage de ces terrils par les pluies est à l'origine de langues salées de plusieurs dizaines de kilomètres de longueur dans les eaux souterraines.
- Les chlorures issus de pollutions diffuses diverses. Il existe ainsi une pollution diffuse d'origine agricole, car les engrais chimiques azotés contiennent des chlorures. On observe ainsi une corrélation nitrates-chlorures dans les faibles concentrations. Le salage des routes en hiver est également à l'origine d'une pollution le long des grands axes de circulation et des nœuds autoroutiers.
- Les chlorures dus à l'infiltration par des cours d'eau chargés en chlorures. Celle-ci était importante le long de la Thur et de l'Ill jusqu'en 1975, date de l'arrêt des rejets salins dans les cours d'eau du Bassin potassique alsacien. Les rejets dans le Rhin des chlorures issus de la production de la potasse ont longtemps été à l'origine d'une salinité élevée des eaux du Rhin, qui à son tour a entraîné une salinité élevée de la nappe à proximité du Rhin.
- Les chlorures d'origine géologique, dus à la dissolution des évaporites présentes essentiellement dans les terrains secondaires (Muschelkalk et Keuper notamment) et tertiaires (Oligocène). Dans le Sud du Fossé, les gisements tertiaires de sel et de

potasse peuvent apporter des chlorures, mais cette source est difficile à quantifier en raison de l'intensité des pollutions salines résultant de l'exploitation de la potasse. Dans le Nord du Fossé (Rhénanie-Palatinat et Hesse), ce sont les eaux drainant les terrains secondaires qui entraînent un fond géochimique chloruré et sulfaté.

Les indicateurs à rechercher sont d'une part des indicateurs d'état reflétant la qualité de la nappe et l'impact des pollutions, et d'autre part des indicateurs de pression et de réponse permettant d'évaluer les pressions polluantes et l'efficacité des actions de lutte contre la pollution. L'objectif largement partagé par tous les partenaires est de pouvoir disposer d'une eau de nappe potable sans traitement. La limite maximale admissible pour les eaux potables était jusqu'en 2000 de 200 mg/L en France, elle est depuis harmonisée à 250 mg/L au niveau européen. C'est donc cette dernière limite que nous prendrons en considération.

3. Indicateurs d'état

3.1 SPECIFICITE DES CHLORURES

L'état de la qualité de la nappe du Rhin supérieur est généralement jugé soit par la teneur moyenne (ou la médiane) d'un réseau de points jugé représentatif, soit par la surface de nappe affectée par une pollution ou à défaut par le nombre de points affectés par cette pollution.

La problématique des chlorures a ceci de spécifique que les eaux souterraines très concentrées en chlorures (au-delà de 50 g/L) sont denses et présentent un type d'écoulement gravitaire : les pollutions en chlorure les plus concentrées auront donc tendance à migrer vers la base de l'aquifère et pourront éventuellement ne pas être mise en évidence par des forages à faible profondeur.

Or les informations dont nous disposons sur la nappe sont généralement des informations sur la partie la plus superficielle (tranche de nappe inférieure à 40 m de profondeur pour les études du bassin potassique, tranche inférieure à 50 m pour les inventaires transfrontaliers). Les cartes générales des inventaires transfrontaliers, étendues en 2003 à l'ensemble du Fossé rhénan supérieur, concernent d'abord les couches superficielles de la nappe ; des campagnes de prélèvements et d'analyses sont réalisées également sur des forages profonds en Alsace et au Pays de Bade, mais elles ne peuvent prétendre représenter une qualité générale de la nappe profonde en raison du faible nombre de points concernés et du fait que ces points ne sont pas répartis au hasard, mais en fonction de problématiques précises, notamment les problèmes de salinité.

Nous aurons donc à différencier entre les données disponibles concernant la partie superficielle et la partie profonde de l'aquifère (Tableau 1).

Etat de la nappe	Variables	Origine des données et fréquence
Indicateurs de teneur		
Concentration en chlorures dans la nappe superficielle	Moyenne ou médiane Centile 75 ou 90 en mg/L	BRGM (actualisation annuelle pour le bassin potassique), Inventaires transfrontaliers (tous les 5-6ans), Réseau "Salz" au Sud du Kaiserstuhl
Concentration en chlorures dans la nappe profonde	Moyenne ou médiane Centile 75 ou 90 en mg/L	BRGM (actualisation annuelle pour le bassin potassique), Inventaires transfrontaliers Alsace et Bade (tous les 5-6ans), Réseau "Salz" au Sud du Kaiserstuhl
Indicateurs surfaciques		
Surface de nappe superficielle touchée par la pollution saline	Surface de nappe en km ² au-dessus de 250 mg/L	BRGM (actualisation annuelle pour le bassin potassique), Inventaires transfrontaliers Alsace et Bade (tous les 5-6ans)
Surface de nappe profonde touchée par la pollution saline	Surface de nappe en km ² au-dessus de 250 mg/L	BRGM (actualisation tous les 2 ans pour le bassin potassique)
Indicateurs en nombre de points		
Points de mesure superficiels touchés par la pollution saline	Pourcentage de points au-dessus de 250 mg/L	BRGM (actualisation annuelle pour le bassin potassique), Inventaires transfrontaliers (tous les 5-6 ans), Réseau "Salz" au Sud du Kaiserstuhl
Points de mesure profonds touchés par la pollution saline	Pourcentage de points au-dessus de 250 mg/L	BRGM (actualisation annuelle pour le bassin potassique), Inventaires transfrontaliers Alsace et Bade (tous les 5-6 ans), Réseau "Salz" au Sud du Kaiserstuhl

Tableau 1 : Indicateurs d'état potentiels de la nappe pour les chlorures

3.2 PARAMETRES STATISTIQUES DES TENEURS EN CHLORURES

Si l'on examine les résultats de l'inventaire 1997 pour l'Alsace (Région Alsace, 2000), on constate que la distribution des teneurs en chlorures est une distribution extrêmement étirée vers la droite en raison de valeurs maxima très élevées jusqu'à près de 20 000 mg/L, alors que le mode (la teneur la plus représentée) se situe vers 30 mg/L (Figure 1). On notera que le graphique a été établi en écrêtant les teneurs à 250 mg/L : les 23 teneurs supérieures à 250 mg/L qui représentent seulement 3% des données ont été ramenées à la valeur 250.

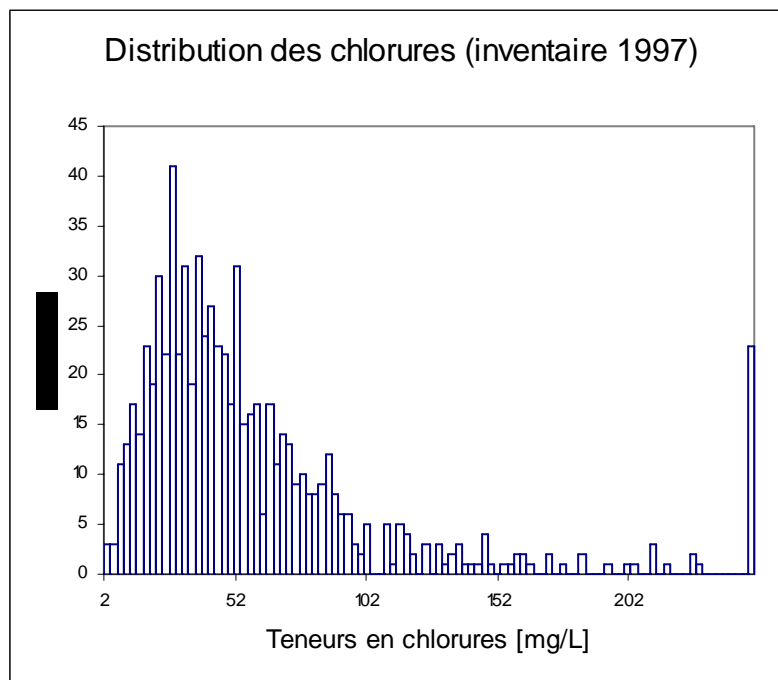


Figure 1 : Distribution en fréquence des teneurs en chlorures en Alsace (Données : Région Alsace)

Inventaire	2003	1997	1991	1983
Nombre de valeurs	734	721	670	356
Moyenne (mg/L)	216	175	295	595
Médiane (mg/L)	42	45	46	44
Mode (mg/L)	49	29	26	33
Ecart-type (mg/L)	1416	1221	2574	4133
Coefficient de variation	7	7	9	7
Quartile 75	65	72	79	78
Centile 90	111	116	140	169
Nombre de points > 250 mg/l	23	23	29	21
Pourcentage de points supérieurs à 250 mg/L	3%	3%	4%	6%

Tableau 2 : Paramètres statistiques des chlorures des inventaires en Alsace (Données : Région Alsace)

On sait que dans ce type de distribution extrêmement étirée la moyenne arithmétique n'est pas une bonne estimation de l'espérance mathématique (définie comme la moyenne hypothétique de toutes les valeurs possibles, qui correspond dans le cas présent à la concentration moyenne de la nappe). Le coefficient de variation (rapport de l'écart-type à la moyenne arithmétique) est un bon estimateur de cette dispersion : il atteint des valeurs de 7 à 9, ce qui est très élevé et correspond à une distribution très éloignée d'une distribution normale (Tableau 2). Dans ce cas il vaut mieux se référer à la médiane, qui est la valeur du milieu de la distribution (définie comme la valeur supérieure à 50% des valeurs).

La médiane varie entre 42 et 46 mg/L. Elle est peu sensible aux variations dans les valeurs élevées et l'on constate qu'elle varie peu, passant de 44 mg/L en 1983 à 42 mg/L en 2003. Le quartile 75 (la valeur de la distribution supérieure à 75% des valeurs) ne montre pas de variations significatives, par contre le centile 90 (la valeur de la distribution supérieure à 90% des valeurs) montre une forte décroissance de 1983 à 1997 (Figure 2)

On notera au passage que le mode (défini comme la valeur la plus représentée dans la distribution) qui vaut environ 30 mg/L, n'est pas loin de représenter la moyenne des valeurs non anormales et pourrait être utilisé comme valeur de référence du fond géochimique. Le pourcentage de points supérieurs à 250 mg/L apparaît comme un indicateur possible, bien que peu sensible, montrant une diminution depuis 1983 (Tableau 2).

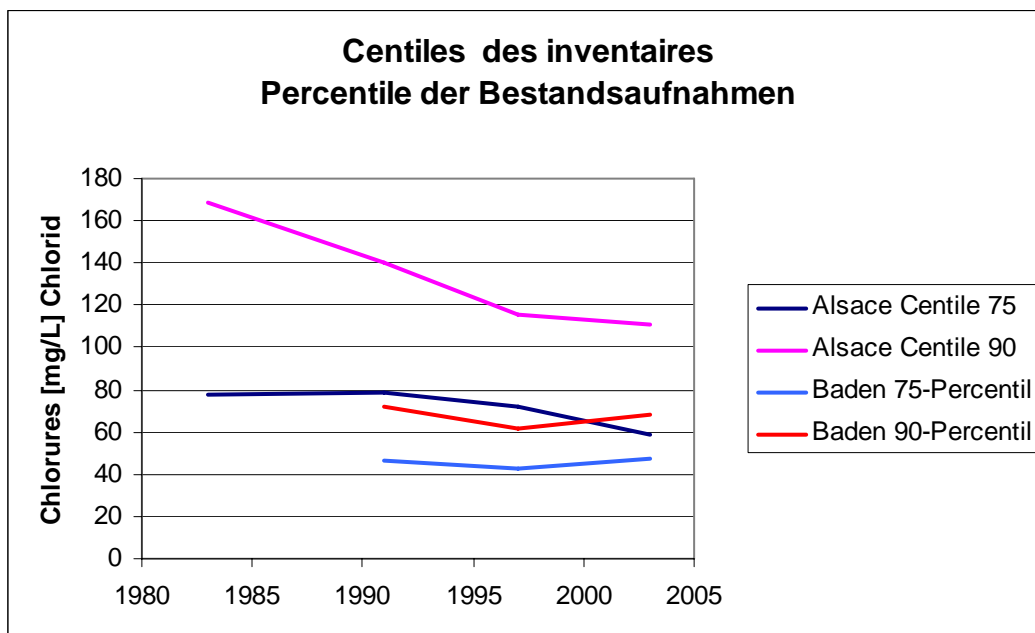


Figure 2 : Evolution du centile 90 des chlorures des inventaires en Alsace et Bade (Données : Région Alsace, LUBW)

En ce qui concerne l'ensemble du Fossé rhénan supérieur, les données de l'inventaire 2003 donnent une médiane de 38,7 mg/L (Tableau 3). On notera que la médiane est plus élevée en Rhénanie-Palatinat et en Hesse en raison d'un fond géochimique plus élevé qu'en Alsace ou au Pays de Bade.

On en conclut donc que la médiane représente bien l'état général de la nappe mais peut difficilement être utilisée comme indicateur de la pollution par les chlorures. Le centile 90 par contre semble être intéressant pour caractériser l'évolution de la salure en Alsace.

CHLORURES			
Nombre de points d'accès à la nappe :			
		Nb Points	%
2002-2003	Pour toute la zone :	1708	100,00
2003	Pour l'Alsace :	734	42,97
2002-2003	Pour le Baden-Württemberg :	534	31,26
2002-2003	Pour Hessen :	203	11,89
2002-2003	Pour Rheinland-Pfalz :	162	9,48
2002-2003	Pour Bâle-Ville :	35	2,05
2002-2003	Pour Bâle-Campagne :	40	2,34
		Moyenne	Médiane
Pour toute la zone :		119,7	38,7
Pour l'Alsace :		216,4	42,0
Pour le Baden-Württemberg :		39,4	32,5
Pour Hessen :		51,7	45,0
Pour Rheinland-Pfalz :		68,6	53,0
Pour Schweiz :		18,0	12,3

Tableau 3 : Paramètres statistiques de l'inventaire 2003 pour les chlorures dans le Fossé rhénan supérieur (moyenne et médiane en mg/L). Source : APRONA, données : Région Alsace

3.3 REPRESENTATIVITE DU RBES

Les inventaires transfrontaliers n'étant réalisés, côté alsacien, que tous les 5 à 6 ans environ, il est intéressant d'examiner la possibilité d'utiliser le réseau patrimonial de bassin, le RBES, qui comprend actuellement 41 points de mesure répartis sur l'ensemble de la nappe d'Alsace, y compris le Pliocène de Haguenau.

Les paramètres statistiques (Tableau 4) calculés sur les données du RBES de septembre 2003 nous montrent un fort coefficient de variation (de 3), indiquant une distribution étirée, et une médiane comparable à celle de l'inventaire (45 mg/L). Cependant ce sous-réseau représente mal les valeurs extrêmes avec un seul point supérieur à 250 mg/L.

On constate également que ni la médiane ni le centile 90 n'évoluent significativement d'une année sur l'autre et que le nombre de points supérieurs à 250 mg/L est passé de 2 à 1 de 1999 à 2003 (il est même égal à zéro en 2001 en raison du manque d'analyse sur le point concerné).

Données RBES (source : Banque de l'eau Rhin-Meuse)	Chlorures Septembre 2003
Nombre de valeurs	41
Moyenne	105
Médiane	45
Mode	45
Centile 90	82
Ecart-type	363
Coefficient de variation	3
Nombre de points > 250 mg/L	1
Pourcentage de points supérieurs à 250 mg/L	2%

Année (prélèvement d'automne)	1999	2000	2001	2002	2003
Nombre de valeurs	41	40	38	40	41
Médiane (mg/L chlorures)	45	46.5	42.5	45	45
Centile 90 (mg/L)	90	95	70	69	82
Nombre de points > 250 mg/L	2	2	0	1	1

Tableau 4 : Paramètres statistiques du RBES pour les chlorures

Si l'on examine de plus près la situation des points du RBES par rapport aux langues salées du bassin potassique alsacien, on s'aperçoit que 3 ouvrages se situent dans des langues salées connues (Figure 3) :

Point 12162 – Alluvions de la plaine d'Alsace à Meyenheim

Indice national 03787X0101 / 4/20M

Ce piézomètre multiple dit de Meyenheim Est contrôle la langue salée Est. L'amélioration en surface de la langue Est fait que le tube superficiel de 20 m, qui est prélevé dans le cadre du RBES, montre depuis une dizaine d'années des teneurs de l'ordre de 80 mg/L.

En profondeur il reste de la salure, de l'ordre du g/L à 100 m de profondeur, qui devrait s'améliorer progressivement dans les années à venir avec la progression de la dilution par les eaux superficielles.

Point 13166 – Alluvions de la plaine d'Alsace à Pulversheim

Indice national 04131X0140 / P4

Il s'agit d'un des puits Rodolphe (le puits P4), ancien AEI utilisé pour la dépollution jusqu'en 2004. Ce puits situé entre les terrils Marie-Louise et Alex est

considéré comme représentatif de l'impact du terril Marie-Louise, et est effectivement passé de 350 mg/l en 1999 sous la barre des 250 mg/L en 2001¹. La pollution saline du terril Marie-Louise est aujourd'hui entièrement fixée, et la question d'une source naturelle de chlorure de calcium affectant les puits Rodolphe a récemment été soulevée.

Point 13170 - Alluvions de la plaine d'Alsace à Ensisheim

Indice national 04132X0191 / 1/74M

Ce piézomètre multiple à l'Est de l'III à Ensisheim contrôle les fuites de salure provenant du bassin potassique (terrils Fernand-Anna notamment) et passant sous l'III pour alimenter la langue Est. C'est le tube profond qui est prélevé dans le cadre du RBES, avec des teneurs de l'ordre de 2,5 g/L qui ont peu varié jusqu'à présent.

Ce point est très intéressant à suivre car son amélioration dépend des nombreuses opérations de dépollution en cours dans le bassin potassique à l'amont.

Ce rapide tour d'horizon des point du RBES situé dans le bassin potassique montre bien la difficulté de trouver un réseau représentatif de pollutions complexes à caractère relativement ponctuel comme les chlorures.

3.4 INDICATEURS SURFACIQUES

Le renseignement d'indicateurs surfaciques nécessite de disposer de cartographies surfaciques réalisées soit manuellement à dire d'expert soit automatiquement par des techniques géostatistiques. Pour l'instant, en dehors de cartes très générales réalisées par la LfU² du Bade-Wurtemberg (aujourd'hui LUBW), nous ne disposons pas de cartes réalisées par géostatistique. La méthode est délicate à adapter au cas des pollutions du bassin potassique en raison de la distribution très lognormale des teneurs en chlorures.

Grâce aux inventaires transfrontaliers sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace nous disposons de cartes surfaciques des chlorures pour l'Alsace et le Pays de Bade, réalisées à une fréquence de 5-6 ans. Pour l'instant il n'est pas prévu d'étendre ces cartes surfaciques à l'ensemble du Fossé rhénan (Rhénanie-Palatinat, Hesse, Suisse).

¹ La valeur en chlorures de 7000 mg/L donnée pour ce point à la date du 20/04/1999 ne peut correspondre à cet ouvrage. Il s'agit très certainement d'un prélèvement effectué par erreur sur le Puits 4 Dynamitière 04131X0144/P4, puits de fixation du terril Marie-Louise.

² LfU : Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, depuis 2006 LUBW : Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.

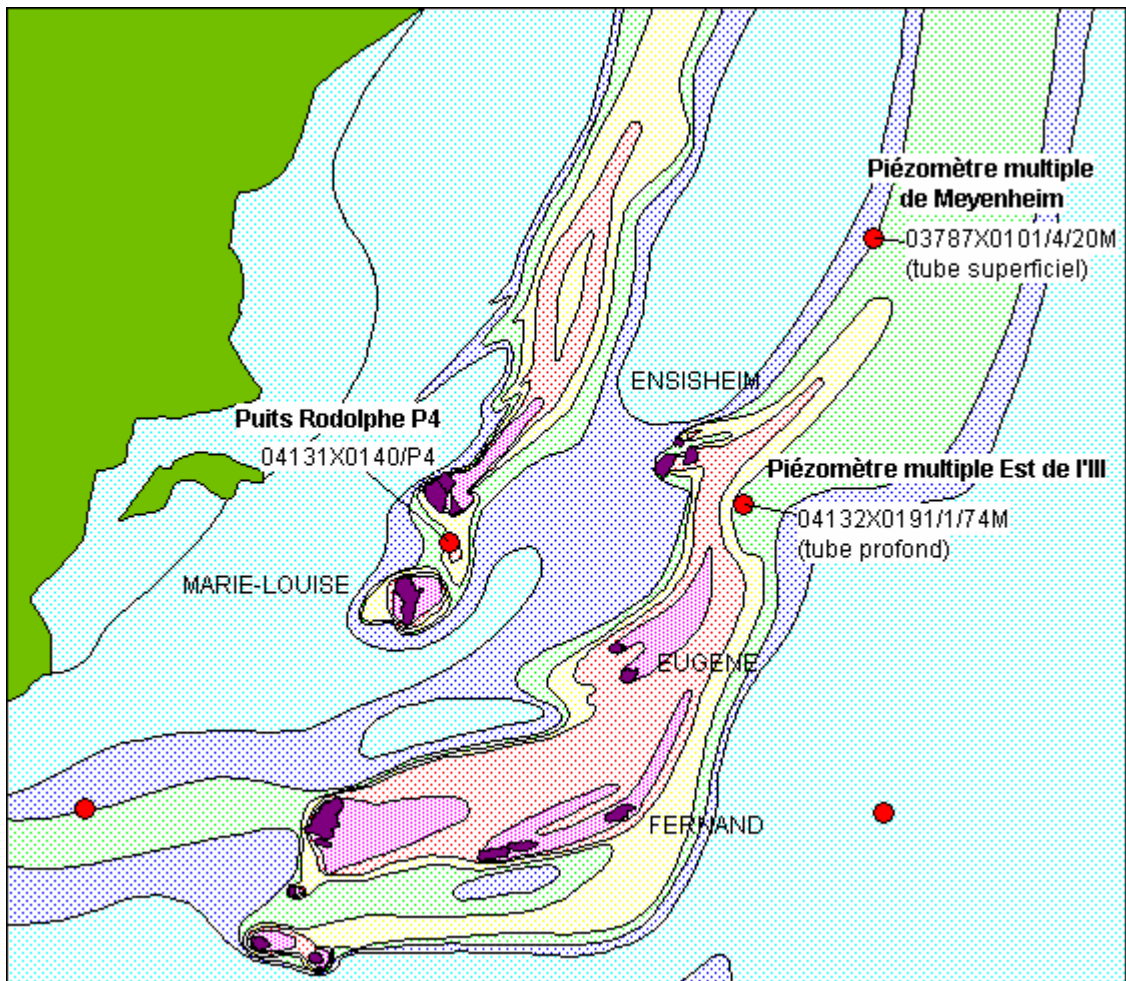


Figure 3 : Situation des points du RBES du bassin potassique (Fond : carte de la salure en 2003)

Le BRGM réalise tous les ans, en partenariat avec l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, une cartographie de l'état de la salure dans le Haut-Rhin qui couvre largement le bassin potassique et son aval jusqu'à Colmar, mais il n'existe pas d'équivalent dans le Sud du Pays de Bade où il existe deux terrils salés laissés par l'exploitation de la potasse. Le graphique de la Figure 4 montre l'évolution de la surface de nappe supérieure à la CMA depuis 1996, date des premières cartographies numériques, pour le Sud de l'Alsace, d'après les cartographies de la tranche inférieure à 40 m de profondeur. Malgré les fluctuations dues à des interprétations cartographiques différentes et au passage d'une CMA de 200 à 250 mg/L, la réduction de surface (due essentiellement à la réduction de la langue Est) est très nette.

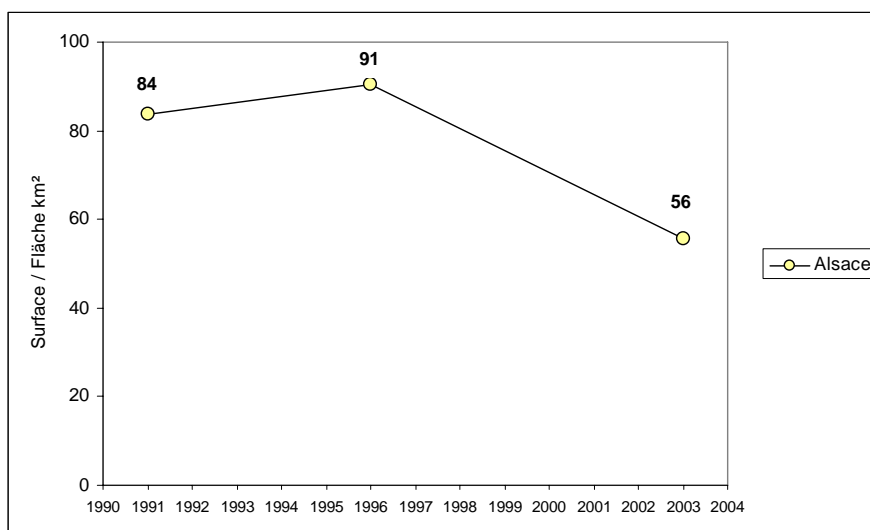


Figure 4 : Evolution des surfaces de la nappe supérieures à la CMA dans le Bassin potassique alsacien (tranche inférieure à 40 m de profondeur)

Tous les deux ans le BRGM réalise, dans le cadre de la même étude, une carte de la salure profonde et une évaluation du tonnage de chlorures contenu dans la nappe, dans la tranche superficielle et en profondeur. Pour l'instant la cartographie de la salure profonde est tributaire de nombreuses hypothèses et la comparaison des cartes successives est encore délicate. Les tonnages calculés d'après ces cartographies sont également d'une précision très relative, bien qu'ils soient cohérents avec les estimations des MDPA déduites de bilans historiques des infiltrations.

Cette cartographie du Bassin potassique alsacien n'inclut pas les terrils badois ni les saumures profondes du secteur de Fessenheim-Breisach, qui s'étendent sous le Rhin et surtout en rive droite, qui ont été étudiées dans le cadre d'un projet transfrontalier en 1999-2000 (Regierungspräsidium Freiburg, 2002).

Le tableau ci-après récapitule les données surfaciques disponibles.

Cartographie	Fréquence et maîtrise d'ouvrage	Zone concernée
Salure superficielle	Tous les 6 ans (Région Alsace 1997, 2003)	Alsace et Bade
Salure superficielle	Tous les ans (BRGM)	Haut-Rhin
Salure profonde	Tous les 2 ans (BRGM 2000, 2002)	Haut-Rhin
Salure profonde	Une seule fois (Regierungspräsidium Freiburg, 2002)	Bande rhénane

Tableau 5 : Cartographies surfaciques disponibles dans le Fossé rhénan

Un indicateur surfacique présente un grand intérêt pour mesurer l'évolution de la pollution par les chlorures dans le bassin potassique alsacien (disponibilité annuelle pour la salure superficielle en Alsace) ou au niveau du Sud du Fossé rhénan (Alsace et

Bade, disponible tous les 6 ans). Comme la cartographie de l'inventaire côté alsacien est en principe cohérente avec la cartographie annuelle du BRGM, il serait possible de mettre partiellement à jour la cartographie de l'inventaire chaque année.

3.4 INDICATEURS EN NOMBRE DE POINTS

Nous avons vu que pour l'Alsace le nombre de points supérieurs à la CMA (concentration maximale admissible pour les eaux potables, harmonisée à 250 mg/L au niveau européen) pouvait être un indicateur de la pollution par les chlorures (cf. Tableau 2). Cet indicateur "Pourcentage de points dépassant la CMA" a diminué en Alsace de 6% en 1983 à 3% en 1997 et 2003 et montre donc une évolution positive, reflétant les travaux de dépollution en cours. On constate néanmoins qu'il n'est pas sensible à l'importante diminution du stock de sel dans la nappe qui a eu lieu dans le bassin potassique entre 1997 et 2003, et qu'il fluctue de façon erratique côté badois (Figure 5).

La coupure de 250 mg/L, en dehors de son aspect réglementaire, est suffisamment supérieure au fond géochimique pour être représentative des pollutions anthropiques. On considère par exemple, dans le Bassin potassique alsacien, que des concentrations supérieures à 100 mg/L sont toujours liées aux langues de pollution saline.

En ce qui concerne l'Alsace, nous disposons, comme pour les données surfaciques, de données ponctuelles couvrant le Haut-Rhin (bassin potassique alsacien) tous les ans et de données ponctuelles couvrant toute l'Alsace tous les 6 ans, et ceci tant pour la salure superficielle que pour la salure profonde.

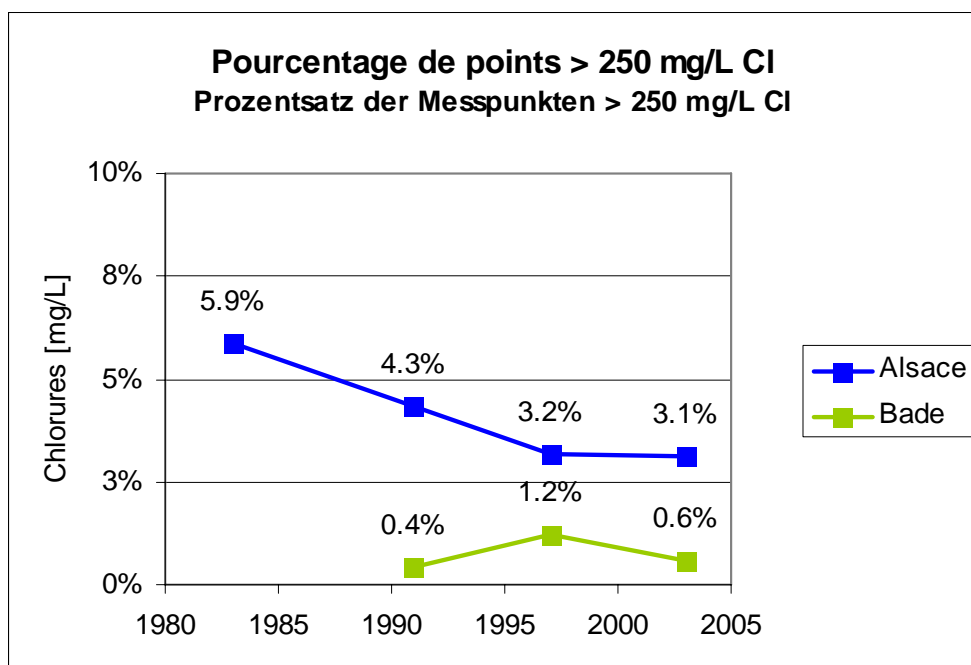


Figure 5 : Evolution du pourcentage de points >250 mg/L en Alsace et Bade d'après les inventaires de la qualité de la nappe

Il faut cependant faire attention au fait que les données annuelles sur le bassin potassique alsacien sont issues d'un réseau de contrôle et de surveillance de la salinité qui est biaisé en faveur de la mesure des fortes teneurs, et non d'un réseau patrimonial. A titre indicatif, le nombre de points de ce réseau qui dépasse la CMA est de l'ordre de 50% alors que la surface de nappe cartographiée au-dessus de la CMA est de 57 km² sur 1031, soit 6%. En fait le réseau est ajusté au fur et à mesure en fonction des améliorations de la situation. Il n'est donc pas représentatif d'une qualité générale du secteur.

Pour les Länder allemands, il existe des données collectées tous les ans dans le cadre des programmes de prélèvements et d'analyses de routine. Chaque organisme publie d'ailleurs un rapport annuel sur l'état de la nappe. Il serait donc en principe possible de disposer de données annuelles de concentrations en chlorures sur un réseau couvrant les Länder allemands, mais dont la composition resterait à définir. L'expérience de l'inventaire 2003 montre qu'il est nécessaire d'utiliser les données de deux années successives (en l'occurrence 2002-2003) pour disposer d'une couverture complète.

Il apparaît donc que l'indicateur "Pourcentage de points dépassant la CMA" serait essentiellement utilisable dans le cadre des inventaires transfrontaliers réalisés tous les 6 ans environ sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace.

Sur l'ensemble du Fossé rhénan supérieur, d'après les résultats de l'inventaire 2002-2003, peu de points (30 points soit 1,8 % du total) dépassent la limite de potabilité européenne de 250 mg/l et les trois-quarts sont situés en Alsace. L'indicateur "Pourcentage de points dépassant la CMA" serait donc très peu sensible s'il était appliqué à l'ensemble du Fossé rhénan.

3.5 CONCLUSIONS SUR LES INDICATEURS D'ETAT

L'état général de la nappe alluviale au niveau de l'ensemble du Fossé rhénan supérieur est bien représenté par la "Médiane des concentrations en chlorures" des points de mesure, en se basant sur les résultats des inventaires transfrontaliers réalisés tous les 6 ans. Néanmoins cet indicateur est peu évolutif car très peu sensible aux pollutions anthropiques à caractère ponctuel.

En ce qui concerne les pollutions anthropiques, l'indicateur "Pourcentage de points dépassant la CMA" pourrait être utilisé au niveau de l'ensemble du Fossé rhénan supérieur, en se basant également sur les résultats des inventaires transfrontaliers réalisés tous les 6 ans. Cet indicateur est évolutif à l'échelle d'une dizaine d'années mais est peu sensible aux évolutions à court terme du bassin potassique alsacien.

L'évolution de cet indicateur "Pourcentage de points dépassant la CMA" ne peut être évaluée annuellement à partir des données du RBES côté alsacien, qui sont trop peu nombreuses pour être pertinentes, ni des données collectées annuellement par le BRGM sur la salinité de la nappe dans le bassin potassique et en aval, qui sont biaisées car trop ciblées sur la pollution (à moins de pouvoir définir un sous-réseau spécifique pérenne).

Un autre indicateur, proposé par M. Jost Grimme-Strele de la LUBW, le "Centile 90 des concentrations en chlorures" basé sur les inventaires transfrontaliers, semble pertinent pour le Sud du Fossé rhénan : il montre une évolution nette en Alsace.

Un indicateur pertinent et sensible à la pollution saline due aux anciennes exploitations de potasse du Sud du Fossé rhénan (Alsace et Pays de Bade) serait la "Surface de nappe superficielle au-dessus de la CMA" d'après les inventaires transfrontaliers réalisés tous les 5-6 ans sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace.

Cet indicateur pourrait de plus être mis à jour annuellement, au moins pour le bassin potassique alsacien, grâce aux cartographies annuelles réalisées par le BRGM, ainsi que par d'autres cartographies éventuellement réalisées côté badois.

4. Indicateurs de pression-réponse

4.1 PRINCIPES D'ACTIONS ET VARIABLES ASSOCIEES

Les indicateurs à rechercher doivent permettre de mesurer les pressions polluantes connues et les réponses qui sont apportées pour les pallier. C'est pourquoi ils doivent correspondre à des principes d'action contre les pollutions. On se référera aux principes d'actions exposés dans le cadre de l'Inventaire transfrontalier 1996-1997 (Région Alsace, 2000) et aux compléments apportés pour l'Alsace dans le cadre du SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) III-Nappe-Rhin (Tableau 6).

A chaque principe d'action correspondent des variables de mesure possibles. Lorsque ces variables sont exprimées en fonction d'un état de référence, elles deviennent des indicateurs.

Dans le tableau ci-dessous, les 5 premiers principes d'action sont ceux de l'inventaire 1997, les deux derniers proviennent du SAGE. Les variables déjà adoptées dans le cadre du SAGE sont notées en rouge.

	Principes d'actions	Variables
1	Supprimer ou neutraliser les sources de pollutions de l'exploitation de la potasse	Tonnage de sel en place sur les terrils (Alsace + Bade) Nombre de terrils traités (étanchement ou dissolution) Nombre de terrils en cours de traitement (étanchement ou dissolution)
2	Réglementer l'implantation et l'approfondissement des gravières au droit des langues salées profondes	Existence ou non d'une réglementation - en matière d'implantation - en matière d'approfondissement des gravières au droit des langues salées profondes
3	Améliorer les connaissances sur le substratum et sur la localisation et l'extension dans le temps et l'espace des langues salées dans les couches profondes	Nombre de points connus au substratum Nombre de km de campagnes géophysiques Nombre de piézomètres captant l'aquifère profond Amélioration de la fiabilité des modèles
4	Etudier et valider les possibilités de dépollution de la partie profonde de la nappe puis les mettre en œuvre à condition que les solutions techniques soient économiquement supportables	Réalisation d'une étude technico-économique sur les possibilités de dépollution en partie profonde Nombre de forages de dépollution ou de barrières hydrauliques Tonnage de sel pompé ou restant dans la partie profonde de la nappe
5	Suivre régulièrement la qualité des eaux de la nappe dans les couches superficielles et profondes	Nombre de piézos échantillonnés (superficiels, profonds) Nombre de points de mesure échantillonnés (nombre d'analyses de chlorures par an)
6	Dépolluer la nappe dans sa partie supérieure (objectifs : teneurs en chlorures en tout point d'accès à la nappe inférieures à 200mg/l)	Nombre d'études sur le thème (annuel, cumulé...) Nombre de forages de dépollution ou de barrières hydrauliques Tonnage de sel pompé ou restant dans la partie superficielle de la nappe
7	Faire en sorte que la teneur en chlorures dans le Rhin à Lauterbourg n'augmente pas par rapport à l'état actuel (état de référence : année 2000)	Teneur en chlorures du Rhin à Lauterbourg par rapport à l'état de l'année 2000

en noir : principes d'action de l'Inventaire transfrontalier 1996-1997

en bleu : principes d'action du SAGE

en rouge : variables retenues par le SAGE

Tableau 6 : Principes d'action et propositions de variables de pression-réponse

4.2 LES TERRILS ISSUS DE L'EXPLOITATION DE LA POTASSE

La source principale de pollution saline dans les Bassins potassiques alsacien et badois est aujourd'hui représentée par les terrils laissés par l'exploitation. Ces terrils comprennent, en plus des déblais de l'exploitation minière, les résidus du traitement du minerai de potasse (traitement thermique puis traitement par flottation).

Les dépôts de sel résiduaire ont été particulièrement intenses en Alsace de 1910 à 1933, date de la mise en service du saumoduc. Les saumures ont alors été rejetées au Rhin, les insolubles déposés sur les terrils sont devenus, avec l'amélioration du traitement, de moins en moins salés.

Côté badois, les résidus de sel étaient utilisés pour remblayer les galeries d'exploitation. On estime que 5% seulement du sel résiduel a été déposé sur les terrils. Une partie des boues du traitement a été évacuée vers des parcs à boue au bord du Rhin de 1964 à 1973. Aussi les deux terrils badois sont-ils moins salés que ceux du côté alsacien.



Figure 6 : Opération de dissolution accélérée (terril Fernand)

Depuis 1995, dans le cadre d'une stratégie globale de dépollution du bassin potassique alsacien, les terrils alsaciens font l'objet de traitements soit par étanchement-végétalisation pour les moins salés, soit de dissolution accélérée pour les plus salés (Figure 6). En 2005, les 18 terrils alsaciens sont soit traités, soit en cours de traitement. Au pays de Bade, la réhabilitation des deux terrils existants qui appartiennent à des propriétaires privés est encore à l'étude (cf. Tableau 7).

Le tableau suivant récapitule la liste des terrils des bassins potassiques alsacien et badois avec leur état actuel.

Dénomination / Bezeichnung	Pays / Land	Dates de fonctionnement / Betriebszeitraum		Tonnage de sel à l'origine / ursprüngliche Salzmenge	Tonnage de sel 2003 / restliche Salzmenge 2003	Etat actuel (2005) / Zustand 2005
ALEX Terril ancien	F	1913	1933		0	Dissolution accélérée achevée / Aufgelöst
ALEX Terril mixte	F	1913	1969	1 470 000		Dissolution accélérée achevée / Aufgelöst
ALEX bassin à boues	F	1923	1963		0	Non traité / nicht saniert
RODOLPHE	F	1930	1976	650 000	250 000	Dissolution accélérée partielle et étanchement achevés / Teilaufgelöst und teilbedeckt
ENSISHEIM Est	F	1923	1932	1 160 000	0	Dissolution accélérée achevée / Aufgelöst
ENSISHEIM Nord	F	1926	1961	150 000	30 000	Etanchement-végétalisation achevé / Bedeckt bzw. begrünt
ENSISHEIM Ouest	F	1920	1975	440 000	190 000	Etanchement-végétalisation achevé / Bedeckt bzw. begrünt
ENSISHEIM bassin à boues	F	1932	1964	130 000	0	Non traité / nicht saniert
MARIE-LOUISE	F	1920	1999	3 450 000	978 600	Dissolution partielle en cours / Auflösung im Gange
AMELIE Nord	F	1924	2002	3 090 000	1 204 600	Dissolution partielle en cours / Auflösung im Gange
AMELIE Est	F	1913	1929	950 000	267 700	Dissolution accélérée achevée / Aufgelöst
AMELIE II	F	1913	1953	220 000	50 000	Etanchement-végétalisation achevé / Bedeckt bzw. begrünt
JOSEPH-ELSE Ouest	F	1912	1969	1 200 000	450 000	Etanchement-végétalisation achevé / Bedeckt bzw. begrünt
JOSEPH-ELSE Est	F	1959	1969	1 110 000	73 400	Dissolution partielle en cours / Auflösung im Gange
FERNAND	F	1913	1968	1 540 000	37 300	Dissolution partielle en cours / Auflösung im Gange
ANNA	F	1923	1974	1 510 000	572 100	Dissolution partielle en cours / Auflösung im Gange
EUGENE	F	1960	1986	630 000	226 200	Etanchement-végétalisation en cours / Bedeckung im Gange
THEODORE	F	1913	1959	930 000	0	Dissolution accélérée achevée / Aufgelöst
Total Alsace / Elsass insgesamt				18 630 000	4 329 900	Indicateur en pourcentage/ Indikator : 17 %
BUGGINGEN	D	1926	1973	369 000	309 000	Non traité / nicht saniert
HEITERSHEIM	D	1969	1973	73 800	58 800	Non traité / nicht saniert
Total Bade / Baden insgesamt				442 800	367 800	Indicateur en pourcentage/ Indikator : 83 %

Tableau 7 : Liste des terrils du Sud du Fossé rhénan (données MDPa, LGRB)

Parmi les indicateurs possibles, le pourcentage de terrils traités paraît peu sensible, il serait aujourd'hui de 90% pour tendre à terme vers 100%. Par contre le tonnage de sel restant sur les terrils, bien que résultant d'estimations, paraît plus intéressant. En effet cet indicateur devrait se réduire progressivement avec les travaux en cours sans toutefois atteindre zéro, puisqu'il restera du sel présent dans les terrils végétalisés (Tableau 7).

Il pourrait être utile de garder en mémoire la présence de ce sel, car les terrils étanchés nécessitent un entretien et une surveillance à long terme. Du fait de l'infiltration naturelle par la pluie, il continuera à y avoir un peu de dissolution également : on estime, de façon très approximative, la dissolution naturelle à environ 50 000 tonnes de sel par an pour les terrils du bassin potassique, soit environ 1% du tonnage total encore en place.

Alternativement, on pourra décider de compter pour zéro le sel des terrils étanchés, afin que l'indicateur puisse tendre vers zéro.

Afin de disposer d'un indicateur, il est nécessaire de se rapporter à un état de référence. Celui-ci pourrait être le total du sel historiquement déposé sur les terrils, puisqu'il n'y a plus de dépôts aujourd'hui. L'indicateur serait ainsi le pourcentage de sel encore présent par rapport au tonnage déposé initialement, qui est maintenant stable depuis l'arrêt de l'exploitation en 2002 (Figure 7, le pourcentage était de 23% au 1/01/2004).

L'objectif final, à la fin des opérations de traitement, serait de l'ordre de 1,5 Mt de sel restant sur les terrils, soit 8% de la quantité déposée, ou de zéro, si l'on ne compte plus le sel des terrils étanchés.

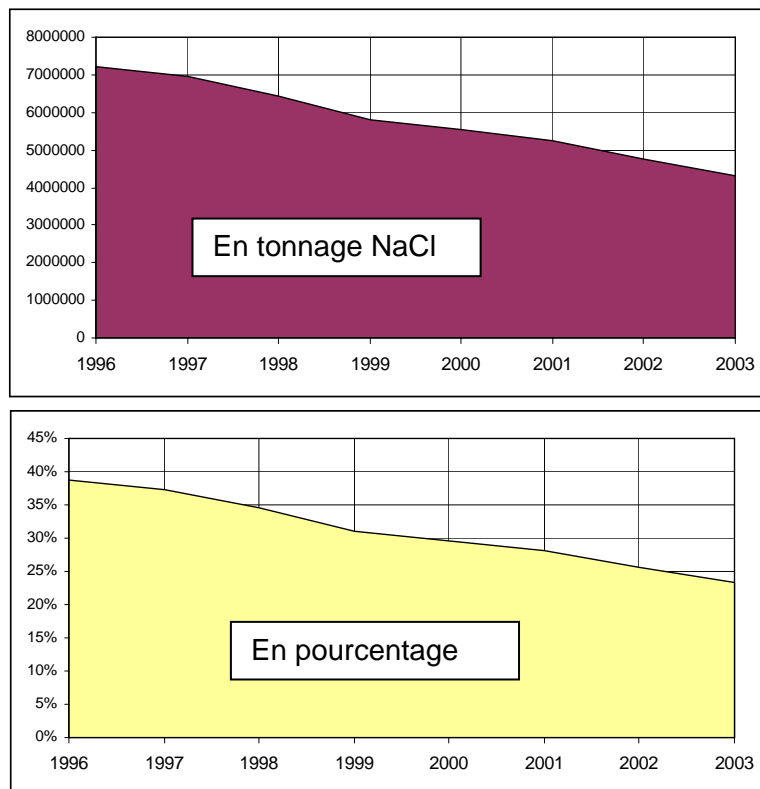


Figure 7 : Evolution du tonnage de sel sur les terrils en Alsace (données MDP)

4.3 REGLEMENTATION DES GRAVIERES

Les gravières en eau dans les alluvions du Fossé rhénan supérieur atteignent des profondeurs importantes, jusqu'à 70-80 mètres. Lorsque les gravières sont abandonnées, il se crée rapidement une couche de colmatage au fond, et les échanges entre la gravière et la nappe se font essentiellement dans la tranche superficielle. Mais tant que la gravière est en exploitation, les échanges peuvent se faire avec les eaux profondes de la nappe également.

Lorsqu'un panache d'eau salée profonde atteint une gravière, il peut y avoir mélange des eaux profondes avec l'eau de la gravière, qui s'enrichit en chlorures et contamine à son tour les couches plus superficielles de la nappe. Ce phénomène a effectivement été observé sur des gravières côté badois (gravière d'Uhl, cf. Regierungspräsidium Freiburg, 2002).

Il n'existe pas, aujourd'hui, de réglementation spécifique sur la création ou l'approfondissement des gravières concernant le problème de l'interférence avec des langues salées. La question est traitée au niveau de l'étude d'impact lors de la demande d'ouverture ou d'approfondissement de la gravière.

Le nombre de zones graviérables susceptibles d'être concernées par cette problématique est relativement faible (de l'ordre de 6 en Alsace), aussi ne paraît-il pas pertinent de retenir ces cas pour un indicateur (Figure 8).

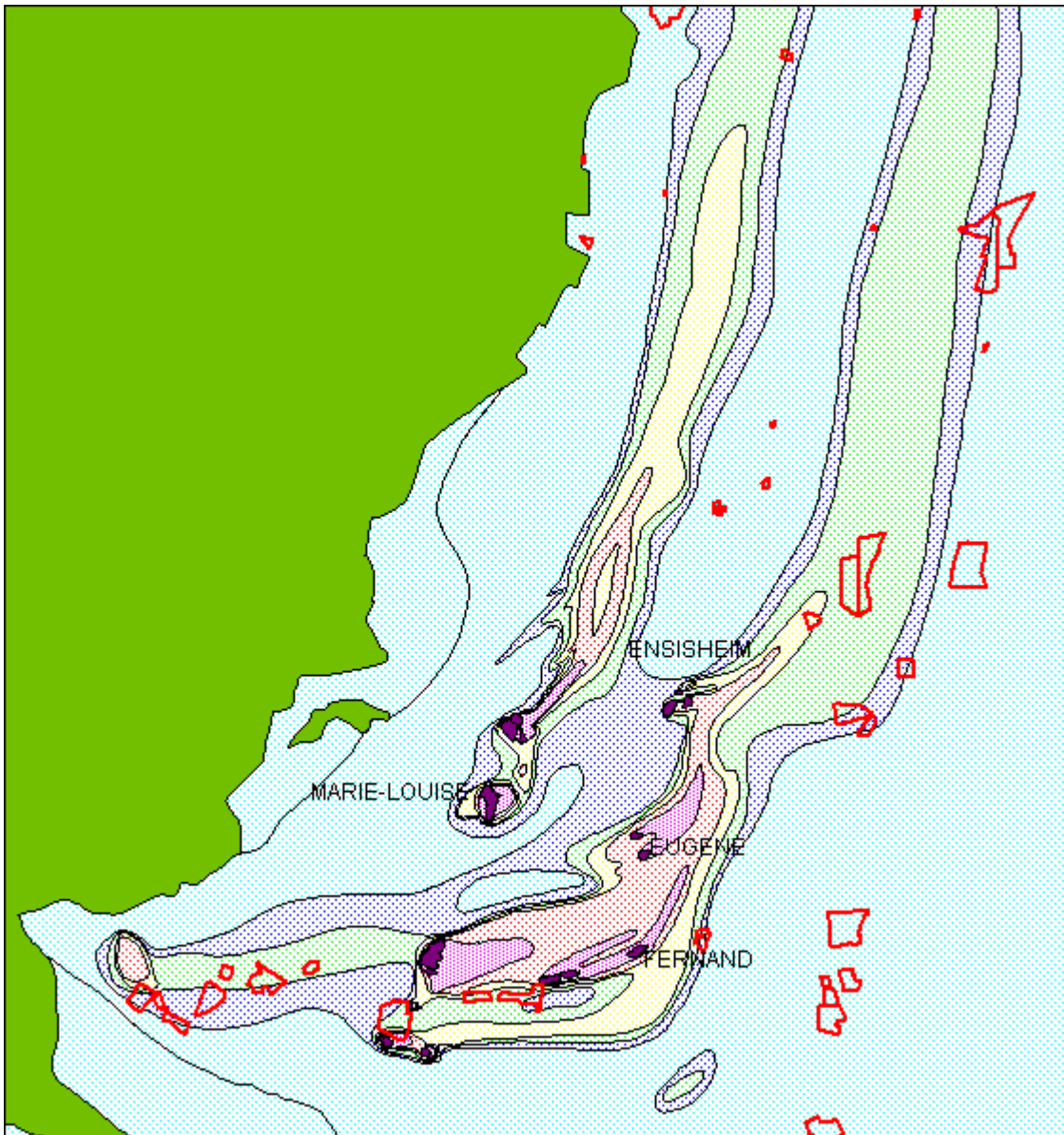


Figure 8 : Surfaces graviérables dans la région du bassin potassique (Alsace)

4.4 CONNAISSANCE DU SUBSTRATUM ET DE LA SALURE PROFONDE

Plusieurs variables ou critères ont été proposés pour ce principe d'action proposé par l'inventaire 1997 (Région Alsace, 2000) :

1. Nombre de points connus au substratum,
2. Nombre de km de campagnes géophysiques,
3. Nombre de piézomètres captant l'aquifère profond,
4. Amélioration de la fiabilité des modèles.

Les points connus du substratum sont répertoriés par la Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan (BRAR) gérée par le BRGM pour la Région Alsace. Ils sont particulièrement nombreux dans le bassin potassique en raison des anciens sondages

au sel et des nombreux ouvrages de dépollution. Leur nombre évolue très peu à présent que des travaux sont engagés sur tous les terrils, aussi n'a-t-il pas été retenu.

Le nombre de kilomètres de campagnes géophysiques, de même, bien que reflétant les efforts d'acquisition de connaissances sur la salure, paraît difficilement applicable.

Le nombre de piézomètres captant l'aquifère profond est un indicateur des efforts mis dans le suivi de la salure profonde, qui mettra le plus longtemps à se résorber. Le tableau ci-dessous montre la complexité de la situation dans le bassin potassique, en raison des fortes variations de profondeur du substratum.

		NOMBRES DE POINTS PAR TRANCHE D'AQUIFERE						
Teneurs en chlorures (mg/l)		0-20 m	0-40 m	20-40 m	0-80 m 20-80 m 40-80 m 80-120 m	TOTAL (nombre de points)	TOTAL (%)	
	>20000	6	3	4		13	3%	50%
	10000-20000	9	2	12		23	5%	
	5000-10000	12	4	4	1	21	5%	
	2000-5000	19	6	14	2	41	9%	
	500-2000	41	11	13	14	79	18%	
	250-500	25	6	1	14	46	10%	50%
	100-250	55	7	8	12	82	18%	
	60-100	29	8	3	1	41	9%	
	0-60	69	8	6	16	99	22%	
total des points prélevés		265	55	65	60	445	100%	
Abandon 2003		104	13	9	2	128		
<i>Abandon (%)</i>		<i>81%</i>	<i>10%</i>	<i>7%</i>	<i>2%</i>	<i>100%</i>		
Total réseau		369	68	74	62	573		

Tableau 8 : Recensement des points de mesure de la salure dans le bassin potassique en 2003 (Chabart, 2004)

Néanmoins si on ne prend en compte que les zones de salure où le substratum est situé à plus de 40 m de profondeur (aval du bassin potassique, zone de Fessenheim-Breisach), et que l'on se restreint aux zones affectées par la salure au-dessus de 250 mg/L, on obtient un indicateur intéressant et susceptible d'évoluer si des travaux sont menés spécifiquement pour la connaissance de la salure profonde. Dans l'exemple de l'illustration 14, le nombre de piézomètres profonds échantillonnés en 2003 en Alsace était de **31 pour 87 km²**, soit 0,36 point au km². Côté badois pour la même année, la valeur est peu différente puisqu'elle est de 0,26 point au km².

Cet indicateur a été retenu par le SAGE Ill-nappe-Rhin.

Enfin le dernier critère d'amélioration de la fiabilité des modèles fait référence aux divers travaux de modélisation hydrodynamique de la salure qui vont bien sûr dans le sens d'une amélioration de leur précision et de leur fiabilité. Etant donné le travail que

représente une modélisation, ce critère difficile à chiffrer n'est pas susceptible de beaucoup évoluer.

4.5 DEPOLLUTION DE LA PARTIE PROFONDE DE LA NAPPE

Ce principe d'action proposé par l'inventaire 1997 (Région Alsace, 2000) repose sur l'idée que des actions spécifiques pourraient être engagées pour dépolluer la salure profonde. Pour l'instant il n'existe que le programme de dépollution des MDPA, dans lequel il est difficile de distinguer la part de salure profonde et de salure plus superficielle. Parmi les variables ou critères proposés, il y avait :

1. Réalisation d'études technico-économiques,
2. Nombre de forages de dépollution profonde ou de barrières hydrauliques,
3. Tonnage de sel pompé ou restant dans la partie profonde de la nappe.

4.6 SUIVI DE LA SALINITE DE LA NAPPE

Le suivi de la qualité de la nappe est assuré à différents niveaux : inventaires transfrontaliers sur un grand nombre de paramètres, réseaux de contrôle et de gestion sur des problématiques bien définies. Le problème de la salinité dans le bassin potassique alsacien est suivi par les MDPA au titre des obligations d'autocontrôle des eaux souterraines et complété par le BRGM avec des points complémentaires dans le cadre du contrôle annuel de la salure réalisé avec une subvention de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse.

Deux variantes sont possibles :

- Nombre de points de mesure, puits, piézomètres échantillonnés ou ayant fait l'objet de logs de résistivité par an (superficiels, profonds),
- Nombre d'analyses de chlorures ou de logs de résistivité par an.

Dans le cadre du SAGE Ill-nappe-Rhin c'est le nombre d'analyses qui a été retenu. Cependant ce nombre varie beaucoup dans le cas des MDPA du fait que certains ouvrages sont suivis à un rythme hebdomadaire à mensuel lors de travaux de dépollution puis ne sont plus suivis au même rythme en routine (Figure 9).

Le nombre d'ouvrages suivis paraît plus intéressant car il peut être exprimé en densité (nombre d'ouvrages échantillonnés par an et par km²) donnant une meilleure idée de l'intensité de l'effort de suivi accompli. On peut notamment comparer cette densité à celle des inventaires généraux, qui est de l'ordre de 1 point pour 3 à 4 km² : en 2003 la densité était de 3,5 points au km² dans le bassin potassique et de seulement 1 point au km² côté badois.

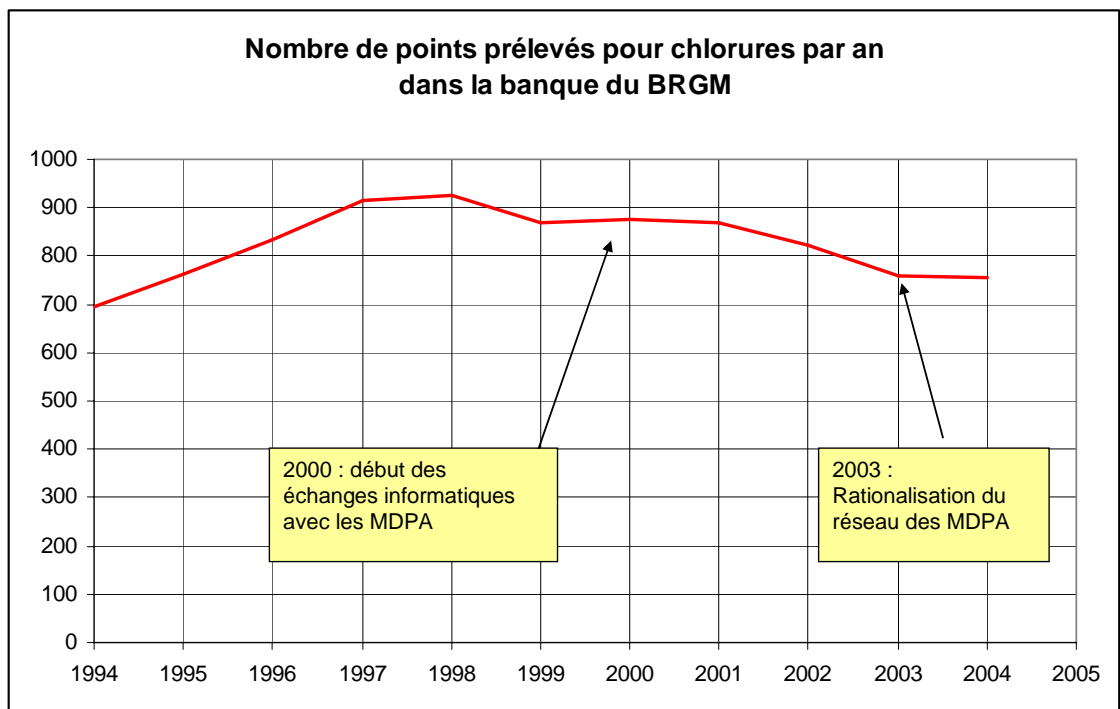
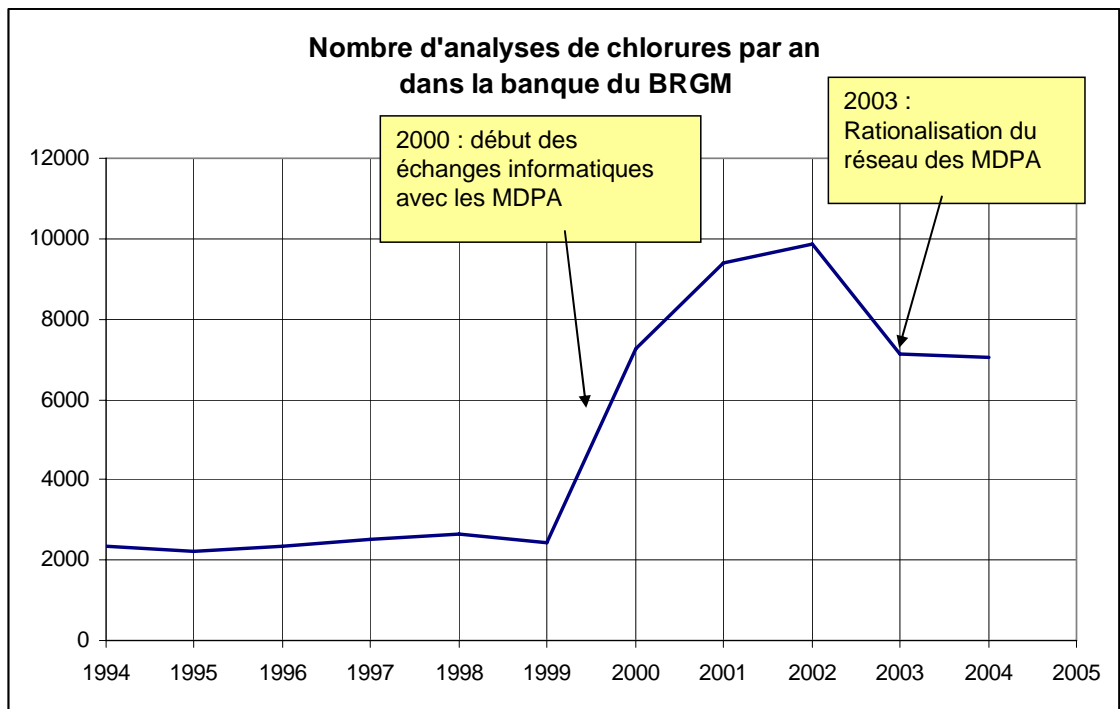


Figure 9 : Statistiques sur le nombre d'analyses de chlorures et d'ouvrages échantillonnés par an dans la Banque du sous-sol du BRGM

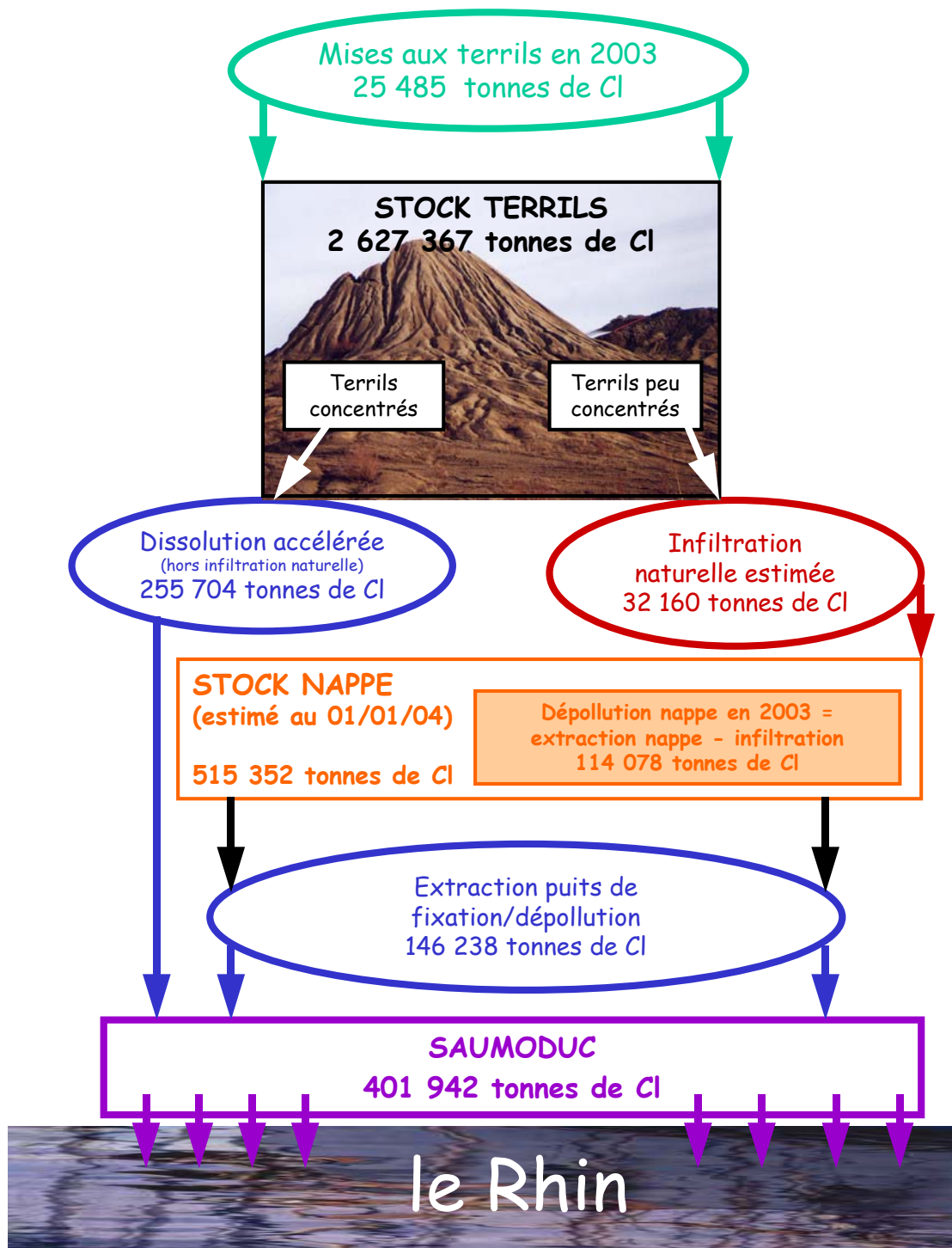


Figure 10 : Exemple de bilan annuel de la dépollution des MDPAs en Alsace (Chabart et Elsass, 2004)

4.7 DEPOLLUTION DE LA PARTIE SUPERFICIELLE DE LA NAPPE

Ce principe d'action posé par le SAGE III-Rhin-nappe est axé sur le suivi des travaux de dépollution du bassin potassique qui les concerne directement. Il est moins pertinent pour le côté badois où aucune opération de dépollution n'est engagée ni prévue (il est seulement prévu de neutraliser les terrils sources de pollution). Les variables et critères proposés sont les suivants :

- Réalisation d'études technico-économiques,
- Nombre de forages de dépollution ou de barrières hydrauliques,
- Tonnage de sel pompé ou restant dans la partie superficielle de la nappe.

Le suivi annuel réalisé par le BRGM avec une subvention de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse comprend un bilan annuel des actions de dépollution, établi d'après les relevés des MDPA (Figure 10). Ce bilan complet évalue chaque année le solde de dépollution de la nappe à partir des quantités infiltrées (estimations des MDPA) et des quantités pompées (mesurées par les MDPA).

4.8 TENEUR EN CHLORURES DU RHIN

A partir de 1933 l'essentiel des saumures résiduelles de la production de la potasse des Mines de Potasse d'Alsace (MDPA) ont été rejetées au Rhin par un système de conduites et canal ouvert baptisé "saumoduc" se déversant dans le Rhin à Fessenheim. Depuis la construction du Grand canal d'Alsace et du barrage hydroélectrique de Fessenheim (1956) le saumoduc se déverse dans le Grand canal en aval du barrage.

Les rejets dans le Rhin contribuent pour une large part à une salinité élevée du fleuve, dont les eaux sont utilisées en Hollande pour l'alimentation en eau potable. Les rejets des MDPA ont fait l'objet d'une Convention internationale relative à la protection du Rhin contre la pollution par les chlorures, dite Convention "Chlorures" de Bonn, le 3 décembre 1976, en vue de réduire la teneur en chlorures du Rhin de 500 à 200 mg/L à la frontière germano-néerlandaise. Un Protocole additionnel a été signé à Bruxelles le 25 septembre 1991, par lequel les Pays-Bas s'engageaient à financer le stockage temporaire de sel sur aire étanche par les MDPA pour limiter les rejets au Rhin dans certaines conditions. En fait la diminution de la production de potasse et les conditions d'hydraulicité du Rhin ont fait que ces dispositions ont très peu été appliquées.

Le graphique de la Figure 11 représente l'évolution du profil des teneurs du Rhin de Kembs à Lauterbourg depuis 1996 d'après des données de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse. Les eaux du Rhin arrivant de Suisse à Kembs ont une concentration très basse, de l'ordre de 20 mg/L. Les rejets du saumoduc atteignent le Rhin entre Kembs et Rhinau, provoquant une forte élévation de la concentration, supérieure à 200 mg/L jusqu'en 1997. Les fluctuations entre les stations de Strasbourg et Gambsheim en 1996-1997 ne sont pas expliquées, mais on peut soupçonner des problèmes d'échantillonnage, car ces stations analysent un seul prélèvement par mesure. En 1998 la production de la fabrique Marie-Louise est arrêtée, entraînant une forte baisse des concentrations, et fin 2002 c'est l'arrêt complet de la production et la fermeture de la fabrique Amélie.

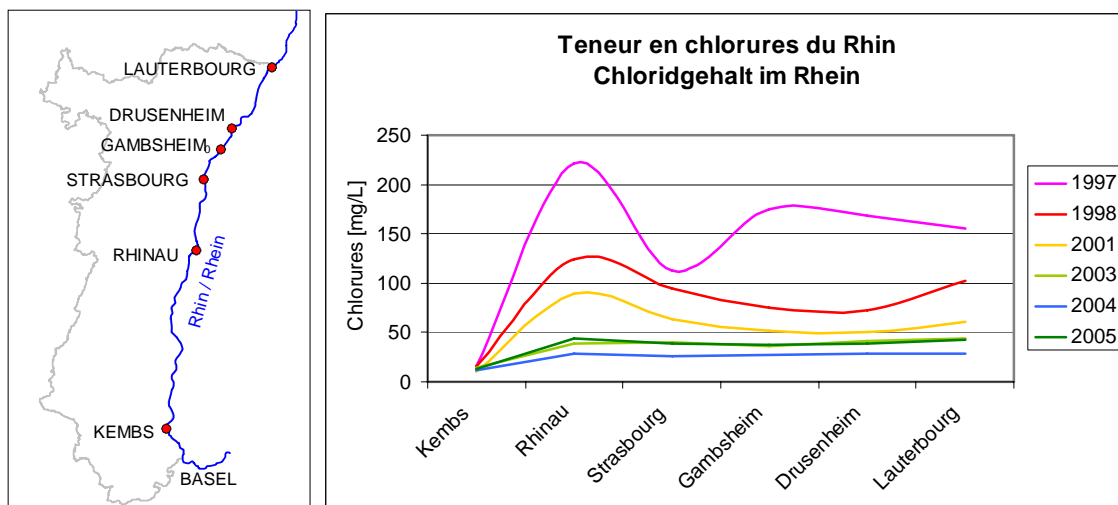


Figure 11 : Profils en long des teneurs du Rhin (moyennes annuelles, données Agence de l'eau Rhin-Meuse)

Aujourd'hui les rejets par le saumoduc ont une charge en chlorures relativement faible, car il s'agit essentiellement d'eaux salées provenant des diverses opérations de dépollution, dont la concentration est très faible par rapport à celle des saumures issues de la production. Le profil du Rhin s'établit à partir de Rhinau à environ 40 mg/L jusqu'à la frontière allemande à Lauterbourg à partir de 2003 (les concentrations baissent à 30 mg/L en 2004 mais reviennent à 40 mg/L en 2005 : cf. Figure 11).

Les teneurs dans le Rhin sont donc bien représentatives de la pression polluante des rejets des MDPA. C'est pourquoi il a été proposé d'utiliser comme indicateur la teneur en chlorures du Rhin à Lauterbourg par rapport à la situation de 1998 ou de 2000. La teneur du Rhin à Rhinau est en fait une meilleure indication sur les rejets des MDPA, d'autres sources de pollution étant susceptibles d'intervenir entre Strasbourg et Lauterbourg. Alternativement on pourrait également penser utiliser la teneur du Rhin à Mainz, qui est la dernière station de mesure permanente sur le Rhin avant que ce dernier ne quitte le Fossé rhénan supérieur.

Nous avons donc testé ces différentes possibilités (Figure 12) : le pourcentage de la teneur du Rhin à Rhinau montre une chute spectaculaire à partir de 2002, après l'arrêt définitif de la production des MDPA en septembre 2002. Le pourcentage à Lauterbourg montre une légère remontée en 2003, qui pourrait indiquer l'influence d'une autre source de pollution que les rejets des MDPA. L'indicateur composé par rapport à l'année 2000 paraît plus sensible.

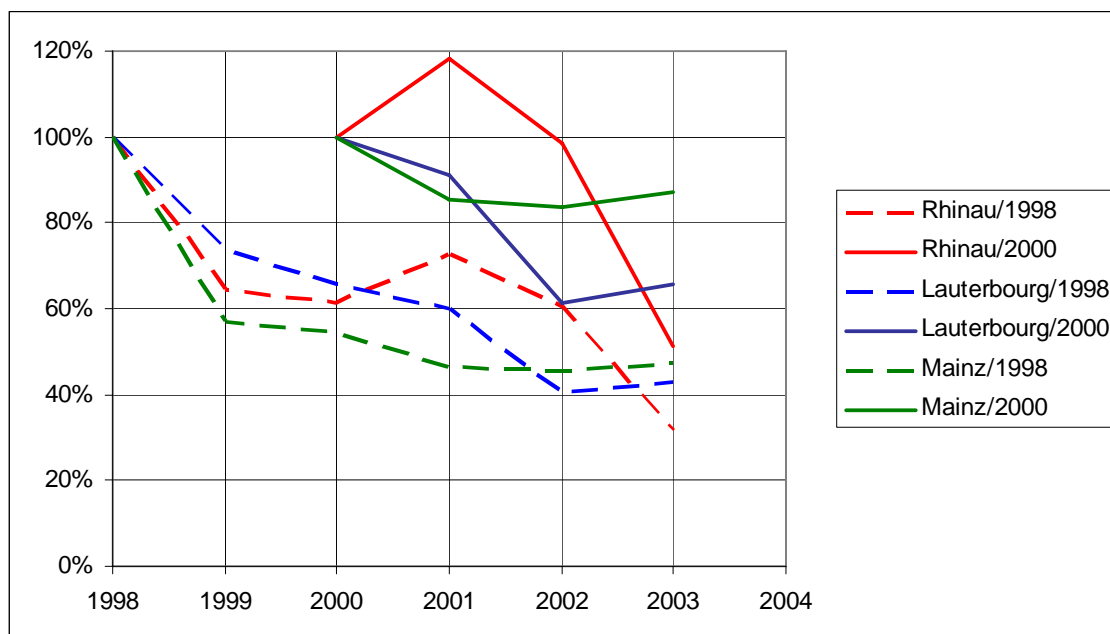


Figure 12 : Essai d'indicateurs pour le Rhin en Alsace

Le projet "Indicateurs" n'est pas limité à l'Alsace mais doit prendre en compte l'ensemble du Fossé rhénan. En aval de Lauterbourg il existe deux stations de mesure de la teneur du Rhin gérées par la LUWG³ Rheinland-Pfalz, à Worms et à Mainz-Wiesbaden, à l'extrémité nord du Fossé rhénan supérieur. Ces stations effectuent des prélèvements simultanés en plusieurs points par des conduites fixes et donnent donc une mesure assez fiable.

La Figure 13 montre le détail des enregistrements journaliers des chlorures du Rhin à la station de Worms (Diehl, 2003). Au début de l'année 2002, les variations des teneurs en chlorures montrent un rythme hebdomadaire dû aux déversements des rejets de fabrique dans le Rhin par l'intermédiaire du saumoduc. Une première interruption en août est due à l'arrêt de la fabrique Amélie pendant les congés d'été. Le rythme hebdomadaire disparaît en septembre 2002 suite à l'arrêt de l'exploitation lors de l'incendie du centre de stockage souterrain de Stocamine.

La Figure 14 donne le graphique d'évolution de la teneur en chlorures à la station de Mainz-Wiesbaden. On remarque la décroissance des teneurs à partir des années 1990, due essentiellement à la diminution des rejets des MDPA, et on note une légère remontée en 2003 qui confirme celle que nous avons déjà remarquée à Lauterbourg.

³ LUWG : Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht von Rheinland-Pfalz, qui a absorbé le LFW (Landesamt für Wasserwirtschaft) à partir de 2004.

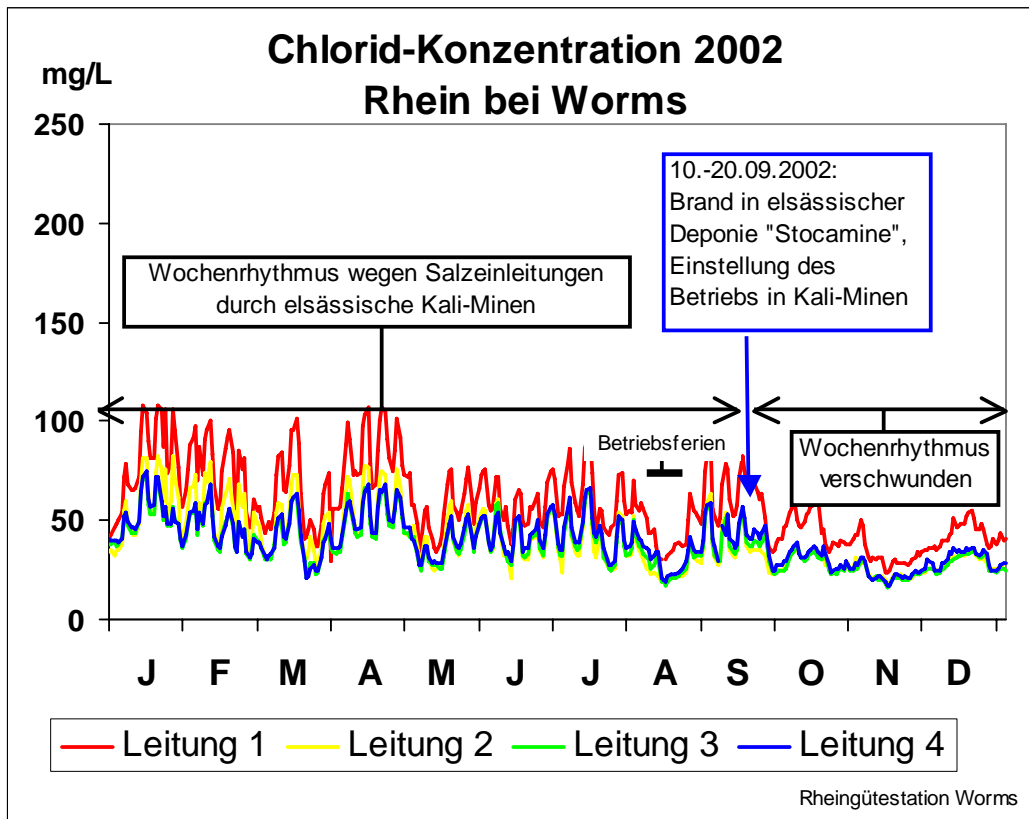


Figure 13 : Teneur en chlorures du Rhin à la station de Worms
Le rythme de variation hebdomadaire disparaît après l'incendie de Stocamine. Les 4 couleurs correspondent aux 4 points de prélèvement simultanés dans le Rhin (Diehl, 2003)

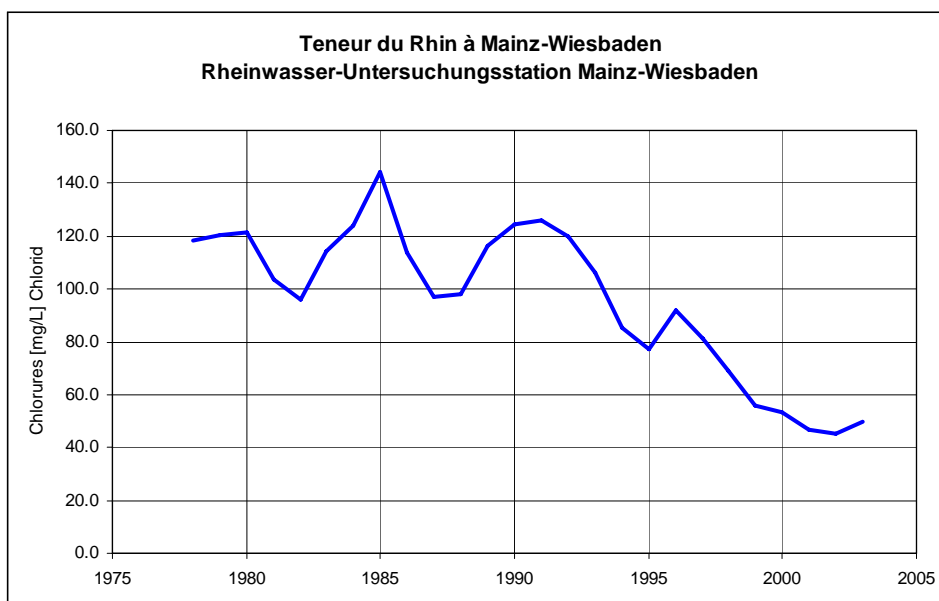


Figure 14 : Teneurs en chlorures du Rhin à Mainz-Wiesbaden (données LUWG Rheinland-Pfalz)

En conclusion, deux indicateurs dérivés de la teneur en chlorures du Rhin peuvent être retenus :

- Soit il s'agit de mettre en évidence les rejets des MDPA, dans ce cas l'indicateur teneur en chlorures du Rhin à Rhinau par rapport à l'année de référence 2000 est le mieux adapté. Il vaut en 2003 45% et devrait continuer à baisser en fonction de l'avancement de la dépollution du bassin potassique alsacien. On notera que le SAGE Ill-nappe-Rhin a retenu l'indicateur teneur en chlorures du Rhin à Lauterbourg par rapport à l'année de référence 2000.
- Soit il s'agit de prendre en compte la pression polluante globale sur le Rhin dans le Fossé rhénan supérieur, dans ce cas on choisira un indicateur basé sur la station de Mainz-Wiesbaden qui mesure la teneur du Rhin en aval des grandes zones industrielles du Rhin supérieur. On pourra utiliser comme référence la teneur du Rhin à Bâle ou Kembs, qui varie peu et représente la teneur du Rhin à l'entrée de la vallée du Rhin supérieur. L'indicateur pourrait ainsi être le rapport entre la teneur à Mainz et à Kembs⁴ (Figure 15).

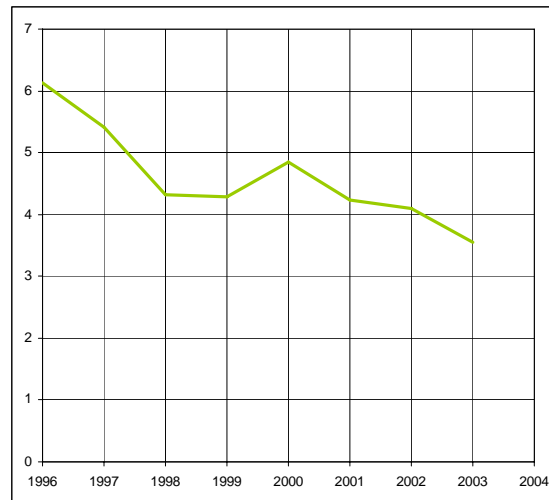


Figure 15 : Rapport entre la teneur en chlorures du Rhin à Mainz et Kembs

On notera cependant que si le Rhin avait bien un impact sur la qualité de la nappe, par l'intermédiaire de ses infiltrations, lorsque ses eaux présentaient une teneur élevée, ce n'est plus aujourd'hui le cas. Le niveau des chlorures dans le Rhin est avec 40 mg/l très proche de celui de la nappe.

Aussi aucun indicateur basé sur la teneur en chlorures du Rhin n'a-t-il été adopté par le Comité de pilotage : malgré son intérêt pour montrer la pression polluante exercée sur le fleuve par les activités humaines dans le Fossé du Rhin supérieur, il n'a pas été jugé pertinent en ce qui concerne les pressions sur la nappe.

⁴ On pourrait également penser à prendre la différence de teneur entre Bâle et Mainz. Cependant cet indicateur serait biaisé par l'hydraulicité du Rhin. En effet si T est le tonnage de chlorures introduit dans le Rhin, Q le débit du Rhin, C la concentration en chlorures, on a :

$$\text{à Bâle } T1 = C1 Q1 \text{ et à Mainz } T2 = C2 Q2$$

si on admet pour simplifier que Q est constant, on trouve :

$$C2 / C1 = T2 / T1 \text{ tandis que } C2 - C1 = (T2 - T1) / Q$$

5. Conclusions générales

Les chlorures constituent une des causes de déclassement de la qualité des eaux souterraines dans l'ensemble du Fossé rhénan supérieur. Cependant cette thématique est perçue comme un enjeu seulement dans la partie Sud du Fossé, du fait de l'importance des séquelles laissées par l'industrie extractive de la potasse en Alsace et au Pays de Bade : terrils salés, langues de pollution saline dans les eaux souterraines, saumures profondes.

La problématique est très bien documentée en Alsace en raison d'un important programme de dépollution mené par les Mines de potasse d'Alsace, visant à éliminer ou neutraliser les principales sources de pollution saline. Il est donc possible de trouver de nombreux indicateurs tant de l'état de la nappe que des pressions et des programmes de réponse.

Il existe moins de données au Pays de Bade où la neutralisation des terrils est encore à l'état de projet en 2003. La palette d'indicateurs transfrontaliers s'en trouve un peu réduite.

Les indicateurs examinés dans la présente étude ont fait l'objet de plusieurs présentations à la réunion du Comité de pilotage transfrontalier du projet Interreg III "Indicateurs", notamment les 23 février et 21 octobre 2005. Les fiches techniques bilingues données en annexe ont été remises aux experts.

Le Comité de pilotage a décidé d'établir des indicateurs seulement pour la partie sud du Fossé (Alsace et Pays de Bade), où cette problématique est d'actualité. Les indicateurs suivants ont été retenus parmi ceux proposés dans l'étude en raison de leur pertinence et de leur applicabilité :

Indicateurs d'état

- **C1-S** - Surface de nappe avec des concentrations en chlorures dépassant 250 mg/L,
- **C2-S** - Centile 90 des concentrations en chlorures.

Indicateurs de pression

- **C3-P** - Pourcentage du tonnage de sel restant sur les terrils non étanchés,
- **C4-R** - Densité du réseau de mesure dans les secteurs profonds de l'aquifère affectés par la salure (> 40 m).

Aucun indicateur basé sur la teneur en chlorures du Rhin n'a été adopté par le Comité de pilotage. Malgré son intérêt pour montrer la pression polluante exercée sur le fleuve par les activités humaines dans le Fossé du Rhin supérieur, il n'a pas été jugé pertinent en ce qui concerne les pressions sur la nappe, le niveau des chlorures dans le Rhin ne représentant plus aujourd'hui un risque pour la qualité de la nappe.

Bibliographie

Chabart M., Elsass P. (2004) – Contrôle et surveillance de la salinité dans le bassin potassique et à l'aval (68). Rapport de synthèse des mesures effectuées en 2003. Rapport BRGM RP-53521-FR.

Diehl P. (2003) – Die elsässischen Kali-Minen arbeiten nicht mehr. Auswirkungen auf den Chloridgehalt im Rhein. Jahresbericht LfW 2002.

Regierungspräsidium Freiburg (2002) – INTERREG II. Reconnaissance transfrontalière de l'aquifère profond dans la bande rhénane entre Fessenheim et Breisach.

Région Alsace (2000) – INTERREG II. Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur 1996/97. Propositions communes d'actions contre la pollution de la nappe rhénane. Rapport Région Alsace.

Wirsing G. (1997) – Sachstandsbericht zur Grundwasserversalzung in der Oberrheinebene südlich des Kaiserstuhls. Aktenzeichen 0886.01/96-4763.

Annexe : Fiches sur les indicateurs

Indicateur / Indikator C1-S
Surface de nappe avec des concentrations en chlorures
dépassant 250 mg/L
Fläche mit Chloridkonzentrationen im Grundwasser über 250
mg/L

- | | |
|---|--|
| <p>1) Nom de l'indicateur :
<i>Court</i> : Dépassement de 250 mg/L en chlorures
<i>Long</i> : Surface de nappe avec des concentrations en chlorures dépassant 250 mg/L dans le Sud du Fossé rhénan</p> | <p>Name des Indikators:
<i>Kurztitel</i>: Chloridkonzentrationen über 250 mg/L
<i>Langtitel</i>: Fläche mit Chloridkonzentrationen im Grundwasser über 250 mg/L im südlichen Oberrheingraben</p> |
| <p>2) Thème :
Pollution des eaux souterraines par les chlorures dans le Fossé rhénan supérieur - Suivi de l'état qualitatif</p> | <p>Thema:
Grundwasserbelastung durch Chlorid im Oberrheingraben – Monitoring der Qualität</p> |
| <p>3) Zone concernée :
Sud du Fossé rhénan supérieur (Alsace, Bade jusqu'à Karlsruhe), emprise de la nappe rhénane.
Tranche superficielle de l'aquifère (< 50 m de profondeur).</p> | <p>Betroffene Fläche:
Kiesgrundwasserleiter im südlichen Oberrheingraben (Elsass, Baden bis Karlsruhe). Oberflächennaher Abschnitt (bis in 50 m Tiefe)</p> |
| <p>4) Type d'indicateur : Etat</p> | <p>Indikatorart : Zustandsindikator</p> |
| <p>5) Définition :
Surface mesurée sur la cartographie surfacique des chlorures d'après les inventaires transfrontaliers, actualisation tous les 5-6 ans.</p> | <p>Definition :
Auf Grundlage von Isokonzenkarten für Chlorid abgegrenzte Fläche.
Datenbasis: grenzüberschreitende Bestandsaufnahmen, Aktualisierung alle 5-6 Jahre.</p> |
| <p>Unité : km²</p> | <p>Einheit : km²</p> |
| <p>6) Interprétation :
La pollution par les chlorures est une problématique qui affecte principalement la partie Sud du Fossé rhénan supérieur, où elle est due à la pollution historique héritée de l'exploitation des gisements de potasse en Alsace et au Pays de Bade. Il existe cependant d'autres sources de pollution géologiques et anthropiques (industrie, salage des routes, engrais) affectant l'ensemble du Fossé rhénan.</p> | <p>Erläuterung :
Die Belastung des Grundwassers durch Chlorid betrifft hauptsächlich den Kiesaquifer im südlichen Teil des Oberrheingrabens. Sie geht auf Altlasten des Kalibergbaus im Elsass und in Baden zurück. Es gibt jedoch auch andere geogene und anthropogene Belastungsquellen (wie z.B. Industrie, die Anwendung von Auftausalz oder Kunstdünger) die im ganzen Oberrheingraben vorhanden sind.</p> |

- 7) Limites d'interprétation :**
Cet indicateur est sensible aux pollutions étendues qui sont le problème principal, et non aux pollutions diffuses ou aux pollutions plus ponctuelles non cartographiables. Il est entaché d'une incertitude liée au tracé manuel des isocontours à dire d'expert : deux hydrogéologues ne traceront pas exactement la même carte.
- Einschränkungen der Interpretation :**
Dieser Indikator zeigt insbesondere die flächenhaften punktuellen Belastungen im südlichen Oberrheingraben auf, die die Hauptproblematik darstellen (Elsass, Baden). Kleinere punktuelle oder diffuse Belastungen werden nicht abgebildet. Es gibt eine Unsicherheit, da die Isolinien manuell aus Expertenaussagen gezeichnet werden: zwei Hydrogeologen werden nicht genau dieselbe Karte abgeben.
- 8) Données :**
L'indicateur se base sur le réseau de mesure des inventaires transfrontaliers de la Région Alsace réalisés à une fréquence de 5-6 ans. En utilisant ces données ponctuelles la pollution surfacique en chlorures de l'aquifère est interpolée (→ cartographie surfacique).
- Datengrundlage:**
Die Datengrundlage für den Indikator ist das Messnetz der grenzüberschreitenden Bestandsaufnahmen der Région Alsace. Anhand dieser in Abständen von 5 bis 6 Jahren erhobenen Punktdaten wird die flächenhafte Belastung des Grundwasserleiters mit Chloriden interpoliert (→ Isokonzenkarte).
- Données potentielles:
La surface peut être actualisée chaque année en se basant sur l'évolution de la cartographie réalisée annuellement par le BRGM pour l'Agence de l'eau Rhin-Meuse.
- Potentielle Daten:
Im Elsass kann diese Fläche jährlich aktualisiert werden. Hierzu kann die Isolinienkartierung vom elsässischen Kalibecken, die von BRGM für die Agence de l'eau Rhin-Meuse jährlich fortgeschrieben wird herangezogen werden.
- 9) Objectifs recherchés :**
- disparition des concentrations en chlorures supérieures à la norme européenne pour l'eau potable (250 mg/L).
- Zielsetzung:**
- Rückführung der Flächen mit Chloridkonzentrationen über dem Grenzwert der europäischen Trinkwasserverordnung(250 mg/L)
- 10) Année de référence : 2003**
- Referenzjahr: 2003**
- 11) Gestion et archivage des données :**
♦ Alsace : APRONA, (BRGM, MDPA)
♦ (Bade-Wurtemberg : Landesanstalt für Umweltschutz (LUBW), Regierungspräsidium Freiburg)
- Verwaltung und Archivierung der Daten :**
♦ Elsass : APRONA, (BRGM, MDPA)
♦ (Baden-Württemberg : Landesanstalt für Umweltschutz (LUBW), Regierungspräsidium Freiburg)

12) Références bibliographiques, sites web / Literatur, Internetadressen :

- Région Alsace (2000) – Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur 1996/1997 / Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben 1996/1997
- Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux Ill-Nappe-Rhin (2003)
- LfU (2004) – Grundwasser - Überwachungsprogramm , Ergebnisse der Beprobung 2003
- Daesslé M. (1997) - Contrôle et surveillance de la salinité de la nappe phréatique d'Alsace. Rapport de synthèse des mesures effectuées en 1996. Rapport BRGM R 39417.
- Daesslé M. (1998) - Contrôle et surveillance de la salinité de la nappe phréatique d'Alsace. Rapport de synthèse des mesures effectuées en 1997. Rapport BRGM R 40037.
- Chabart M. et Elsass P. (2004) - 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 2003. Rapport BRGM RP-53521-FR.
- Regierungspräsidium Freiburg (2002) – Interreg II. Grenzüberschreitende Erkundung des tiefen rheinnahen Grundwasserleiters zwischen Fessenheim und Breisach. Endbericht. Reconnaissance transfrontalière de l'aquifère profond dans la bande rhénane entre Fessenheim et Breisach.

13) Résultats / Ergebnisse :

Alsace	Elsass
Surface 1996 > 90 km ²	Fläche 1996: > 90 km ²
Surface 2003 : 60 km ²	Fläche 2003: 60 km ²
Bade	Baden
Surface 1996 5,5 km ² < 10 km ²	Fläche 1996 5,5 km ² < 10 km ²
Surface 2003 4,6 km ² < 10 km ²	Fläche 2003 4,6 km ² < 10 km ²

Comparaison bassin potassique-inventaire / Vergleich Kalibecken vs. Bestandsaufnahme

1996 Surface supérieure à 200 mg/L de chlorures :	1996 Fläche über 200 mg/L Chlorid:
Inventaire 1996/97 : 86 km ² (Alsace)	Bestandsaufnahme 1996/97: 86 km ² (Elsass)
Bassin potassique : 99 km ²	Nur Kalibecken: 99 km ²
Note : Les deux cartographies n'étaient pas harmonisées à l'époque, la surface de l'inventaire aurait dû être plus grande.	NB: Die zwei Kartierungen wurden damals nicht aufeinander abgestimmt, die Fläche der Bestandsaufnahme hätte größer sollen sein .

2003 Surface supérieure à 250 mg/L de chlorures	2003 Fläche über 250 mg/L Chlorid
Inventaire 2002/2003 : 60 km ² (Alsace)	Bestandsaufnahme 2002/2003: 60 km ² (Elsass)
Bassin potassique 2003 : 57 km ²	Nur Kalibecken 2003: 57 km ²
Note : Les deux cartographies sont harmonisées à 1 km ² près.	NB: Die zwei Kartierungen wurden aufeinander abgestimmt (Unterschied 1 km ²).

Indicateur / Indikator C1.2

Pourcentage de points dépassant la CMA pour les chlorures
Prozentsatz von Messpunkten über dem Trinkwassergrenzwert für Chlorid

- | | |
|--|---|
| <p>1) Nom de l'indicateur :
 <i>Court :</i> Pourcentage de points dépassant la CMA pour les chlorures
 <i>Long :</i> Pourcentage de points de mesure dépassant la CMA pour les chlorures (250 mg/L) dans la nappe des alluvions du Fossé rhénan supérieur</p> | <p>Name des Indikators :
 <i>Kurztitel:</i> Prozentsatz von Messpunkten mit Chloridkonzentrationen über dem Trinkwassergrenzwert
 <i>Langtitel:</i> Prozentsatz von Messpunkten im Lockergesteinsgrundwasserleiter des Oberrheingrabens mit Chloridkonzentrationen über dem Trinkwassergrenzwert (250 mg/L)</p> |
| <p>2) Thème :
 Pollution des eaux souterraines par les chlorures dans le Fossé rhénan supérieur - Suivi de l'état qualitatif</p> | <p>Thema :
 Grundwasserbelastung durch Chlorid im Oberrheingraben – Monitoring der Qualität</p> |
| <p>3) Zone concernée :
 Fossé rhénan supérieur, emprise de la nappe rhénane, Alsace et Pays de Bade seulement.
 Tranche superficielle de l'aquifère (< 50 m de profondeur).
 On distingue des indicateurs pour les deux régions.</p> | <p>Betroffene Fläche:
 Kiesgrundwasserleiter im Oberrheingraben (nur Elsass und Baden). Oberflächennaher Abschnitt (bis in 50 m Tiefe)
 Es werden getrennte Indikatoren für beide Gebiete unterschieden.</p> |
| <p>4) Type d'indicateur : Etat</p> | <p>Indikatorart : Zustandsindikator</p> |
| <p>5) Définition :
 Pourcentage du nombre de points de mesures d'un inventaire transfrontalier du Fossé rhénan supérieur dépassant la CMA pour les chlorures (Alsace et Pays de Bade).</p> <p>Unité : sans</p> | <p>Definition :
 Prozentualer Anteil von Messpunkten einer grenzüberschreitenden Bestandsaufnahme an denen der Trinkwassergrenzwert für Chlorid überschritten wird (Elsass und Baden).</p> <p>Einheit : ohne</p> |
| <p>6) Interprétation :
 La pollution par les chlorures est une problématique qui affecte principalement la partie Sud du Fossé rhénan supérieur, où elle est due à la pollution historique héritée de l'exploitation des gisements de potasse en Alsace et au Pays de Bade. Il existe cependant d'autres sources de pollution géologiques et anthropiques (industrie, salage des routes, engrais) affectant l'ensemble du Fossé rhénan.</p> | <p>Erläuterung :
 Die Belastung des Grundwassers durch Chlorid betrifft hauptsächlich den Kiesaquifer im südlichen Teil des Oberrheingrabens. Sie geht auf Altlasten des Kalibergbaus im Elsass und in Baden zurück. Es gibt jedoch auch andere geogene und anthropogene Belastungsquellen (wie z.B. Industrie, die Anwendung von Auftausalz oder Kunstdünger) die im ganzen Oberrheingraben vorhanden sind.</p> |
| <p>7) Limites d'interprétation :
 Cet indicateur représente tous les types de pollutions (industrielles, terrils de potasse, déneigement), mais est disponible seulement à l'occasion des inventaires</p> | <p>Einschränkungen der Interpretation :
 Dieser Indikator reagiert an allen Arten von Belastungstypen (Industrie, Kalihalden, Streusalz), ist aber nur bei den Bestandsaufnahmen alle 5-6 Jahre verfügbar.</p> |

transfrontaliers tous les 5-6 ans. Il est très sensible à la pérennité du réseau de points de mesure : l'abandon de points contaminés entraînerait une amélioration artificielle de la valeur de l'indicateur.

Er hängt sehr von der Beständigkeit des Messnetzes ab: sollten belastete Messpunkte aufgegeben werden, würde der Wert des Indikators sich künstlich verbessern.

8) Règles de calcul :

Rapport entre le nombre de points de mesure d'un inventaire donné présentant une concentration supérieure à la CMA de 250 mg/L en chlorures et le nombre total de points de mesure.

Berechnungsregeln:

Verhältnis zwischen der Anzahl von Messpunkten einer Bestandsaufnahme, an denen die Chloridkonzentrationen über dem Trinkwassergrenzwert von 250 mg/L liegen, und der Gesamtmenge der untersuchten Messpunkten.

9) Objectifs recherchés :

- disparition des concentrations supérieures à la norme européenne pour l'eau potable (250 mg/L) ;
- disparition des concentrations supérieures à l'ancienne norme française (200 mg/L).

Zielsetzung:

- Rückführung der Flächen mit Chloridkonzentrationen über dem Grenzwert der europäischen Trinkwasserverordnung (250 mg/L)
- Rückführung der Flächen mit Chloridkonzentrationen über dem ehemaligen französischen Trinkwassergrenzwert (200 mg/L).

10) Année de référence :

A valider 1997

Referenzjahr:

Zur Validierung 1997

11) Données nécessaires :

Inventaire transfrontalier (Région Alsace)

Erforderliche Daten :

Grenzüberschreitende Bestandsaufnahme (Région Alsace)

12) Périodicité de calcul de l'indicateur :

Tous les 5-6 ans suivant les inventaires transfrontaliers

Periodizität zur Berechnung des Indikators:

Alle 5 bis 6 Jahre nach den grenzüberschreitenden Bestandsaufnahmen

13) Gestion et archivage des données :

♦ Alsace : APRONA
♦ Bade-Wurtemberg : Landesanstalt für Umweltschutz (LUBW)

Verwaltung und Archivierung der Daten :

♦ Elsass : APRONA
♦ Baden-Württemberg : Landesanstalt für Umweltschutz (LUBW)

14) Points forts, points faibles

Vorteile und Schwachpunkte des Indikators:

Appréciation / Einschätzung: 😊 😐 😞

	Alsace	Baden-Württemberg
Pertinence de l'indicateur <i>Treffericherheit des Indikators</i>	😊	😊
Importance <i>Wichtigkeit</i>	😊	😊
Facilité de la mise en œuvre <i>Umsetzbarkeit</i>	😊	😊

Pérennité	☹	☺
<i>Beständigkeit (zeitlich)</i>		
Fréquence de mise à jour	☹	☹
<i>Aktualisierungsfrequenz</i>		

15) Références bibliographiques, sites web / Literatur, Internetadressen :

- Région Alsace (2000) – Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur 1996/1997 / Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben 1996/1997
- Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux Ill-Nappe-Rhin (2003)
- LfU (2004) – Grundwasser - Überwachungsprogramm, Ergebnisse der Beprobung 2003

16) Résultats / Ergebnisse

Résultats pour l'Alsace

Ergebnisse für das Elsass

Inventaire Alsace Bestandsaufnahme Elsass	2003	1997	1991	1983
Nombre de valeurs <i>Anzahl Messpunkte</i>	734	721	670	356
Moyenne / <i>Mittelwert</i> [mg/L]	216	175	295	595
Médiane / <i>Median</i> [mg/L]	42	45	46	44
Ecart-type <i>Standardabweichung</i> [mg/L]	1416	1221	2574	4133
Coefficient de variation <i>Variationskoeffizient</i>	7	7	9	7
Nombre de points > 250 mg/L <i>Anzahl Messpunkte > 250 mg/L</i>	23	23	29	21
Pourcentage de points supérieurs à 250 mg/L <i>Prozentsatz Messpunkten</i> <i>größer 250 mg/L</i>	3.13%	3.19%	4.33%	5.90%

Résultats pour le Pays de Bade

Ergebnisse für Baden

Année / Jahrgang	2002/2003	1996/1997	1991/1992
Nombre de valeurs / <i>Anzahl Messpunkte</i>	534	328	283
Moyenne / <i>Mittelwert</i> [mg/L]	39	37	41
Médiane / <i>Median</i> [mg/L]	32	28	32
Ecart-type <i>Standardabweichung</i> [mg/L]	40	40	36
Coefficient de variation <i>Variationskoeffizient</i>	1	1	1
Nombre de points > 250 mg/L <i>Anzahl Messpunkte > 250 mg/L</i>	3	4	1
Pourcentage de points > 250 mg/L <i>Prozentsatz Messpunkten > 250 mg/L</i>	0.6%	1.2%	0.4%
Centile 75 <i>Perzentil 75</i>	48	43	46
Centile 90 <i>Perzentil 90</i>	68	62	72

<p>Indicateur / Indikator C2-S Centile 90 des concentrations en chlorures 90-Perzentil der Chloridkonzentrationen der Messpunkte</p>

- | | |
|--|---|
| <p>1) Nom de l'indicateur :
 Court : Centile 90 des concentrations en chlorures
 Long : Centile 90 des concentrations en chlorures</p> | <p>Name des Indikators:
 Kurztitel: 90-Perzentil der Chloridkonzentrationen
 Langtitel: 90-Perzentil der Chloridkonzentrationen der Messpunkte</p> |
| <p>2) Thème :
 Pollution des eaux souterraines par les chlorures dans le Fossé rhénan supérieur - Suivi de l'état qualitatif</p> | <p>Thema:
 Grundwasserbelastung durch Chlorid im Oberrheingraben – Monitoring der Qualität</p> |
| <p>3) Zone concernée :
 Fossé rhénan supérieur, emprise de la nappe rhénane.
 Tranche superficielle de l'aquifère (< 50 m de profondeur).</p> | <p>Betroffene Fläche:
 Kiesgrundwasserleiter im südlichen Oberrheingraben (Elsass, Baden bis Karlsruhe). Oberflächennaher Abschnitt (bis in 50 m Tiefe).</p> |
| <p>4) Type d'indicateur : Etat</p> | <p>Indikatorart : Zustandsindikator</p> |
| <p>5) Définition :
 Centile 90 des concentrations en chlorures des inventaires transfrontaliers (en mg/L) dans le Fossé rhénan.</p> | <p>Definition :
 90-Perzentil der Chloridkonzentrationen (mg/L) der grenzüberschreitenden Bestandsaufnahmen im Oberrheingraben.</p> |
| <p>Unité : mg/L</p> | <p>Einheit : mg/L</p> |
| <p>6) Interprétation :
 La pollution par les chlorures est une problématique qui affecte principalement la partie Sud du Fossé rhénan supérieur, où elle est due à la pollution historique héritée de l'exploitation des gisements de potasse en Alsace et au Pays de Bade. Il existe cependant d'autres sources de pollution géologiques et anthropiques (industrie, salage des routes, engrais) affectant l'ensemble du Fossé rhénan.</p> | <p>Erläuterung :
 Die Belastung des Grundwassers durch Chlorid betrifft hauptsächlich den Kiesaquifer im südlichen Teil des Oberrheingrabens. Sie geht auf Altlasten des Kalibergbaus im Elsass und in Baden zurück. Es gibt jedoch auch andere geogene und anthropogene Belastungsquellen (wie z.B. Industrie, die Anwendung von Auftausalz oder Kunstdünger) die im ganzen Oberrheingraben vorhanden sind.</p> |
| <p>7) Limites d'interprétation :
 Cet indicateur est sensible à tous types de pollutions (industrielles, terrils de potasse, déneigement).</p> | <p>Einschränkungen der Interpretation :
 Dieser Indikator reagiert auf alle Arten von Belastungstypen (Industrie, Kalihalden, Streusalz).</p> |

- | | |
|--|--|
| <p>8) Règles de calcul :
Valeur de la concentration en chlorures supérieure à 90% des données.</p> | <p>Berechnungsregeln:
Der Wert der Chloridkonzentration die größer als 90% der Daten ist.</p> |
| <p>9) Objectifs recherchés :
- disparition des concentrations supérieures à la norme européenne pour l'eau potable (250 mg/L).</p> | <p>Zielsetzung:
- Rückführung der Flächen mit Chloridkonzentrationen über dem Grenzwert der europäischen Trinkwasserverordnung (250 mg/L)</p> |
| <p>10) Année de référence :
2003</p> | <p>Referenzjahr:
2003</p> |
| <p>11) Données :
Inventaire transfrontalier (Région Alsace)</p> | <p>Datengrundlage :
Grenzüberschreitende Bestandsaufnahme (Région Alsace)</p> |
| <p>12) Périodicité de calcul de l'indicateur :
Tous les 5-6 ans suivant les inventaires transfrontaliers</p> | <p>Periodizität zur Berechnung des Indikators:
Alle 5 bis 6 Jahre nach den grenzüberschreitenden Bestandsaufnahmen</p> |
| <p>13) Gestion et archivage des données :
♦ Alsace : APRONA,
♦ Bade-Wurtemberg : Landesanstalt für Umweltschutz (LUBW)</p> | <p>Verwaltung und Archivierung der Daten :
♦ Elsass : APRONA
♦ Baden-Württemberg : Landesanstalt für Umweltschutz (LUBW)</p> |
| <p>14) Références bibliographiques, sites web / Literatur, Internetadressen :
- Région Alsace (2000) – Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur 1996/1997 / Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben 1996/1997
- Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux III-Nappe-Rhin (2003)
- LfU (2004) – Grundwasser - Überwachungsprogramm, Ergebnisse der Beprobung 2003</p> | |

15) Résultats / Ergebnisse :

Alsace	Elsass
Centile 90 en 1997 > 116 mg/L	90-Perzentil 1997 > 116 mg/L
Centile 90 en 2003 : 110 mg/L ²	90-Perzentil 2003 : 110 mg/L ²
Bade	Baden
Centile 90 en 1997 > 62 mg/L	90-Perzentil 1997 > 62 mg/L
Centile 90 en 2003 : 68 mg/L	90-Perzentil 2003 : 68 mg/L

Résultats Alsace

Ergebnisse für das Elsass

<i>Inventaire</i>	2003	1997	1991	1983
<i>Nombre de valeurs</i>	734	721	670	356
<i>Moyenne</i>	216	175	295	595
<i>Médiane</i>	42	45	46	44
<i>Ecart-type</i>	1416	1221	2574	4133
<i>Coefficient de variation</i>	7	7	9	7
<i>Intervalle de confiance à 95%</i>	105	91	199	438
<i>Nombre de points sup 250mg/l</i>	23	23	29	21
<i>Pourcentage de points supérieurs à 250 mg/L</i>	3%	3%	4%	6%
<i>Centile 75</i>	65	72	79	78
<i>Centile 90</i>	111	116	140	169

Paramètres statistiques des chlorures des inventaires en Alsace
Statistische Parameter der Bestandsaufnahmen für das Elsass

Résultats Bade

Ergebnisse für Baden

<i>Année</i>			
<i>Jahrgang</i>	2002/2003	1996/1997	1991/1992
<i>Nombre de valeurs</i>			
<i>Anzahl Messpunkte</i>	534	328	283
<i>Moyenne</i>			
<i>Mittelwert [mg/L]</i>	39	37	41
<i>Médiane</i>			
<i>Median [mg/L]</i>	32	28	32
<i>Ecart-type</i>			
<i>Standardabweichung [mg/L]</i>	40	40	36
<i>Coefficient de variation</i>			
<i>Variationskoeffizient</i>	1	1	1
<i>Nombre de points > 250 mg/L</i>			
<i>Anzahl Messpunkte > 250 mg/L</i>	3	4	1
<i>Pourcentage de points > 250 mg/L</i>			
<i>Prozentsatz Messpunkten > 250 mg/L</i>	0.6%	1.2%	0.4%
<i>Centile 75</i>			
<i>Perzentil 75</i>	48	43	46
<i>Centile 90</i>			
<i>Perzentil 90</i>	68	62	72

Indicateur / Indikator C3-P
Pourcentage du tonnage de sel restant sur les terrils non étanchés

Prozentualer Anteil der Restsalzmenge auf nicht abgedeckten Kalihalden

1) Nom de l'indicateur : <i>Court</i> : Sel restant sur les terrils non étanchés <i>Long</i> : Pourcentage du tonnage de sel restant sur les terrils non étanchés	Name des Indikators: <i>Kurztitel:</i> Restsalzmenge auf nicht abgedeckten Kalihalden <i>Langtitel:</i> Prozentualer Anteil der Restsalzmenge auf nicht abgedeckten Kalihalden
2) Thème : Pollution des eaux souterraines par les chlorures dans le Fossé rhénan supérieur – Sources de pollution de l'industrie de la potasse	Thema : Grundwasserbelastung durch Chlorid im Oberrheingraben – Belastungsquellen der Kaliindustrie
3) Principe d'action concerné : Supprimer ou neutraliser les sources de pollution de l'industrie de la potasse	Zutreffendes Handlungsprinzip: Die Belastungsquellen der Kaliindustrie beseitigen oder neutralisieren
4) Zone renseignée : Sud du Fossé rhénan supérieur (Alsace, Bade jusqu'à Karlsruhe), emprise de la nappe rhénane.	Betroffene Fläche: Kiesgrundwasserleiter im südlichen Oberrheingraben (Elsass, Baden bis Karlsruhe).
5) Type d'indicateur : Pression	Indikatorart : Belastung
6) Définition : Tonnage de NaCl restant sur les terrils, exprimé en % du total déposé à l'origine.	Definition : Restliche Menge von NaCl auf den Kalihalden, in Prozentsatz der ursprünglich abgelagerten Menge
7) Unité : %	Einheit : %
8) Interprétation : Les terrils salés de l'industrie de la potasse représentent la plus importante source de pollutions ponctuelles dans le Sud du Fossé rhénan. Même lorsqu'ils sont étanchés et végétalisés, ils continuent d'avoir un certain impact sur la qualité des eaux souterraines en raison des infiltrations d'eaux de pluie.	Erläuterung : Die salzhaltigen Halden der Kaliindustrie stellen die größte Belastungsquelle im südlichen Oberrheingraben dar. Auch wenn sie bedeckt und begrünt sind, gibt es eine restliche Belastung des Grundwassers durch Einsickerung.

<p>9) Limites d'interprétation</p> <p>Les tonnages sont des estimations.</p> <p>Lorsque les terrils sont abandonnés sans traitement, le tonnage de sel présent diminue (lentement) avec la dissolution par les eaux de pluie.</p>	<p>Einschränkungen der Interpretation :</p> <p>Die Salzmengen sind Schätzungen.</p> <p>Auch wenn die Halden nicht saniert werden, verringert sich der Salzgehalt (zwar langsam) wegen der Auflösung durch Regenwasser.</p>
<p>10) Règles de calcul :</p> <p>Le tonnage présent sur les terrils est estimé à partir de l'historique des terrils, de la pluie efficace et des travaux de réhabilitation réalisés. Le sel des terrils étanchés n'est plus compté pour l'indicateur.</p>	<p>Berechnungsregeln:</p> <p>Die Salzmenge wird geschätzt aus der Geschichte der Halden, der Grundwasserneubildung, und der ausgeführten Sanierungsarbeiten. Abgedeckte Halden werden nicht in den Indikator einbezogen.</p>
<p>11) Objectif recherché :</p> <p>L'objectif final est de traiter tous les terrils soit par dissolution soit par étanchement. L'indicateur doit donc tendre vers 0.</p>	<p>Zielstellung:</p> <p>Das Endziel ist alle Halden zu sanieren, sei es durch Auflösung oder Bedeckung. Der Indikator soll also auf Null zurückgehen.</p>
<p>12) Année de référence : Début des dépôts</p>	<p>Referenzjahr : Beginn der Ablagerungen</p>
<p>13) Données :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Alsace : bilans annuels des MDPA/BRGM ♦ Bade-Wurtemberg : Evaluations par le LGRB/Regierungspräsidium Freiburg 	<p>Datengrundlage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Alsace : jährliche Angaben der Kaliminen MDPA/BRGM ♦ Bade-Wurtemberg : Schätzungen vom LGRB/Regierungspräsidium Freiburg
<p>14) Périodicité de calcul de l'indicateur :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Alsace : annuelle ♦ Bade-Wurtemberg : pas de mise à jour régulière 	<p>Zeitschritt zur Berechnung des Indikators:</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Elsass : jährlich ♦ Baden-Württemberg : keine regelmäßige Aktualisierung
<p>15) Gestion et archivage des données :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Alsace : MDPA, BRGM ♦ Bade-Wurtemberg : LGRB/Regierungspräsidium Freiburg 	<p>Verwaltung und Archivierung der Daten :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Elsass : MDPA, BRGM ♦ Baden-Württemberg : LGRB/Regierungspräsidium Freiburg

16) Références bibliographiques, sites web / Literatur, Internetadressen:

- Chabart M. et Elsass P. (2004) - 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 2003. Rapport BRGM RP-53521-FR.

- Regierungspräsidium Freiburg (2002) – Interreg II. Grenzüberschreitende Erkundung des tiefen rheinnahen Grundwasserleiters zwischen Fessenheim und Breisach. Endbericht. Reconnaissance transfrontalière de l'aquifère profond dans la bande rhénane entre Fessenheim et Breisach.

17) Résultats :

Ergebnisse :

Alsace		Elsass	
1997	37%	1997:	37%
2003 :	17%	2003:	17%
Bade		Baden	
2003	83%	2003	83%

Non retenu

Indicateur / Indikator C2.2
C2.2 Nombre d'analyses de chlorures par an
Anzahl von Chloridanalysen pro Jahr

Abgelehnt

1) Nom de l'indicateur : <i>Court</i> : Nombre d'analyses de chlorures par an <i>Long</i> : Nombre d'analyses de chlorures ou de logs de résistivité faits par an.	Name des Indikators: <i>Kurztitel</i> : Anzahl von Chloridanalysen pro Jahr <i>Langtitel</i> : Anzahl von Chloridanalysen bzw. Leitfähigkeitslogs pro Jahr.
2) Thème : Pollution des eaux souterraines par les chlorures dans le Fossé rhénan supérieur	Thema : Grundwasserbelastung durch Chlorid im Oberrheingraben
3) Principe d'action concerné : Suivi de la qualité de la nappe en surface et profondeur	Zutreffendes Handlungsprinzip: Monitoring der Qualität in den oberflächigen und tieferen Stockwerken
4) Zone renseignée : Ensemble du Fossé rhénan supérieur	Betroffene Fläche: Kiesgrundwasserleiter im ganzen Oberrheingraben.
5) Type d'indicateur : Réponse	Indikatorart : Response
6) Définition : Nombre d'analyses de chlorures ou de diagraphies réalisées par an pour la surveillance des chlorures (en dehors des analyses de routine AEP). Variante possible : nombre d'ouvrages échantillonnés.	Definition : Anzahl der Chloridanalysen oder Bohrlochlogs die für Chlorid-Monitoring im Jahr gemacht werden (Routine- Trinkwasseruntersuchungen ausgeschlossen). Mögliche Variante: Anzahl der beprobten Messstellen.
7) Unité : sans	Einheit : ohne
8) Interprétation : Le nombre d'analyses reflète les efforts réalisés pour le suivi de la qualité des eaux souterraines dans cette thématique.	Erläuterung : Der Anzahl von Chloridanalysen spiegelt die Monitoring-Anstrengungen auf diesem Thema wieder.
9) Limites d'interprétation Certains ouvrages sont suivis mensuellement, ce qui augmente le nombre	Einschränkungen der Interpretation : Einige Messstellen werden monatlich

d'analyses par rapport au nombre d'ouvrages suivis.	beprobt, es ergibt sich also mehr Analysen als beprobten Messstellen.
10) Règles de calcul : L'indicateur est obtenu par décompte du nombre d'analyses stockées en base de données.	Berechnungsregeln: Der Indikator ergibt sich aus der Zahl von gespeicherten Chloridanalysen.
11) Objectif recherché : à définir L'objectif devra être défini à partir du nombre d'analyses effectuées en routine quel que soit le niveau de pollution.	Zielstellung: zu bestimmen Das Ziel soll nach der Zahl von Analysen, die sowieso routinemäßig gemacht werden, bestimmt werden.
12) Année de référence : à définir	Referenzjahr : zu bestimmen
13) Données nécessaires : Décomptes à réaliser par les gestionnaires des banques de données	Erforderliche Daten : Die Zählung soll von den Datenbankverwaltern ausgeführt werden.
14) Périodicité de calcul de l'indicateur : Annuelle	Zeitschritt zur Berechnung des Indikators: jährlich
15) Gestion et archivage des données : Les données restent stockées dans les banques de données d'origine : APRONA, BRGM LUBW, LGRB	Verwaltung und Archivierung der Daten : Die Daten bleiben in den originalen Datenbanken: APRONA, BRGM LUBW

16) Points forts, points faibles de l'indicateur Vorteile und Schwachpunkte des Indikators

Appréciation / Einschätzung: 😊 😐 😞

	Alsace	Baden- Württemberg	Rheinland- Pfalz und Hessen	K. BS und BL
Pertinence de l'indicateur <i>Treffsicherheit des Indikators</i>	😊	😊	😊	😊
Importance <i>Wichtigkeit</i>	😊	😊	😞	😞
Facilité de la mise en œuvre <i>Umsetzbarkeit</i>	😊	😊	😊	😊
Pérennité <i>Beständigkeit (zeitlich)</i>	😊	😊	😊	😊
Fréquence de mise à jour <i>Aktualisierungsfrequenz</i>	😊	😊	😊	😊

17) Références bibliographiques, sites web / Literatur, Internetadressen:

Aucun/ keine

<p>Indicateur / Indikator C2.2b Nombre de points de mesure des chlorures Anzahl von Chlorid-Messstellen</p>
--

<p>1) Nom de l'indicateur : <i>Court</i> : Nombre de points de mesure des chlorures <i>Long</i> : Nombre de points de mesure des chlorures dans les secteurs > 250 mg/L</p>	<p>Name des Indikators: <i>Kurztitel:</i> Anzahl von Chloridmessstellen <i>Langtitel:</i> Anzahl von Chloridmessstellen in Gebieten > 250 mg/L</p>
<p>2) Thème : Pollution des eaux souterraines par les chlorures dans le Fossé rhénan supérieur</p>	<p>Thema : Grundwasserbelastung durch Chlorid im Oberrheingraben</p>
<p>3) Principe d'action concerné : Suivi de la qualité de la nappe en surface et profondeur</p>	<p>Zutreffendes Handlungsprinzip: Monitoring der Qualität in den oberflächigen und tieferen Stockwerken</p>
<p>4) Zone renseignée : Secteurs du Fossé rhénan supérieur affectés par des pollutions salines (Alsace et Bade).</p>	<p>Betroffene Fläche: Chloridbelastete Gebiete des Oberrheingrabens (Elsass und Baden).</p>
<p>5) Type d'indicateur : Réponse</p>	<p>Indikatorart : Response</p>
<p>6) Définition : Densité de points de mesure des chlorures dans les secteurs > 250 mg/L en Alsace et Bade.</p>	<p>Definition : Dichte der Chloridmessstellen in Gebieten > 250 mg/L im Elsass und Baden.</p>
<p>7) Unité : km⁻²</p>	<p>Einheit : km⁻²</p>
<p>8) Interprétation : Le nombre de points de mesure reflète les efforts réalisés pour le suivi de la qualité des eaux souterraines dans cette thématique.</p>	<p>Erläuterung : Der Anzahl der Messstellen spiegelt die Monitoringaufwand zu diesem Thema wieder.</p>

9) Limites d'interprétation Fortes variations conjoncturelles possibles, par exemple à l'occasion d'inventaires.	Einschränkungen der Interpretation : Ungenau weil große Variationen bei punktuellen Untersuchungen möglich sind (Bestandsaufnahmen)																		
10) Règles de calcul : L'indicateur est obtenu par le ratio du nombre d'ouvrages analysés annuellement pour les chlorures divisé par la surface concernée (densité).	Berechnungsregeln: Der Indikator ergibt sich aus dem Quotienten von Anzahl von jährlich für Chlorid beprobten Messstellen durch die betroffene Fläche.																		
11) Objectif recherché : 1.0 pts/ km ²	Ziel: 1,0 GWM/ km ²																		
12) Année de référence : 2003	Referenzjahr : 2003																		
13) Données nécessaires : Décomptes à réaliser par les gestionnaires des banques de données	Erforderliche Daten : Die Zählung soll von den Datenbankverwaltern ausgeführt werden.																		
14) Périodicité de calcul de l'indicateur : Annuelle	Zeitschritt zur Berechnung des Indikators: jährlich																		
15) Gestion et archivage des données : Les données restent stockées dans les banques de données d'origine : APRONA, BRGM, MDPA, LUBW, RPF/LGRB	Verwaltung und Archivierung der Daten : Die Daten bleiben in den originalen Datenbanken: APRONA, BRGM, MDPA, LUBW, RPF/LGRB																		
16) Points forts, points faibles de l'indicateur Appréciation / Einschätzung: 😊 😐 😞 <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Alsace</td> <td style="text-align: center;">Baden-Württemberg</td> </tr> <tr> <td>Pertinence de l'indicateur <i>Treffericherheit des Indikators</i></td> <td style="text-align: center;">😊</td> <td style="text-align: center;">😊</td> </tr> <tr> <td>Importance <i>Wichtigkeit</i></td> <td style="text-align: center;">😊</td> <td style="text-align: center;">😊</td> </tr> <tr> <td>Facilité de la mise en œuvre <i>Umsetzbarkeit</i></td> <td style="text-align: center;">😊</td> <td style="text-align: center;">😊</td> </tr> <tr> <td>Pérennité <i>Beständigkeit (zeitlich)</i></td> <td style="text-align: center;">😊</td> <td style="text-align: center;">😊</td> </tr> <tr> <td>Fréquence de mise à jour <i>Aktualisierungsfrequenz</i></td> <td style="text-align: center;">😊</td> <td style="text-align: center;">😊</td> </tr> </table>		Alsace	Baden-Württemberg	Pertinence de l'indicateur <i>Treffericherheit des Indikators</i>	😊	😊	Importance <i>Wichtigkeit</i>	😊	😊	Facilité de la mise en œuvre <i>Umsetzbarkeit</i>	😊	😊	Pérennité <i>Beständigkeit (zeitlich)</i>	😊	😊	Fréquence de mise à jour <i>Aktualisierungsfrequenz</i>	😊	😊	Vorteile und Schwachpunkte des Indikators
	Alsace	Baden-Württemberg																	
Pertinence de l'indicateur <i>Treffericherheit des Indikators</i>	😊	😊																	
Importance <i>Wichtigkeit</i>	😊	😊																	
Facilité de la mise en œuvre <i>Umsetzbarkeit</i>	😊	😊																	
Pérennité <i>Beständigkeit (zeitlich)</i>	😊	😊																	
Fréquence de mise à jour <i>Aktualisierungsfrequenz</i>	😊	😊																	
17) Références bibliographiques, sites web / Literatur, Internetadressen: Aucun / keine																			

18) Résultats :

Ergebnisse :

Région	<i>Land</i>	Alsace / Elsass
Année	<i>Jahrgang</i>	2003
Surface > 250 mg/L	<i>Fläche > 250 mg/L</i>	56 km ²
Nombre de points superficiels salure	<i>Anzahl von Salzmessstellen</i>	195
Densité réseau salure	<i>Dichte von Salzmessstellen</i>	3,48 points/km ²

Région	<i>Land</i>	Bade / Baden
Année	<i>Jahrgang</i>	2003
Surface > 250 mg/L	<i>Fläche > 250 mg/L</i>	4,6 km ²
Nombre de points superficiels salure	<i>Anzahl von Salzmessstellen</i>	5
Densité réseau salure	<i>Dichte von Salzmessstellen</i>	1,08 GWM/km ²

Indicateur / Indikator C4-R
Densité du réseau de mesure dans les secteurs profonds de l'aquifère affectés par la salure (> 40 m)
Messnetzdichte in den von der Versalzung betroffenen tiefen Bereichen des Grundwasserleiters (> 40 m)

<p>1) Nom de l'indicateur :</p> <p><i>Court</i> : Densité de piézomètres profonds</p> <p><i>Long</i> : Densité du réseau de mesure dans les secteurs profonds de l'aquifère affectés par la salure (> 40 m)</p>	<p>Name des Indikators:</p> <p><i>Kurztitel:</i> Messnetzdichte von tiefen Messstellen</p> <p><i>Langtitel:</i> Messnetzdichte in den von der Versalzung betroffenen tiefen Bereichen des Grundwasserleiters (> 40 m)</p>
<p>2) Thème :</p> <p>Pollution des eaux souterraines par les chlorures dans le Fossé rhénan supérieur</p>	<p>Thema:</p> <p>Grundwasserbelastung durch Chlorid im Oberrheingraben</p>
<p>3) Principe d'action concerné :</p> <p>Connaissance de la salure profonde de la nappe.</p>	<p>Zutreffendes Handlungsprinzip:</p> <p>Kenntnisse über die tiefere Versalzung des Grundwassers.</p>
<p>4) Zone renseignée :</p> <p>Seulement en Alsace et Pays de Bade dans les secteurs supérieurs à 250 mg/L de chlorures.</p>	<p>Betroffene Fläche:</p> <p>Nur in Elsass und Baden in Gebieten mit erhöhten Chloridkonzentrationen.</p>
<p>5) Type d'indicateur : Réponse</p>	<p>Indikatorart : Response</p>
<p>6) Définition :</p> <p>Densité de piézomètres captant l'aquifère profond, défini comme la tranche d'aquifère au-delà de 40 m de profondeur au Sud de Karlsruhe ou comme l'aquifère inférieur au Nord de Karlsruhe, dans des zones affectées par une salure supérieure à 250 mg/L.</p>	<p>Definition:</p> <p>Dichte der Messstellen die in Grundwasserstockwerken tiefer als 40m südlich von Karlsruhe bzw. im tieferen Grundwasserstockwerk nördlich Karlsruhe in Gebieten mit erhöhten Chloridkonzentrationen verfiltert sind.</p>
<p>7) Unité : sans</p>	<p>Einheit : ohne</p>
<p>8) Interprétation :</p> <p>Le nombre de piézomètres profonds reflète les efforts réalisés pour la connaissance de la salure profonde des eaux souterraines.</p>	<p>Erläuterung:</p> <p>Der Anzahl von tiefen Messstellen spiegelt die Monitoringaufwand zu diesem Thema wieder.</p>

<p>9) Limites d'interprétation</p> <p>Tous les ouvrages profonds ne sont pas créés en fonction de la thématique chlorures. Si l'on se limite à ceux qui sont réalisés pour la recherche de chlorures, l'indicateur n'a pas d'intérêt en dehors de l'Alsace et du Pays de Bade.</p>	<p>Einschränkungen der Interpretation:</p> <p>Alle tiefen Messstellen wurden nicht im Rahmen der Salzproblematik abgeteuft. Wenn man sich auf diese beschränkt, gilt der Indikator nur für das Elsass und Baden.</p>
<p>10) Règles de calcul :</p> <p>L'indicateur est obtenu par décompte du nombre d'ouvrages recensés en bases de données divisé par la surface concernée.</p>	<p>Berechnungsregeln:</p> <p>Der Indikator ergibt sich aus der Zahl von gespeicherten GWMs dividiert durch die Fläche.</p>
<p>11) Objectif recherché : 0,5 pts/ km²</p>	<p>Ziel: 0,5 GWM/ km²</p>
<p>12) Année de référence : 2003</p>	<p>Referenzjahr : 2003</p>
<p>13) Données nécessaires :</p> <p>Décomptes à réaliser par les gestionnaires des banques de données</p>	<p>Erforderliche Daten :</p> <p>Die Zählung soll von den Datenbankverwaltern ausgeführt werden.</p>
<p>14) Périodicité de calcul de l'indicateur :</p> <p>Alsace : / 2 ans</p> <p>Bade : pas de mise à jour régulière</p>	<p>Zeitschritt zur Berechnung des Indikators:</p> <p>Elsass : / 2 Jahre</p> <p>Baden : keine regelmäßige Aktualisierung</p>
<p>15) Gestion et archivage des données :</p> <p>APRONA, BRGM LUBW, LGRB</p>	<p>Verwaltung und Archivierung der Daten :</p> <p>APRONA, BRGM LUBW, LGRB.</p>
<p>16) Références bibliographiques, sites web / Literatur, Internetadressen:</p> <p>Regierungspräsidium Freiburg (2002). INTERREG II. Grenzüberschreitende Erkundung des tiefen rheinnahen Grundwasserleiters zwischen Fessenheim und Breisach. Endbericht. 172 S. <i>Reconnaissance transfrontalière de l'aquifère profond dans la bande rhénane entre Fessenheim et Breisach. Rapport final. 172 p.</i></p>	

17) Résultats :

Ergebnisse :

Région	<i>Land</i>	Alsace / Elsass
Année	<i>Jahrgang</i>	2003
Surface > 250 mg/L	<i>Fläche > 250 mg/L</i>	87 km ²
Nombre de points profonds salure	<i>Anzahl von tiefen Salzmessstellen</i>	31
Densité réseau salure	<i>Dichte von Salzmessstellen</i>	0,36 points/km ²

Région	<i>Land</i>	Bade / Baden
Année	<i>Jahrgang</i>	2003
Surface > 250 mg/L	<i>Fläche > 250 mg/L</i>	27 km ²
Nombre de points profonds salure	<i>Anzahl von tiefen Salzmessstellen</i>	7
Densité réseau salure	<i>Dichte von Salzmessstellen</i>	0,26 GWM/km ²

Non retenu

**Indicateur / Indikator C2.4
Teneur en chlorures du Rhin
Chloridgehalt im Rhein**

Abgelehnt

1) Nom de l'indicateur : <i>Court :</i> Teneur en chlorures du Rhin <i>Long :</i> Teneur en chlorures du Rhin à Mainz par rapport à Bâle	Name des Indikators: <i>Kurztitel:</i> Chloridgehalt im Rhein <i>Langtitel:</i> Chloridgehalt im Rhein bei Mainz im Vergleich zu Basel
2) Thème : Pollution des eaux souterraines par les chlorures dans le Fossé rhénan supérieur – Sources de pollution de l'industrie de la potasse	Thema: Grundwasserbelastung durch Chlorid im Oberrheingraben – Belastungsquellen der Kaliindustrie
3) Principe d'action concerné : Garantir que la teneur du Rhin reste en dessous de la valeur actuelle	Zutreffendes Handlungsprinzip: Sicherstellen dass der Salzgehalt im Rhein unter dem heutigen Wert bleibt.
4) Zone renseignée : Ensemble du Fossé rhénan supérieur	Betroffene Fläche: Der ganze Oberrheingraben
5) Type d'indicateur : Pression	Indikatorart: : Belastung
6) Définition : Rapport entre la teneur en chlorures du Rhin à la station de Mainz par rapport à la teneur à Bâle (ou Kembs).	Definition: Verhältnis des Chloridgehalts an der Messstation Mainz gegenüber dem Chloridgehalt bei Basel (oder Station Kembs).
7) Unité : sans	Einheit: keine
8) Interprétation : Les rejets de saumure des MDPA dans le Rhin ont longtemps été à l'origine d'une salinité élevée du Rhin et des secteurs affectés par les infiltrations du Rhin. Depuis 2002 les rejets sont moins salés car ils proviennent exclusivement des travaux de dépollution.	Erläuterung: Die Ableitung von Salzsohlen aus den Kaliwerken in den Rhein war lange die Hauptursache für eine erhöhte Salinität des Rheins und des durch Uferfiltrat belasteten Grundwassers. Seit 2002 sind die Ableitungen weniger salzhaltig, weil sie ausschließlich aus den Sanierungsarbeiten anfallen.
9) Limites d'interprétation Avec la diminution des rejets des MDPA,	Einschränkungen der Interpretation: Mit der Abnahme der Ableitungen der

<p>d'autres pollutions salines pourront être mises en évidence. La valeur à Mainz est mesurée de façon très précise par 4 prélèvements, la valeur à Kembs est moins précise.</p>	<p>Kaliminen könnten andere Chloridbelastungen festgestellt werden. Der Wert in Mainz wird sehr genau durch 4 Leitungen bemessen, der Wert in Kembs mit weniger Genauigkeit.</p>															
<p>10) Règles de calcul :</p> <p>Rapport entre la moyenne annuelle de la teneur en chlorures du Rhin à la station de Mainz par rapport à la teneur à Bâle (ou Kembs).</p>	<p>Berechnungsregeln:</p> <p>Ratio des jährlichen Mittels des Chloridgehalts bei der Messstation Mainz über das Chloridgehalt bei Basel (oder Station Kembs).</p>															
<p>11) Objectif recherché : à définir</p> <p>Le ratio devait être aussi près de 1 que possible. Il a baissé de 6 en 1996 à 5 en 2000 et 3.5 en 2003</p>	<p>Zielstellung: zu bestimmen</p> <p>Der Ratio sollte so nahe 1 wie möglich sein. Er ist von 6 in 1996 über 5 in 2000 auf 3.5 in 2003 gesunken.</p>															
<p>12) Année de référence :</p>	<p>Referenzjahr :</p>															
<p>13) Données nécessaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Moyenne annuelle à la station de Mainz ♦ Moyenne annuelle à la station de Kembs 	<p>Erforderliche Daten :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Jährlicher Mittelwert bei der Station Mainz ♦ Jährlicher Mittelwert bei der Station Kembs 															
<p>14) Périodicité de calcul de l'indicateur :</p> <p>annuelle</p>	<p>Zeitschritt zur Berechnung des Indikators:</p> <p>jährlich</p>															
<p>15) Gestion et archivage des données :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Mainz : LfW ♦ Kembs : Agence de l'eau Rhin-Meuse (disponible sur Internet) 	<p>Verwaltung und Archivierung der Daten :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Mainz : LfW ♦ Kembs : Agence de l'eau Rhin-Meuse (aus dem Internet abladbar) 															
<p>16) Points forts, points faibles de l'indicateur</p> <p>Appréciation / Einschätzung: 😊 😐 😞</p> <table border="1" data-bbox="236 1890 1414 2112"> <thead> <tr> <th></th> <th>Alsace</th> <th>Baden-Württemberg</th> <th>Rheinland-Pfalz und Hessen</th> <th>Kantone BS und BL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pertinence de l'indicateur <i>Treffericherheit des Indikators</i></td> <td>😊</td> <td>😊</td> <td>😊</td> <td>😊</td> </tr> <tr> <td>Importance <i>Wichtigkeit</i></td> <td>😊</td> <td>😊</td> <td>😊</td> <td>😊</td> </tr> </tbody> </table>		Alsace	Baden-Württemberg	Rheinland-Pfalz und Hessen	Kantone BS und BL	Pertinence de l'indicateur <i>Treffericherheit des Indikators</i>	😊	😊	😊	😊	Importance <i>Wichtigkeit</i>	😊	😊	😊	😊	<p>Vorteile und Schwachpunkte des Indikators</p>
	Alsace	Baden-Württemberg	Rheinland-Pfalz und Hessen	Kantone BS und BL												
Pertinence de l'indicateur <i>Treffericherheit des Indikators</i>	😊	😊	😊	😊												
Importance <i>Wichtigkeit</i>	😊	😊	😊	😊												

Facilité de la mise en œuvre <i>Umsetzbarkeit</i>	☺	☹	☺	☹
Pérennité <i>Beständigkeit (zeitlich)</i>	☺	☺	☺	☺
Fréquence de mise à jour <i>Aktualisierungsfrequenz</i>	☺	☺	☺	☺

17) Références bibliographiques, sites web / Literatur, Internetadressen:

Aucun/keine
