

INVENTAIRE DE LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES DANS LA VALLÉE DU RHIN SUPÉRIEUR

BESTANDSAUFNAHME DER GRUNDWASSERQUALITÄT IM OBERRHEINGRABEN

Résultats de la campagne
de prélèvements et d'analyses
Ergebnisse der Beprobungskampagne

1996/1997



Initiative communautaire INTERREG II • Gemeinschaftsinitiative INTERREG II

Région Alsace - Ministère de l'Environnement - Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg.

Agence de l'Eau Rhin-Meuse - Bureau de Recherches Géologiques et Minières

**Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin Supérieur
Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben**

**Résultats de la campagne de prélèvements et d'analyses 1996/97
Ergebnisse der Beprobungskampagne 1996/97**

Publication / Herausgeber :

Région Alsace - Strasbourg

Réalisation / Bearbeitung :

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)

Association pour la Protection de la Nappe Phréatique de la Plaine d'Alsace (APRONA)

en collaboration avec le / in Zusammenarbeit mit dem

Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques

de la Direction Régionale de l'Environnement Alsace (DIREN/SEMA)

Avec le concours de / Mitwirkung :

P. Collin, P. Elsass, A. Ferry, W. Feuerstein, C. Gaildraud, L. Gartner, Y. Gobillon, J. Grimm-Strele, K. Isola, F. Lapuyade, M. Schmitt, B. Schneider, M. Simon, P. Thiele

Image de couverture / Titelbild :

Photos : APRONA, LfU

Maquette : Print'Europ

Distribué par / Bezug über :

Région Alsace

Direction de l'Agriculture et de la Forêt, du Tourisme et de l'Environnement

35 avenue de la Paix, BP 1006, F - 67070 Strasbourg Cedex, Tél : 03 88 15 68 67, Fax : 03 88 15 69 19

Verlagsauslieferung der LfU, JVA Mannheim – Druckerei,
Herzogenriedstr. 11, 68169 Mannheim, Fax : 0621/398-370

Reproduction, même partielle, autorisée seulement avec mention de l'origine
Nachdruck – auch auszugsweise – nur unter Quellenangabe gestattet.

Strasbourg, novembre 1999

**Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur
Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben**

**Résultats de la campagne de prélèvements et d'analyses 1996/97
Ergebnisse der Beprobungskampagne 1996/97**

SOMMAIRE

LISTE DES CARTES

1. INTRODUCTION

2. TRAVAUX PREPARATOIRES

- 2.1 Réseaux d'observation
- 2.2 Programme de mesures, prélèvements et analyses
- 2.3 Traitement et valorisation des données

2. RESULTATS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS

- 3.1 Généralités à propos des résultats
- 3.2 Paramètres classiques
 - 3.2.1 Température
 - 3.2.2 Conductivité électrique
 - 3.2.3 pH
 - 3.2.4 Oxygène dissous
 - 3.2.5 Dureté totale
 - 3.2.6 Hydrogencarbonates / Titre Alcalimétrique Complet (TAC)
 - 3.2.7 Calcium
 - 3.2.8 Magnésium
 - 3.2.9 Sodium
 - 3.2.10 Potassium
 - 3.2.11 Nitrates
 - 3.2.12 Ammonium
 - 3.2.13 Nitrites
 - 3.2.14 Chlorures
 - 3.2.15 Sulfates
 - 3.2.16 Bore
 - 3.2.17 Fer
 - 3.2.18 Manganèse
 - 3.2.19 Phosphore total
 - 3.2.20 Bilan

3.3 Produits phytosanitaires

INHALTSVERZEICHNIS

LISTE DER KARTE

1. EINLEITUNG

2. VORBEREITUNGSARBEITEN

- 2.1 Die Grundwassermeßnetze
- 2.2 Meßprogramm, Probennahme und Analytik
- 2.3 Datenverarbeitung und Datenauswertung

3. ERGEBNISSE DER BEPROBUNGEN

- 3.1 Allgemeines zu den Ergebnissen
- 3.2 Klassische Parameter
 - 3.2.1 Temperatur
 - 3.2.2 Elektrische Leitfähigkeit
 - 3.2.3 pH-Wert
 - 3.2.4 Gelöster Sauerstoff
 - 3.2.5 Gesamthärte
 - 3.2.6 Hydrogencarbonat / Säurekapazität bis pH 4,3
 - 3.2.7 Calcium
 - 3.2.8 Magnesium
 - 3.2.9 Natrium
 - 3.2.10 Kalium
 - 3.2.11 Nitrat
 - 3.2.12 Ammonium
 - 3.2.13 Nitrit
 - 3.2.14 Chlorid
 - 3.2.15 Sulfat
 - 3.2.16 Bor
 - 3.2.17 Eisen
 - 3.2.18 Mangan
 - 3.2.19 Gesamtphosphor
 - 3.2.20 Fazit

3.3 Pflanzenbehandlungs- und Schädlings-

3.2.1	Atrazine et Dé-éthylatrazine	3.3.1	Atrazin und Desethylatrazin
3.3.2	Autres Triazines et autres composés azotés	3.3.2	Weitere Triazine und weitere stickstofforganische Substanzen
3.3.3	Urées substituées	3.3.3	Phenylharnstoffe
3.3.4	Organophosphorés	3.3.4	Phosphororganische Substanzen
3.3.5	Organochlorés	3.3.5	Organochlorierte Substanzen
3.3.6	Autres produits phytosanitaires	3.3.6	Weitere PBSM
3.3.7	Somme des phytosanitaires	3.3.7	Summe der PBSM
3.3.8	Bilan	3.3.8	Fazit
3.4	Organohalogénés volatils (OHV)	3.4	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)
3.5	Autres organochlorés	3.5	Weitere organochlorierte Substanzen
3.6	Eléments traces et métaux lourds	3.6	Schwermetalle und andere Metalle
3.6.1	Arsenic	3.6.1	Arsen
3.6.2	Mercure	3.6.2	Quecksilber
3.6.3	Chrome	3.6.3	Chrom
3.6.4	Nickel	3.6.4	Nickel
3.6.5	Cadmium	3.6.5	Cadmium
3.6.6	Plomb	3.6.6	Blei
3.6.7	Zinc	3.6.7	Zink
3.6.8	Cuivre	3.6.8	Kupfer
3.6.9	Aluminium	3.6.9	Aluminium
3.6.10	Bilan	3.6.10	Fazit
3.7	Polychlorobiphényles (PCB)	3.7	Polychlorierte Biphenyle (PCB)
4.	PRESENTATION PAR TABLEAU DES RESULTATS	4.	TABELLARISCHE ÜBERSICHTEN DER ERGEBNISSE
4.1	Tableau statistique des résultats en Alsace	4.1	Statistische Übersicht über die Ergebnisse im Elsaß
4.2	Tableau statistique des résultats en pays de Bade	4.2	Statistische Übersicht über die Ergebnisse in Baden
4.3	Tableau statistique des résultats sur l'ensemble de la vallée du Rhin supérieur	4.3	Statistische Übersicht über die Ergebnisse im gesamten Oberrheingraben
Conclusion et perspectives		Schlußfolgerung und Ausblick	
ANNEXES		ANHÄNGE	
A1	Valeurs limites prises en compte	A1	Die verwendeten statistischen Werte
A2	Limite de qualité – Valeur guide – Valeur d’alerte	A2	Grenzwerte – Richtwerte – Warnwerte
A3	Prise en compte de la moyenne et de la médiane	A3	Verwendung von Mittelwert und Median
A4	Limites de quantification	A4	Bestimmungsgrenzen
A5	Sommes de concentrations	A5	Konzentrationssummen
BIBLIOGRAPHIE		LITERATURVERZEICHNIS	

LISTE DES CARTES

1. Réseau d'observation
2. Régions géographiques
3. Hydrogéologie

Paramètres classiques

4. Conductivité électrique
- ~~5. pH~~
6. Oxygène dissous
7. Dureté totale
8. Hydrogénocarbonates
9. Calcium
10. Magnésium
11. Sodium
12. Potassium
13. Nitrates
- ~~14. Ammonium~~
15. Nitrites
16. Chlorures
17. Sulfates
18. Bore
- ~~19. Fer~~
20. Manganèse
21. Phosphore

Produits phytosanitaires

22. Atrazine
23. Dé-éthylatrazine
24. Simazine
25. Dé-isopropylatrazine
26. Terbutylazine
27. Somme des triazines
28. Diuron
29. Isoproturon
30. Somme des urées substituées
- ~~31. Somme des organophosphorés~~
32. Somme des produits phytosanitaires

Organohalogénés volatils (OHV)

33. Trichloroéthylène
34. Tétrachloroéthylène
35. Somme des OHV

Éléments traces et métaux lourds

- ~~36. Arsenic / Mercure~~
37. Chrome / Nickel
38. Cadmium / Plomb

LISTE DER KARTE

1. Grundwassermessnetz
2. Geographische Regionen
3. Hydrogeologie

Klassische Parameter

4. Elektrische Leitfähigkeit
5. pH-Wert
6. Sauerstoff
7. Gesamthärte
8. Hydrogencarbonat
9. Calcium
10. Magnesium
11. Natrium
12. Kalium
13. Nitrat
14. Ammonium
15. Nitrit
16. Chlorid
17. Sulfat
18. Bor
19. Eisen
20. Mangan
21. Gesamtphosphor

Pflanzenbehandlungs- und Schädlings- bekämpfungsmittel (PBSM)

22. Atrazin
23. Desethylatrazin
24. Simazin
25. Desisopropylatrazin
26. Terbutylazin
27. Summe der Triazine
28. Diuron
29. Isoproturon
30. Summe der Phenylharnstoffe
31. Summe der Phosphororganischen Substanzen
32. Summe der PBSM

Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)

33. Trichlorethen
34. Tetrachlorethen
35. Summe der LHKW

Spurenelemente/Schwermetalle

36. Arsen / Quecksilber
37. Chrom / Nickel
38. Cadmium / Blei

1. INTRODUCTION

L'inventaire de la qualité des eaux souterraines de la Vallée du Rhin supérieur est le troisième projet transfrontalier initié par le groupe d'experts « Qualité de l'eau et Hydrobiologie » de la conférence franco-germano-suisse du Rhin Supérieur. Ce projet est financé dans le cadre de l'initiative communautaire INTERREG II Rhin Supérieur Centre-Sud et Pamina, pour une durée de 3 ans (de 1996 à 1999) et est placé sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace.

Ce projet s'inscrit dans le principe de gestion par bassin hydrographique, prévu par le projet de directive européenne cadre sur l'eau. Il a pour objectif d'établir, pour la première fois de façon transfrontalière, un diagnostic actualisé et complet de l'état qualitatif de la nappe rhénane.

La vallée du Rhin supérieur est en effet, par sa situation géographique particulière, une zone propice à l'implantation d'industries nombreuses mais aussi à une agriculture intensive. Ces deux secteurs d'activité constituent cependant les principales sources de pollution d'une ressource en eau unique en Europe, qui permet de couvrir de part et d'autre du Rhin près de 80 % des besoins en eau potable.

La mise en œuvre de cet inventaire a nécessité un important travail de mise en cohérence des méthodes, de part et d'autre du Rhin, portant notamment sur la conception du réseau de mesures, les prélèvements d'échantillons, le choix des paramètres, et la validation des résultats analytiques. Ces travaux préliminaires ont fait l'objet de 5 rapports techniques bilingues.

La présentation des résultats de l'exploitation et de l'interprétation des données acquises au cours des campagnes d'analyses réalisées en 1996 et 1997, fait l'objet du présent rapport. Pour la première fois, un grand nombre de substances ont été prises en compte, dont 48 paramètres communs, donnant lieu à la réalisation de 35 cartes transfrontalières de qualité de la nappe.

La dernière phase du projet, consacrée à l'élaboration de propositions communes d'actions pour la protection et la reconquête de la qualité des eaux de la nappe rhénane est développée dans le rapport final.

1. EINLEITUNG

Die Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben ist das dritte grenzübergreifende Projekt, das vom Expertenausschuß "Wasserqualität und Hydrobiologie" der deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheinkonferenz initiiert wurde. Es wird aus Mitteln der Gemeinschaftsinitiative INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd und Pamina für die Dauer von 3 Jahren (1996 bis 1999) gefördert und unter Federführung der Région Alsace durchgeführt.

Dieses Projekt entspricht dem Konzept der geplanten europäischen Wasserrahmenrichtlinie, die eine Bewirtschaftung nach Flußgebietseinheiten vorsieht. Ziel ist, das erste Mal auf grenzüberschreitender Ebene eine aktualisierte und komplette Zustandsbeschreibung der Grundwasserqualität im Oberrheingraben aufzustellen.

Die Oberrheinebene ist durch ihre günstige geographische Lage ein Gebiet, das sowohl Standort verschiedener Industriezweige ist als auch gute Voraussetzungen für eine intensive Landwirtschaft bietet. Diese beiden Bereiche sind jedoch auch die Hauptverursacher der Belastung einer außergewöhnlichen Wasserressource in Europa, die auf beiden Seiten des Rheins fast 80 % des Trinkwasserbedarfs deckt.

Vor der Durchführung dieser Bestandsaufnahme war zunächst eine Harmonisierung der Methoden beiderseits des Rheins erforderlich, insbesondere bezüglich der Meßnetzkonzeption, der Probennahmemethoden, der Auswahl der Parameter und der Plausibilisierung der Analysenergebnisse. Diese Vorbereitungsarbeiten sind Gegenstand von fünf zweisprachigen technischen Berichten.

In vorliegendem Bericht wird die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse der Analysenkampagnen von 1996 und 1997 vorgestellt. Erstmals wurde eine Vielzahl an Stoffen analysiert, davon wurden 48 Parameter auf beiden Seiten untersucht, 35 Karten zur grenzübergreifenden Grundwasserqualität wurden erstellt.

Die letzte Phase des Projekts wird der Erarbeitung gemeinsamer Maßnahmenvorschläge zum Schutz des Grundwassers und zur Wiederherstellung einer guten Grundwasserqualität im Oberrheingraben gewidmet sein, die Thema des Abschlußberichts sein werden.

Il est important de rappeler que le présent inventaire concerne la qualité des eaux souterraines, donc la qualité globale de la ressource, et non la qualité de l'eau distribuée aux usagers.

Es muß aber nochmals betont werden, daß dieses Projekt die großräumige Qualität der Ressource Grundwasser und nicht die Qualität des Trinkwassers zum Gegenstand hat.

2. TRAVAUX PREPARATOIRES

2.1 Réseaux d'observation de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur

La réalisation des campagnes d'analyses nécessitait un réseau dense et homogène de points d'observation représentatifs de la qualité des eaux souterraines.

Les réseaux nationaux existants ont été densifiés dans plusieurs secteurs pour répondre à l'objectif du projet. Les points d'observation ont été sélectionnés en fonction de leurs caractéristiques techniques et fonctionnelles et ainsi un réseau global a pu être mis en place.

Réseau d'observation alsacien

Le réseau général d'observation de la qualité des eaux souterraines comprend 720 points d'accès à la nappe en Alsace. Ces points d'observation sont répartis de façon homogène sur l'ensemble de la nappe ; la densité moyenne du réseau d'observation est de 1 point pour 4 km².

Les prélèvements ont été effectués essentiellement dans la partie superficielle de la nappe, soit entre 10 et 40 mètres de profondeur. 16 piézomètres profonds ont en outre donné lieu à des prélèvements spécifiques.

Réseau d'observation badois

Le réseau d'observation de la qualité des eaux souterraines du Bade-Wurtemberg est composé de plusieurs réseaux d'observations thématiques. Les sources potentielles de pollutions comme l'agriculture, les industries ou les zones urbanisées, sont surveillées de façon ciblée. De plus, les entreprises spécialisées dans la distribution de l'eau potable mettent leurs données à disposition de la LfU.

Le réseau d'observation de la qualité des eaux souterraines pour la partie badoise compte 315 points d'accès à la nappe. En incluant les analyses fournies par des distributeurs d'eau, les données de 339 points d'observation ont pu être valorisées. La densité moyenne du réseau d'observation est ainsi de 1 point pour 5 km².

2. VORBEREITUNGSARBEITEN

2.1 Die Grundwasserbeschaffenheitsmeßnetze im Oberrheingraben

Die Durchführung der Beprobungskampagne erforderte ein dichtes Netz an repräsentativen Grundwassermeßstellen.

Die nationalen Meßnetze wurden hinsichtlich der Zielsetzung des Projekts durch zusätzliche Meßstellen verdichtet, die Meßstellen auf ihre technische und funktionelle Eignung überprüft und so ein Gesamtmeßnetz generiert.

Das elsässische Meßnetz

Das Meßnetz zur Grundwasserüberwachung umfaßt im Elsaß 720 Grundwassermeßstellen. Diese Meßstellen sind gleichmäßig über den gesamten Grundwasserleiter verteilt, die mittlere Dichte des Meßnetzes beträgt etwa 1 Meßstelle pro 4 km².

Die Beprobung wurde im Wesentlichen im oberen Bereich des Grundwasserleiters in einer Tiefe zwischen 10 und 40 m durchgeführt. Für eine gesonderte Beprobung standen außerdem 16 tiefe Meßstellen zur Verfügung.

Das Meßnetz auf badischer Seite

Das Meßnetz zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit auf badischer Seite des Projektgebiets besteht aus 315 Meßstellen. Einschließlich der Analysen von kooperierenden Wasserversorgungsunternehmen lagen für die Auswertung Daten von insgesamt 339 Meßstellen vor. Damit beträgt die mittlere Meßnetzdichte etwa 1 Meßstelle pro 5 km².

Das Grundwasserbeschaffenheitsmeßnetz setzt sich in Baden-Württemberg aus mehreren Teilmeßnetzen zusammen. Potentielle Emittenten wie Landwirtschaft, Industrie oder Siedlungen werden dadurch gezielt erfaßt. Zusätzlich werden von den Wasserversorgungsunternehmen Analysendaten zur Verfügung gestellt.

Les prélèvements ont essentiellement été effectués dans la partie supérieure de la nappe et jusqu'à un maximum de 50 mètres de profondeur. De plus 60 points de mesure, parmi lesquels 34 ont une profondeur de plus de 50 m, ont fait l'objet d'une campagne spéciale de prélèvements et d'analyses.

Points d'observation en Suisse

Les données relatives à 65 points d'observation situés dans la zone d'étude ont été mises à disposition par les cantons de Bâle-Ville et Bâle-Campagne et utilisées pour l'exploitation statistique.

Les réseaux et leur densification dans le cadre du projet sont décrits dans un rapport particulier « Description et densification du réseau d'observation » (Région Alsace, 1999). La carte 1 montre la répartition et la situation des points d'observation dans la zone d'étude.

2.2 Programme de mesures, prélèvements d'échantillons et analyses

Le choix des paramètres à analyser a été effectué en tenant compte des critères suivants :

- rejets potentiels d'origine agricole, industrielle ou domestique,
- risque de présence dans les eaux souterraines,
- risques toxicologiques,
- résultats des campagnes d'analyses antérieures,
- existence de méthodes d'analyses agréées et coût de ces méthodes.

Au total, 83 substances ont été retenues pour être analysées côté alsacien et badois, dont 48 paramètres communs. Ces paramètres et le programme d'analyses sont décrits dans le rapport « Paramètres recherchés » (Région Alsace, 1999).

Les campagnes générales de prélèvements et d'analyses ont eu lieu entre août et octobre 1997. Les recommandations pour la réalisation des prélèvements ont été fournies selon des principes harmonisés de part et d'autre du Rhin ; elles sont détaillées dans le rapport « Prélèvement des

Die Beprobung wurde hauptsächlich im oberen Bereich des Kiesgrundwasserleiters bis zu einer Tiefe von 50 m durchgeführt. In einer gesonderten Beprobungskampagne wurden zusätzlich 60 Meßstellen untersucht, davon sind 34 Meßstellen tiefer als 50 m.

Die Meßstellen in der Schweiz

Von den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft wurden für die statistische Auswertung Daten von 65 im Projektgebiet liegenden Meßstellen zur Verfügung gestellt.

Über die Meßnetze und deren Verdichtung liegt ein gesonderter Bericht „Beschreibung und Verdichtung des Meßnetzes“ (Région Alsace, 1999) vor. In Karte 1 ist die Verteilung und Lage der Meßstellen im Untersuchungsgebiet dargestellt.

2.2 Meßprogramm, Probennahme und Analytik

Bei der Auswahl der Parameter, die analysiert werden sollten, wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- potentielle Emissionen aus der Landwirtschaft, Industrie und Siedlungsgebieten,
- Gefährdungspotential für den Eintrag ins Grundwasser,
- toxikologische Gefährdung,
- Ergebnisse aus vorausgegangenen Untersuchungen,
- verfügbare Analysenmethoden und deren Kosten.

Insgesamt wurden auf elsässischer und badischer Seite 83 zu untersuchende Stoffe ausgewählt, davon 48 gemeinsame Parameter. Die Parameter und das Meßprogramm sind im Bericht „Meßprogramm“ (Région Alsace, 1999) detailliert beschrieben.

Die Beprobungskampagnen fanden zwischen August und Oktober 1997 statt. Die Vorgaben für die Durchführung der Probennahme wurden nach einheitlichen Grundsätzen beiderseits des Rheins festgelegt und sind im Bericht „Probennahme“ (Région Alsace, 1999) zusammengefaßt.

échantillons » (Région Alsace, 1999).

Préalablement et parallèlement aux campagnes d'analyses, des essais interlaboratoires pour l'assurance qualité ont été réalisés. Ils ont permis d'évaluer la qualité du travail d'analyse et d'apprécier la précision avec laquelle un paramètre est analysé. Les résultats de ces essais figurent dans le rapport « Essais interlaboratoires » (Région Alsace, 1999).

2.3 Traitement et valorisation des données

Les données acquises ont été soumises à une batterie de tests de validation afin de repérer les erreurs de transcription et les éventuelles erreurs de mesures. Ce procédé est décrit dans le rapport « Procédures de contrôle et de validation des données analytiques » (Région Alsace, 1999).

Les données analytiques ont été intégrées, côté alsacien, dans une banque de données « qualité » gérée par l'APRONA, et côté badois, dans la banque « eaux souterraines » du Bade-Wurtemberg. Les données communes ont constitué la base pour l'élaboration des cartes de concentrations et les calculs statistiques.

Parallel zu den Beprobungen wurden als Qualitäts-sicherungsmaßnahme Laborvergleichsuntersuchungen durchgeführt. Sie dienen dazu, die Qualität der analytischen Arbeiten zu überprüfen und eine Einschätzung zu erhalten, wie exakt ein Parameter bestimmbar ist. Die Ergebnisse sind im Bericht „Laborvergleichsuntersuchungen“ zusammengestellt (Région Alsace, 1999).

2.3 Datenverarbeitung und -auswertung

Die gewonnenen Daten wurden einer umfangreichen Plausibilitätskontrolle unterworfen, um Datenübertragungsfehler und eventuelle Fehlmessungen rechtzeitig zu erkennen. Im Bericht „Verfahren zur Kontrolle und zur Plausibilisierung von Analysendaten“ (Région Alsace, 1999) ist dieses Vorgehen ausführlich beschrieben.

Auf elsässischer Seite werden die Analysendaten in der von der APRONA erstellten Datenbank „Qualität“, auf badischer Seite in der Grundwasserdatenbank Baden-Württemberg gehalten. Die gemeinsame Datei war Grundlage für die Konzentrationskarten und die Berechnung der statistischen Kennwerte.

3. RESULTATS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS ET D'ANALYSES

3.1 Généralités

Secteur concerné

Le secteur concerné par l'inventaire, situé entre les Vosges et la Forêt Noire de Bâle à Lauterbourg, est désigné dans la suite comme étant "la vallée du Rhin supérieur", même si d'un point de vue géologique celui-ci s'étend jusqu'au massif schisteux rhénan à Francfort. Le secteur d'étude en rive gauche du Rhin est désigné généralement par "Alsace"; le secteur du Bade-Wurtemberg en rive droite du Rhin est désigné par "Pays de Bade".

Périodes de prélèvements / Résultats pris en compte

Les résultats présentés dans le présent rapport sont issus principalement des campagnes de prélèvements réalisées conjointement des deux côtés du Rhin entre août et octobre 1997. Certains produits phytosanitaires ont été analysés dès 1996 côté badois.

Dans l'exploitation statistique, la valeur médiane a été utilisée pour certains paramètres dans les cas suivants :

- pour plusieurs points de mesure situés en pays de Bade ou en Suisse, pour lesquels on disposait de plusieurs mesures dans la période de prélèvements,
- pour le fer, le manganèse et le bore, qui, pour des raisons de techniques de mesure, ont été analysés par deux laboratoires en pays de Bade, sur des échantillons d'eau identiques.

Par ailleurs, pour quelques points de mesure, il n'existait pas de d'analyses dans la période de prélèvements d'août à octobre 1997. Pour ces points, des analyses antérieures ont été utilisées dans l'exploitation statistique :

- pour 15 points gérés par des organismes privés en Pays de Bade, les données les plus récentes du prélèvement effectué par les distributeurs d'eau en 1997 ont été prises en compte dans l'exploitation des résultats,
- pour quelques points suisses, la dernière analyse disponible a été prise en compte ; elle correspond pour la plupart des points de mesure à la dernière analyse du mois d'août 1996.

3. ERGEBNISSE DER BEPROBUNGEN

3.1 Allgemeines

Das Untersuchungsgebiet

Das grenzübergreifende Untersuchungsgebiet zwischen Vogesen und dem Schwarzwald von Basel bis Lauterbourg wird im folgenden als „gesamter Oberrheingraben“ bezeichnet, obwohl sich dieser im geologischen Sinne bis zum rheinischen Schiefergebirge bei Frankfurt erstreckt. Der linksrheinische Teil des Untersuchungsgebiet wird allgemein als „Elsaß“ bezeichnet, der baden-württembergische Teil als „Baden“.

Beprobungszeitraum / verwendete Analysen

Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren hauptsächlich auf den Beprobungskampagnen, die gleichzeitig auf beiden Seiten des Rheins in den Monaten August bis Oktober 1997 durchgeführt wurden. Einige Pflanzenschutzmittel wurden auf badischer Seite bereits 1996 analysiert.

In der statistischen Auswertung wurde für manche Parameter in folgenden Fällen der Median verwendet:

- für manche Meßstellen in Baden und der Schweiz, für die mehrere Analysen im Beprobungszeitraum vorlagen,
- für Eisen, Mangan und Bor, die in Baden aus meßtechnischen Gründen von 2 Laboratorien aus Wasserproben derselben Probennahme analysiert wurden.

Außerdem lagen für manche Meßstellen keine Analysen aus dem Beprobungszeitraum August bis Oktober 1997 vor. Bei diesen Meßstellen wurde eine frühere Analyse in der statistischen Auswertung berücksichtigt:

- für 15 Kooperationsmeßstellen in Baden wurden die neuesten von den Wasserversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellten Daten aus dem Jahr 1997 in die Auswertung einbezogen,
- für einige schweizerische Meßstellen wurde ebenfalls die neueste vorhandene Analyse berücksichtigt, wobei an manchen Meßstellen die letzte Analyse von August 1996 stammt.

Il a été considéré que les concentrations des substances concernées n'évoluent guère sur une année, ce que confirment les mesures de routine effectuées dans le land du Bade-Wurtemberg sur les eaux souterraines.

Présentation des résultats

Les résultats des campagnes d'analyses sont tout d'abord présentés et commentés par paramètre ou par groupe de paramètres. Des éléments d'information sur l'origine naturelle et anthropique des substances sont également donnés. Les résultats et les indicateurs statistiques sont présentés pour chaque côté du Rhin ; l'exploitation statistique sur l'ensemble de la nappe tient compte des données suisses.

Pour les paramètres physico-chimiques classiques la valeur moyenne et la valeur médiane sont données chaque fois. La *médiane* est la valeur dépassée par 50 % des valeurs obtenues (cf. annexes A1, A3).

La moyenne et la médiane sont par contre peu significatives pour les micro-polluants, car une grande partie des résultats sont inférieurs à la limite de quantification. Pour ces paramètres, le pourcentage de valeurs positives, c'est à dire le pourcentage de points sur lesquels le paramètre a pu être quantifié, est plus significatif. Il faut cependant garder à l'esprit que les limites de quantification sont liées aux méthodes d'analyses et qu'elles peuvent varier, de ce fait, d'un laboratoire à un autre. (cf. annexe A4).

Pour la représentation cartographique des résultats analytiques, la limite de quantification la plus élevée a été retenue comme limite inférieure de la classe de concentrations la plus faible.

Limites de qualité prises en compte

Du fait de l'absence actuelle de valeurs limites de qualité pour les eaux souterraines, les limites de qualité pour l'eau potable de l'Union Européenne ont été utilisées pour la comparaison et l'évaluation du risque, même pour les puits qui ne sont pas utilisés pour l'alimentation en eau potable ou ceux dont l'eau est distribuée après traitement.

Bei dieser Vorgehensweise wurde vorausgesetzt, daß sich die Konzentrationen der jeweiligen Stoffe im Grundwasser innerhalb eines Jahres nicht wesentlich ändern. Dies ist durch Ergebnisse aus den Routinemessungen in Baden-Württemberg belegt.

Präsentation der Ergebnisse

Die Beprobungsergebnisse werden nachfolgend zunächst parameterweise bzw. -gruppenweise vorgestellt und diskutiert. Dabei werden zunächst Hinweise zur natürlichen und anthropogenen Herkunft gegeben. Die Befunde und die statistischen Kennwerte werden für beide Seiten des Rheins vorgestellt, bei der statistischen Auswertung für das gemeinsame Grundwasser im Projektgebiet werden die schweizerischen Daten berücksichtigt.

Bei den klassischen physikalisch-chemischen Parametern wird jeweils der Mittelwert und Medianwert angegeben. Der *Median* ist der Wert, der von 50 % aller Werte überschritten wird (vgl. Anhänge A1, A3).

Da bei den Spurenstoffen im Grundwasser meistens ein großer Teil der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze liegt, haben der Mittelwert und der Median wenig Relevanz. Für diese Parameter ist der Anteil der positiven Befunde, also an wieviel Prozent aller untersuchten Meßstellen der Stoff überhaupt quantitativ bestimmt werden konnte, aussagekräftiger. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Bestimmungsgrenzen abhängig von den Analysemethoden sind und daher in den verschiedenen Laboratorien unterschiedlich sein können (vgl. Anhang A4).

Für die Darstellung der Verteilung auf den Karten wurde daher die höchste vorkommende Bestimmungsgrenze als unterste Klassengrenze verwendet.

Verwendete Grenzwerte

Da es für Grundwasser derzeit keine Grenzwerte gibt, werden zum Vergleich und zur Bewertung der Gefährdung meist die EU-Grenzwerte für Trinkwasser herangezogen, auch wenn das Wasser der untersuchten Meßstelle tatsächlich nicht oder nur nach Aufbereitung zu Trinkwasserzwecken verwendet wird.

Les limites européennes de qualité pour l'eau potable, utilisées dans la valorisation des données décrite dans le présent rapport, se fondent sur la directive européenne pour l'eau potable du 15 juillet 1980. La nouvelle directive européenne pour l'eau potable du 3 novembre 1998 n'a pas pu être prise en considération. Un tableau comparatif des limites de qualité nationales et des limites européennes de 1980 et 1998 se trouve en annexe A2.

Die EU-Grenzwerte, die in vorliegender Auswertung verwendet wurden, basieren auf der EU-Trinkwasserrichtlinie vom 15. Juli 1980. Die neue EU-Trinkwasserrichtlinie vom 3. November 1998 konnte noch nicht berücksichtigt werden. Eine Gegenüberstellung der nationalen Grenzwerte und der EU-Grenzwerte von 1980 und 1998 befindet sich im Anhang A2.

Classes de répartition des concentrations

La répartition des concentrations des eaux souterraines pour chaque paramètre mesuré est représentée sur des histogrammes et sur des cartes transfrontalières. Les classes de concentration et leurs couleurs respectives ont été établies suivant les règles définies dans le tableau 3.1.1.

Klassen der Konzentrationsverteilungen

Die Konzentrationsverteilung der einzelnen Stoffe wird in den Abbildungen als Säulendiagramm und auf grenzübergreifenden Karten dargestellt. Dabei wurden die Konzentrationsbereiche und die Farbzunordnung nach den in Tabelle 3.1.1 aufgeführten Kriterien definiert.

Tab. 3.1.1 : Définition des classes de concentrations et des couleurs associées
(hormis conductivité, pH, dureté, oxygène dissous, hydrogénocarbonates)

Couleurs	Classes de concentrations
Violet	Dépassement de 5 fois la limite de qualité
Rouge	Dépassement de la limite européenne de qualité pour l'eau potable ou d'une limite nationale en cas d'absence de limite européenne
Orange	Dépassement de la limite nationale la plus basse ou classe supplémentaire en fonction de la répartition des concentrations
Jaune	Dépassement d'une valeur guide lorsqu'elle existe ou classe de concentrations relativement élevées
Vert	Concentrations légèrement supérieures aux concentrations dites « naturelles »
Bleu	Intervalle des concentrations dites « naturelles »

Rappel : Pour les zones ou les points représentés en couleur rouge sur les cartes, où la limite de qualité pour l'eau potable est dépassée, il est important de préciser qu'il s'agit de la qualité de la ressource en eau souterraine dans cette zone et non de la qualité de l'eau distribuée aux usagers. La qualité de l'eau potable peut cependant être garantie par des mesures appropriées, comme le pompage dans des couches plus profondes de l'aquifère, le traitement de l'eau brute ou l'adduction d'eau d'une autre provenance.

A la fin de chacun des chapitres est donnée une description de la répartition des concentrations à l'échelle régionale et des origines possibles des polluants présents dans les eaux souterraines.

Les résultats de l'exploitation statistique des résultats de l'inventaire sont présentés au chapitre 4 (sous forme de tableaux) aussi bien pour l'Alsace et le Pays de Bade que pour l'ensemble de la vallée du Rhin supérieur.

Achtung: Bei den roten Bereichen oder Punkten auf den Karten, wo der Trinkwassergrenzwert im Grundwasser überschritten wird, ist zu berücksichtigen, daß dies nicht für das Trinkwasser in diesem Bereich gilt. Die Qualität des Trinkwassers wird durch geeignete Maßnahmen wie die Entnahme aus tieferen Bereichen des Aquifers, Aufbereitung des Rohwassers oder Zuleitung durch Fernwasserversorgung sichergestellt.

Am Schluß jedes Abschnitts wird die regionale Verteilung des Stoffes sowie mögliche Eintragspfade ins Grundwasser beschrieben.

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme sind in Kapitel 4 in Form statistischer Übersichten für das Elsaß und Baden sowie für den gesamten Oberrheingraben zusammengestellt.

3.2 Paramètres classiques

Les paramètres dits classiques sont les paramètres mesurés sur le site (température, conductivité, pH et oxygène dissous) ainsi que les éléments majeurs en solution dans les eaux souterraines.

Les paramètres mesurés sur le site et d'autres paramètres caractéristiques de l'eau (dureté totale et hydrogencarbonates) permettent d'appréhender la nature hydrochimique du milieu. Les eaux souterraines peuvent par exemple être classées selon leur pouvoir oxydant ou réducteur, ou en fonction de la minéralisation de l'eau.

Par ailleurs ont également été analysés les principaux cations et anions dans les eaux souterraines. La présence de toutes ces substances dans l'eau souterraine peut être d'origine naturelle ou d'origine anthropique.

La présence de nombreux cations et anions est en grande partie déterminée par la lithologie de la bordure de la vallée du Rhin supérieur et de la zone de piémont. Les graviers et les sables calcaires du Quaternaire de la plaine rhénane, les éboulis non calcaires de la Forêt Noire et des Vosges ainsi que l'infiltration dans la nappe de rivières en provenance des Vosges et de la Forêt Noire, déterminent des zonalités en certains paramètres mesurés sur le site et en métaux alcalins et alcalino-terreux. Dans beaucoup de secteurs, les formations calcaires ou gypseuses du piémont ont une influence sur la composition de l'eau, notamment sur la dureté ou sur les concentrations en calcium, magnésium et sulfates (carte 2).

L'apport de nitrates, de bore et de phosphore dans la nappe est surtout d'origine anthropique (agriculture, industrie, rejets domestiques) ; cependant ces substances se trouvent également dans l'eau souterraine à l'état naturel, en général à de faibles concentrations.

Le Rhin, qui joue un rôle important dans la zone d'étude, a également une influence sur la qualité des eaux souterraines. Des secteurs d'infiltration et de drainage de la nappe se succèdent le long du Rhin. Au sud du secteur d'étude jusqu'au Kaiserstuhl, le Rhin joue généralement le rôle de drain pour les eaux souterraines. Par contre, dans la partie nord du secteur d'étude, les secteurs où l'eau du Rhin s'infiltré dans la nappe dominant, infiltration en partie liée à la présence de barrages sur le fleuve.

3.2 Klassische Parameter

Als klassische Parameter werden alle vor Ort gemessenen Parameter (Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert und Sauerstoff) sowie die Hauptinhaltsstoffe des Grundwassers bezeichnet.

Durch die Vor-Ort-Parameter und andere das Wasser charakterisierende Parameter (Gesamthärte, Hydrogencarbonat) kann zunächst das wasserchemische Milieu erfaßt werden. Dies ist z.B. die Einordnung von Bereichen des Grundwassers mit vorherrschendem oxidativen oder reduzierenden Milieu oder die Stärke der Mineralisation der Wässer.

Nach den Vor-Ort-Parametern werden die Verteilungen der wichtigsten Kationen und Anionen im Grundwasser vorgestellt. Der Eintrag der Stoffe ins Grundwasser kann geogen oder anthropogen bedingt sein.

Das Vorkommen vieler Kationen und Anionen wird zum großen Teil von den geologischen Randbedingungen im Oberrheingraben und in der Vorbergzone bestimmt. Die quartären kalkhaltigen Kiese und Sande in der Oberrheinebene, die kalkfreien Schotter aus den Vogesen und dem Schwarzwald sowie die Infiltration von Vogesen- und Schwarzwaldbächen bestimmen die Konzentrationsmuster einiger Vor-Ort-Parameter, der Alkali- und Erdalkalimetalle. In manchen Bereichen haben die kalk- und gipshaltigen Randschollen in der Vorbergzone Einfluß auf die Grundwasserbeschaffenheit, vor allem bezüglich der Gehalte an Calcium, Magnesium, Sulfat oder der Gesamthärte (Karte 2).

Der Eintrag von Nitrat, Bor und Phosphor in das Grundwasser hat hauptsächlich anthropogene Ursachen (Landwirtschaft, Industrie, Siedlungsabfälle), doch sind auch diese Stoffe meist in geringen Mengen natürlicherweise im Grundwasser vorhanden.

Der Rhein, der im Untersuchungsgebiet eine wichtige Rolle spielt, hat ebenfalls Einfluß auf die Grundwasserbeschaffenheit. Abschnitte von Infiltration und Exfiltration wechseln sich ab. Dabei wirkt der Rhein im südlichen Untersuchungsgebiet bis zum Kaiserstuhl hauptsächlich als Vorfluter für das Grundwasser. Im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets hingegen dominieren Abschnitte, in denen Rheinwasser ins Grundwasser infiltriert, zum Teil auch aufgrund der Stauhaltungen im Rhein.

Dans de nombreux secteurs de la nappe, les fortes concentrations en certains paramètres diminuent grâce au phénomène de dilution par l'eau du Rhin.

Pour d'autres substances, dont les concentrations dans le Rhin sont supérieures à celles de la nappe (comme par exemple les chlorures, le sodium), l'infiltration conduit à une augmentation des concentrations des eaux souterraines de la bande rhénane.

Les raisons de la présence dans la nappe de certaines substances ne sont pas toujours connues, les origines géologiques ou anthropiques pouvant se juxtaposer ou s'influencer. Il est dans ce cas fait mention dans ce rapport des origines possibles ou vraisemblables des substances retrouvées dans la nappe.

In manchen Bereichen werden hohe Stoffkonzentrationen im Grundwasser durch Rheinwasser verdünnt.

Für andere Stoffe, deren Konzentrationen im Rheinwasser gegenüber dem Grundwasser höher sind (z.B. Chlorid, Natrium), führt die Infiltration zu einer Erhöhung der Konzentrationen im Grundwasser entlang des Rheins.

Die Eintragspfade sind jedoch nicht immer bekannt, geogene und anthropogene Ursachen für das Vorkommen eines Stoffes können sich überlagern oder sich gegenseitig beeinflussen. In diesen Fällen werden nachfolgend die wahrscheinlichen oder möglichen Ursachen genannt.

3.2.1 Température

Généralités

De façon générale, la température moyenne de l'eau des nappes peu profondes correspond à peu près à la température moyenne annuelle de la zone géographique considérée. La température des premiers mètres des eaux souterraines peut cependant varier sous l'influence de la température des eaux de pluie, de la température du sol ou de la température des eaux de surface qui s'infiltrent dans la nappe.

Constat

La moyenne des températures relevées sur l'ensemble de la zone étudiée est de 13,5°C et la médiane se situe à 13°C (Fig. 3.2.1). Une grande partie (55,3 %) des mesures de température réalisées dans le cadre de l'inventaire sont comprises entre 12 et 15°C. 25,9 % des points montrent une température inférieure à 12°C et 1 % ont une température supérieure à 20°C (Fig. 3.2.2). La limite de qualité européenne pour l'eau potable de 25 °C est dépassée pour deux points de mesure en Alsace (0,3 %) et pour un point de mesure côté badois (0,3 %).

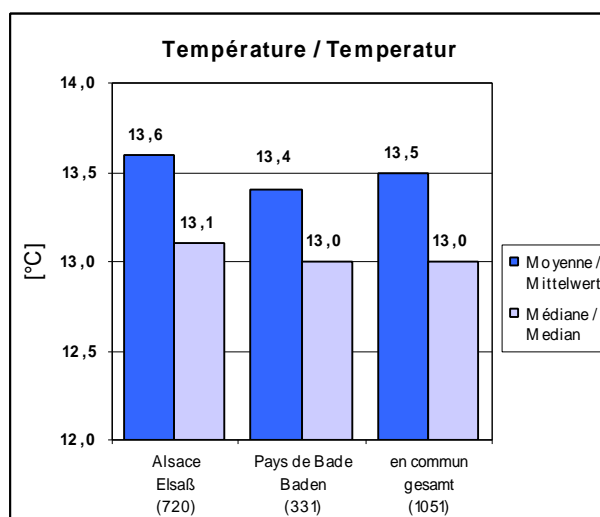


Fig. 3.2.1 : Moyennes et médianes de la répartition des valeurs de la température (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.1: Mittelwerte und Mediane der Temperaturverteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

3.2.1 Temperatur

Allgemeines

Die mittlere Temperatur des oberflächennahen Grundwassers entspricht im allgemeinen etwa der Jahresmitteltemperatur des Gebiets. Die obersten Bereiche des Grundwassers bis zu wenigen Metern Tiefe können jedoch deutlichen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen, da die Temperatur des Niederschlagswassers, des Bodens oder von infiltrierendem Oberflächenwasser die Grundwassertemperatur bestimmen.

Ergebnisse

Der Mittelwert der bemessenen Temperatur im gesamten Untersuchungsgebiet beträgt 13,5 °C, der Median liegt bei 13 °C (Abb. 3.2.1). Ein großer Teil der im Rahmen dieser Bestandsaufnahme untersuchten Meßstellen (55,3 %) weist eine Temperatur zwischen 12 und 15 °C auf. An 25,9 % der Meßstellen ist eine Temperatur kleiner als 12 °C, an 1 % größer als 20 °C gemessen worden (Abb. 3.2.2). Der EU-Grenzwert für Trinkwasser von 25 °C wird im Elsaß an 2 Meßstellen (0,3 %), in Baden an einer Meßstellen (0,3 %) überschritten.

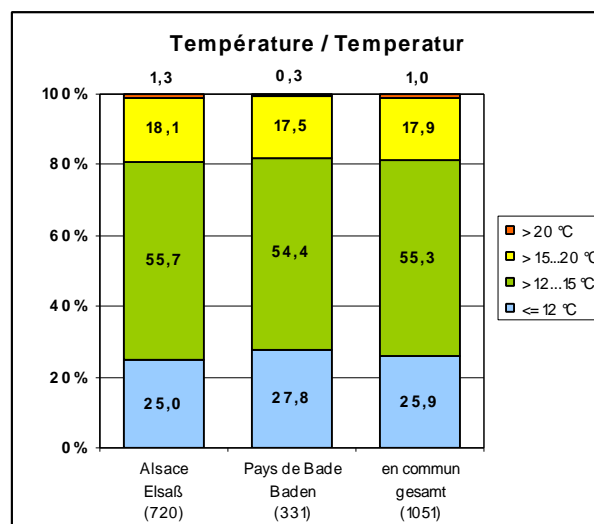


Fig. 3.2.2: Répartition des valeurs de la température (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.2: Verteilung der Temperatur (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Dans la vallée du Rhin supérieur, la moyenne des températures mesurées des eaux de la nappe est ainsi sensiblement supérieure à la température moyenne annuelle de l'air de la vallée du Rhin supérieur qui est de 10°C (Reklip, 1995).

En effet, les variations annuelles de la température de l'air peuvent se répercuter sur la température de l'eau souterraine jusqu'à près de 15 m. La plupart des prélèvements ayant été effectués dans les premiers mètres, la température moyenne de l'eau souterraine au moment de la campagne (de fin août jusqu'à octobre) se situe logiquement au dessus de la température moyenne annuelle de l'air.

La carte concernant l'ensemble des résultats relatifs à la température de l'eau de la nappe rhénane n'est pas présentée dans ce rapport, les petites variations de la température de l'eau souterraine observées n'étant pas très significatives. De plus, de nombreuses valeurs anormales, davantage liées à un manque de rigueur dans la mesure sur le site de ce paramètre qu'à un phénomène physique ou chimique affectant la nappe, rendraient la lecture de la carte difficile.

L'analyse des données permet toutefois de mettre en évidence une tendance à l'augmentation des températures à proximité des principaux cours d'eau (eaux superficielles plus chaudes à la période où les prélèvements ont été réalisés, entre fin août et octobre), ainsi qu'au niveau des puits situés sur des sites industriels et des puits de faible profondeur.

Les eaux du Pliocène (au nord de la Plaine d'Alsace) paraissent également plus chaudes, mais c'est dans ce secteur que le renouvellement de la colonne d'eau lors du prélèvement a été le plus difficile, les alluvions du pliocène ayant des perméabilités plus faibles que les alluvions rhénanes ; en outre, les puits de cette zone sont en général de faible profondeur.

Les températures supérieures à 15 °C mesurées côté badois ont été mesurées sur des puits dont les crépines se trouvaient à faible profondeur sous la surface du sol.

Des augmentations locales de température d'origine anthropique, comme par exemple le rejet d'eau de refroidissement réchauffée, n'ont pas été détectées.

Im Oberrheingraben liegt der Mittelwert der Grundwassertemperatur deutlich über der Jahresmitteltemperatur der Luft im Oberrheingraben von etwa 10 °C (Reklip, 1995).

Jahreszeitliche Schwankungen der Lufttemperatur wirken sich auf die Grundwassertemperatur bis in eine Tiefe von etwa 15 m aus (Mattheß, 1990). Da im Untersuchungsgebiet eine große Anzahl der Meßstellen in den oberen Metern verfiltert ist, lag die Grundwassertemperatur während des Beprobungszeitraums (Ende August bis Oktober) über der Jahresmitteltemperatur.

Auf die kartografische Darstellung der Temperatur wurde verzichtet, da die geringen Variationen der Grundwassertemperatur im Oberrheingraben nicht sehr aussagekräftig sind. Die Interpretation der Karte wird außerdem durch manche auffallende Werte erschwert, die jedoch eher auf Ungenauigkeiten bei der Vor-Ort-Messung dieses Parameters als auf physikalische oder chemische Phänomene zurückzuführen sind.

Die Auswertung der Daten zeigt dennoch eine leichte Erhöhung der Temperatur in der Nähe der größeren Fließgewässer (die Oberflächengewässer waren während des Beprobungszeitraums zwischen Ende August und Oktober erwärmt), an Meßstellen in Industriegebieten, sowie an Meßstellen geringer Tiefe.

Das Grundwasser im Pliozän (im Norden der elsässischen Oberrheinebene) ist etwas wärmer. In diesem Gebiet floß das Grundwasser während des Pumpbetriebs bei der Probenahme sehr langsam nach, da die pliozänen Ablagerungen eine geringere Durchlässigkeit aufweisen als die Sedimente im oberrheinischen Hauptaquifer. Außerdem sind die Meßstellen in diesem Gebiet in der Regel sehr flach.

Auch auf badischer Seite wurden Temperaturen über 15 °C vor allem an Meßstellen gemessen, deren Filteroberkanten sich nur wenige Meter unter der Geländeoberfläche befinden.

Lokale, anthropogen verursachte Temperaturerhöhungen z.B. durch Einleiten von erwärmtem Kühlwasser wurden durch die Messungen nicht erfaßt.

3.2.2 Conductivité électrique

Généralités

La conductivité est un paramètre global qui donne une indication de la quantité de sels ionisés en solution dans l'eau. Plus il y a de sels en solution en provenance du sous-sol ou de l'activité humaine, plus la conductivité est élevée.

La conductivité s'exprime habituellement en mS/m (milli-Siemens par mètre) ou en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($1 \text{ mS}/\text{m} = 10 \mu\text{S}/\text{cm}$). La conductivité dépend de la température et est donnée pour la température de référence de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, conformément aux indications de la directive européenne de 1993. Les données suisses mesurées pour $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ont été recalculées à la température de référence de $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Constat

Pour l'ensemble de la vallée du Rhin supérieur, la valeur médiane se situe à $655 \mu\text{S}/\text{cm}$. En Alsace, la valeur moyenne est de $995 \mu\text{S}/\text{cm}$, la médiane étant de $660 \mu\text{S}/\text{cm}$; côté badois, ces valeurs sont respectivement de 649 et $662 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 3.2.3).

La valeur minimale conseillée en France est de $400 \mu\text{S}/\text{cm}$; la conductivité mesurée est inférieure à ce seuil sur $13,7 \%$ des points de mesures ; la limite allemande pour l'eau potable de $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ est dépassée par $1,5 \%$ des points (Fig. 3.2.4).

En raison des caractéristiques de l'aquifère (calcaire au niveau de la plaine rhénane), l'eau souterraine est faiblement à moyennement minéralisée. En général, les eaux superficielles et souterraines provenant des Vosges et de la Forêt Noire ont une conductivité plus faible, les roches silicatées dominantes (granite, gneiss, grès) contenant moins de sels solubles.

Côté alsacien, les valeurs de conductivité les plus élevées sont observées au niveau du bassin potassique, où les salinités sont les plus fortes. Sont également mises en évidence les autres zones polluées par les chlorures (lignes salées à l'aval du bassin potassique) ou par les sulfates. Les zones de fortes concentrations en nitrates, telles qu'en bordure de nappe, sur le Pliocène de Haguenau et à l'aval de Chalampé, sont également caractérisées par des conductivités supérieures à $800 \mu\text{S}/\text{cm}$.

3.2.2 Elektrische Leitfähigkeit

Allgemeines

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Summenparameter, der über die Menge der im Wasser als Ionen gelösten Salze Aufschluß gibt. Je mehr Ionen im Grundwasser vorhanden sind, die aus dem Untergrund gelöst oder anthropogen eingetragen wurden, desto höher ist die Leitfähigkeit.

Üblicherweise wird die Leitfähigkeit in mS/m oder $\mu\text{S}/\text{cm}$ angegeben ($1 \text{ mS}/\text{m} = 10 \mu\text{S}/\text{cm}$). Die Leitfähigkeit ist temperaturabhängig und wird gemäß der Europäischen Richtlinie von 1993 auf die Referenztemperatur von $25 \text{ }^\circ\text{C}$ bezogen. Die Meßwerte aus der Schweiz, die auf $20 \text{ }^\circ\text{C}$ bezogen werden, wurden zur Vergleichbarkeit auf $25 \text{ }^\circ\text{C}$ umgerechnet.

Ergebnisse

Im gesamten Oberrheingraben liegt der Median bei $655 \mu\text{S}/\text{cm}$. Im Elsaß beträgt der Mittelwert der Leitfähigkeit $995 \mu\text{S}/\text{cm}$, der Median $660 \mu\text{S}/\text{cm}$, im badischen Teil $649 \mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. $662 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Abb. 3.2.3).

Der französische empfohlene Mindestwert von $400 \mu\text{S}/\text{cm}$ wird an insgesamt $13,7 \%$ aller untersuchten Meßstellen unterschritten, der deutsche Grenzwert für Trinkwasser von $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ wird an $1,5 \%$ überschritten (Abb. 3.2.4).

Aufgrund des kalkhaltigen Grundwasserleiters in der Oberrheinebene ist das Grundwasser natürlicherweise schwach bis gut mineralisiert. Geringere Leitfähigkeiten sind im allgemeinen in Grundwässern und oberirdischen Gewässern aus den Vogesen und dem Schwarzwald zu finden. Die dort vorherrschenden silikatischen Gesteine (Granit, Gneis, Buntsandstein) enthalten weniger zu lösende Salze.

Auf elsässischer Seite werden die höchsten Leitfähigkeiten im Bereich des Kalibeckens beobachtet, wo der Salzgehalt am höchsten ist. Auch in den Bereichen, die durch Chlorid (Salzfahnen im Abstrom des Kalibeckens) oder Sulfat belastet sind, wurden höhere Leitfähigkeiten gemessen. Auch Bereiche hoher Nitratgehalte wie die Randbereiche des Grundwasserleiters, das Pliozän von Haguenau und das Gebiet nördlich von Chalampé sind durch Leitfähigkeiten über $800 \mu\text{S}/\text{cm}$ charakterisiert.

Enfin, les plus faibles valeurs de conductivité sont mesurées au débouché des rivières vosgiennes, dont les eaux sont généralement faiblement minéralisées.

Die geringsten Leitfähigkeiten wurden in den Tal-ausgängen der Vogesenflüsse gemessen, deren Wässer im allgemeinen schwach mineralisiert sind.

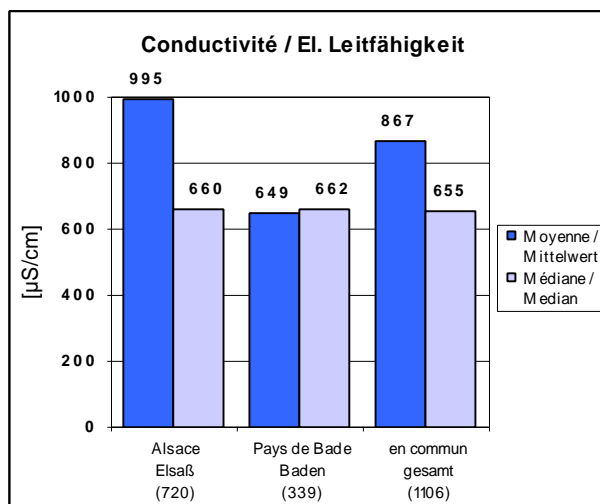


Fig. 3.2.3 : Moyennes et médianes de la répartition des valeurs de la conductivité (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.3: Mittelwerte und Mediane der Verteilung der Leitfähigkeit (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Côté badois, les valeurs de conductivité élevées, supérieures à 800 µS/cm, se trouvent avant tout dans la partie sud de la zone d'étude. Plusieurs facteurs peuvent être invoqués : les alluvions quaternaires sont plus calcaires au sud qu'au nord du Kaiserstuhl, et les eaux provenant du piémont ont une conductivité élevée. Par ailleurs, les apports de fertilisants conduisent également à une augmentation de la minéralisation de l'eau souterraine dans les zones d'agriculture intensive.

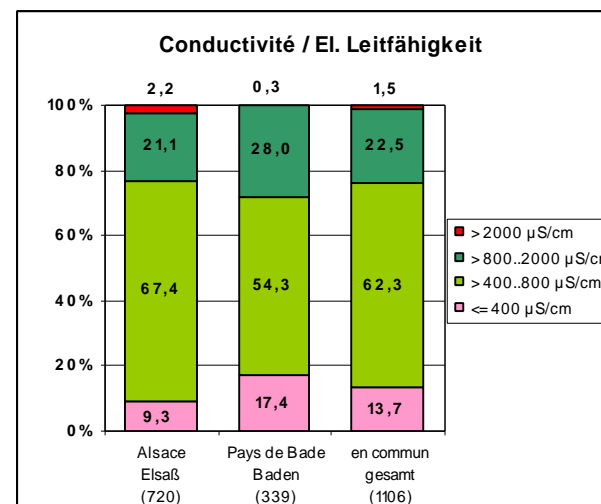


Fig. 3.2.4: Répartition des valeurs de la conductivité (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.4: Verteilung der Leitfähigkeit (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Les eaux souterraines présentant des valeurs de conductivité faibles, inférieures à 400 µS/cm, se trouvent près de Freiburg et Staufen, où ces faibles valeurs de conductivité sont liées aux caractéristiques de l'aquifère, qui est composé de graviers de la Forêt Noire. L'influence de l'infiltration d'eau faiblement minéralisée des cours d'eau de la Forêt Noire est sensible le long de la Wiese, de la Möhlin, de l'Elz, de la Kinzig, de la Rench et de la Murg.

In der Badischen Rheinebene sind erhöhte elektrische Leitfähigkeiten von über 800 µS/cm vor allem im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets zu finden. Verschiedene Faktoren können hierfür verantwortlich sein. Die quartären Schotter sind südlich des Kaiserstuhls kalkhaltiger als nördlich des Kaiserstuhls, außerdem ist die Leitfähigkeit der Grundwässer erhöht, die aus der Vorbergzone der Oberrheinebene zuströmen. Auch der Eintrag von Düngemittel führt in den landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten zu einer höheren Mineralisation des Grundwassers.

Grundwässer mit geringerer elektrischer Leitfähigkeit unter 400 µS/cm befinden sich in der Stauffer und Freiburger Bucht, wo der aus Schwarzwaldkiesen bestehende Grundwasserleiter die geringeren Leitfähigkeiten bedingt. Der Einfluß der ins Grundwasser infiltrierenden, schwach mineralisierten Fließgewässer aus dem Schwarzwald läßt sich entlang der Wiese, Möhlin, Elz, Kinzig, Rench und Murg erkennen.

3.2.3 pH

Généralités

Le potentiel Hydrogène (pH) permet de mesurer l'acidité de l'eau, qui conditionne de multiples manières les réactions chimiques. Dans le domaine de la distribution de l'eau, c'est un indice très important pour prévoir la corrosion des canalisations métalliques et à base de ciment.

La valeur du pH de l'eau souterraine dépend principalement de la présence de gaz carbonique. Lorsque le gaz carbonique est disponible, des acides peuvent être libérés lors de l'oxydation de matières organiques par des micro-organismes, ce qui conduit à l'abaissement du pH. Les eaux acides (avec un pH faible) apparaissent dans les zones marécageuses. La présence de dépôts de tourbe ou de sols fossiles peut également conduire à une acidification des eaux. Dans les aquifères carbonatés, la présence d'ions hydrogénocarbonates entraîne un effet tampon pour l'eau, qui est ainsi moins sensible à l'acidification.

L'acidification d'origine anthropique est liée aux rejets contenant des oxydes de soufre et d'azote, en provenance de l'industrie, de l'agriculture et de la circulation.

Constat

Pour une eau destinée à la consommation humaine, le pH doit être compris entre 6,5 et 9,5 en Allemagne (entre 6,5 et 9 en France). Dans la directive européenne pour l'eau potable, une limite supérieure de 9,5 est adoptée. La valeur médiane est de 7,2 en Alsace et de 7,15 en Pays de Bade (Fig. 3.2.5). La limite supérieure n'est jamais dépassée ; par contre, 9,3 % des points de mesures en Alsace, 7,2 % en Pays de Bade, se trouvent au-dessous de la limite inférieure de 6,5 (Fig. 3.2.6).

Du fait de la nature calcaire de l'aquifère et de la présence d'ions hydrogénocarbonates, le pH se situe dans un domaine tamponné entre 6,5 et 9,5 dans la plaine de Rhin supérieur. On n'observe de ce fait pratiquement jamais d'acidification des eaux souterraines par suite de l'acidification des sols.

3.2.3 pH-Wert

Allgemeines

Der pH-Wert ist ein Maß für den Säuregehalt des Wassers und beeinflusst in vielfältiger Art chemische Reaktionen. In der Wasserversorgung ist er eine wichtige Größe für die Beurteilung des Korrosionsverhaltens von metallischen und zementhaltigen Rohrleitungen.

Hauptsächlich wird der pH-Wert des Grundwassers durch die Anwesenheit von Kohlenstoffdioxid bestimmt. Wenn Kohlenstoff zur Verfügung steht, können freie Säuren durch mikrobielle Oxidation von organischen Substanzen entstehen, die zur Erniedrigung des pH-Werts führen. Saure Wässer (mit niedrigem pH-Wert) kommen also im Einflußbereich anmooriger Flächen vor, auch eingelagerte Torfe oder fossile Böden können zu einer Versauerung führen. In carbonatischen Grundwasserleitern führt das Vorhandensein von Hydrogencarbonaten zur Pufferung des Wassers, welches dadurch unempfindlicher gegenüber sauren Einwirkungen ist.

Anthropogene Ursachen der Versauerung sind Emissionen von säurebildenden Schwefel- und Stickoxiden aus Industrie, Landwirtschaft und Verkehr.

Ergebnisse

Der für Trinkwasser zulässige pH-Bereich liegt in Deutschland zwischen 6,5 und 9,5 (in Frankreich zwischen 6,5 und 9). In der EU-Trinkwasser-Richtlinie wird ein Grenzwert von 9,5 angegeben. Der Medianwert liegt im Elsaß bei 7,20, in Baden bei pH 7,15 (Abb. 3.2.5). Der obere Grenzwert für Trinkwasser wird an keiner Meßstelle überschritten, unter dem unteren Grenzwert von 6,5 liegen 9,3 % der Meßstellen im Elsaß und 7,2 % auf badischer Seite (Abb. 3.2.6).

In der gesamten Oberrheinebene liegt der pH-Wert aufgrund des kalkhaltigen Kiesgrundwasserleiters, aus denen Hydrogencarbonat-Ionen gelöst werden, zum größten Teil im gepufferten Bereich zwischen 6,5 und 9,5. Die Grundwasserversauerung als Folge der Versauerung von Böden spielt daher kaum eine Rolle.

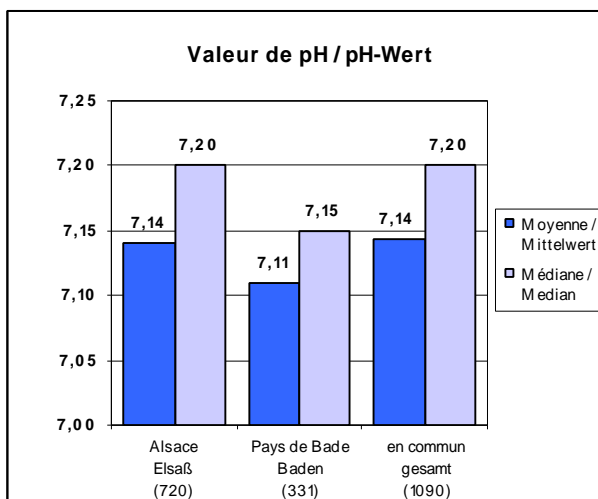


Fig. 3.2.5 : Moyennes et médianes de la répartition des valeurs du pH (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.5: Mittelwerte und Mediane der pH-Wert-Verteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

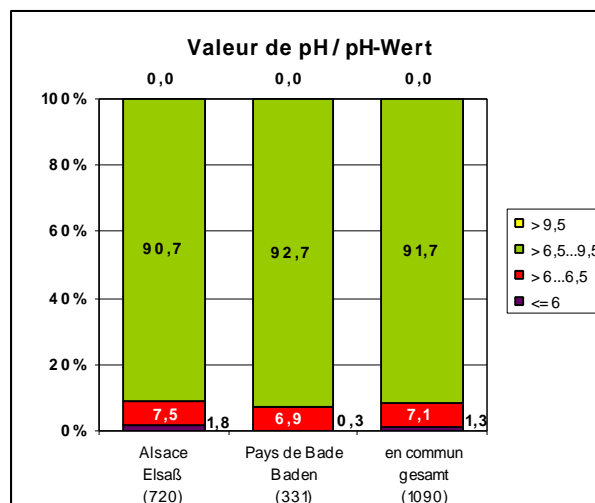


Fig. 3.2.6: Répartition des valeurs du pH (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.6: Verteilung des pH-Werts (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En rive gauche du Rhin, les eaux les plus acides sont observées au niveau des cônes de déjection des rivières vosgiennes : dans ces zones, l'eau arrivant des Vosges pénètre dans un aquifère composé de roches silicatées, après avoir circulé sur des roches acides. Ce phénomène est particulièrement visible côté alsacien, où les cônes de déjection des rivières sont très développés. L'acidité des eaux est également mise en évidence dans le pliocène de Haguenau (démantèlement des grès vosgiens). L'acidité des eaux peut être localement aggravée par la présence d'effluents industriels.

La répartition des valeurs de pH en rive droite du Rhin est comparable à la distribution de la conductivité. Seuls les graviers silicatés acides de la Forêt Noire sont responsables des faibles pH dans les vallées de Freiburg et Staufen. C'est en particulier près d'Emmendingen dans le piémont qu'a été mesuré le pH le plus bas, soit 5,94. De même, l'infiltration d'eau peu tamponnée des rivières de la Forêt Noire, comme la Kinzig ou la Rench, conduit localement à des pH inférieurs à 6,5.

Links des Rheins werden die sauersten Wässer im Bereich der Schwemmfächer der Vogesenflüsse beobachtet, wo das Wasser aus den sauren Gesteinen der Vogesen in den aus silikatischem Gestein bestehenden Aquifer infiltriert. Dieses Phänomen zeigt sich auf elsässischer Seite besonders dort, wo die Schwemmfächer der Flüsse sehr ausgeprägt sind. Saure Wässer kommen auch im Pliozän von Haguenau vor (Abtragungsschutt des Sandsteins der Vogesen). Die saure Eigenschaft der Wässer kann lokal durch industrielle Abwässer verstärkt werden.

Die Verteilung des pH-Werts auf der rechtsrheinischen Seite gleicht der Leitfähigkeitsverteilung. Nur die sauren silikathaltigen Schwarzwaldkiese in der Freiburger und zum Teil in der Staufferen Bucht verursachen geringe pH-Werte. Bei Emmendingen am Schwarzwaldrand wurde ein Minimalwert von pH 5,94 gemessen. Auch die Infiltration wenig gepufferten Wassers aus den Schwarzwaldbächen wie der Kinzig und der Rench führt lokal zu pH-Werten im sauren Bereich unter pH 6,5.

3.2.4 Oxygène dissous

Généralités

La concentration naturelle en oxygène dépend de la présence de matières oxydables organiques ou inorganiques (par exemple dans les zones marécageuses). L'oxygène est consommé par l'oxydation de celles-ci. Un temps de séjour prolongé augmente la consommation d'oxygène. Une faible profondeur de la nappe par rapport au sol, et par conséquent la réduction de la zone aérée du sol, ainsi que la présence d'une couverture argileuse, limitent l'apport d'oxygène par l'air du sol.

Les conditions oxydantes ou réductrices dans les eaux souterraines résultent de la présence ou de l'absence d'oxygène dissous. Ces conditions influencent la solubilité de nombreuses substances. Dans les eaux pauvres en oxygène, compte tenu des conditions réductrices, l'oxygène lié présent dans les substances est consommé. Dans de tels milieux, les substances existent sous forme réduite : ammonium, nitrites, sulfures, hydrogène sulfuré, fer II et manganèse II. Au contraire, dans les eaux riches en oxygène prédominent les formes oxydées : nitrates et sulfates, alors que le fer III et le manganèse IV dissous sont précipités.

Constat

La médiane de la concentration en oxygène dissous est de 4,7 mg/l dans la vallée du Rhin supérieur, ce qui représente une saturation de 46 %. En Alsace, la médiane est de 5 mg/l et côté badois de 4,1 mg/l (Fig. 3.2.7). 4,3 % des points en Alsace et 18,8 % en Pays de Bade indiquent une concentration inférieure à 1 mg/l ; 35,6 % et 27,0 % des points, respectivement, ont une concentration supérieure à 6 mg/l (Fig. 3.2.8). Il n'existe pas de limite ou de valeur guide pour l'oxygène, car la concentration en oxygène de l'eau souterraine se rapproche de la valeur de saturation lorsqu'elle est mise au contact de l'oxygène de l'air.

Côté alsacien, les concentrations en oxygène dissous sont faibles dans les zones hydromorphes réductrices, telles que le Ried entre Colmar et Strasbourg, la frange rhénane de Kunheim à Gamsheim, à l'aval de Mulhouse le long de l'III et dans les zones humides entre la Doller et la Lauch.

En revanche, les concentrations sont élevées (> 6 mg/l) en Centre plaine dans les terrains graveleux de Saint-Louis à Benfeld, qui permettent une vitesse de circulation élevée et réduisent ainsi le temps de séjour dans l'aquifère. Les concentra-

3.2.4 Gelöster Sauerstoff

Allgemeines

Der natürliche Sauerstoffgehalt wird durch das Vorhandensein oxidierbaren organischen und anorganischen Materials (z.B. in moorigen Bereichen) bestimmt. Bei der Oxidation wird Sauerstoff verbraucht. Lange Verweilzeiten des Grundwassers bewirken eine zunehmende Zehrung des Sauerstoffs. Geringe Flurabstände und in Folge eine geringmächtige belüftete Bodenzone sowie lehmige Deckschichten schränken den Eintrag von Sauerstoff über die Bodenluft ein.

Das Vorhandensein oder Fehlen von freiem Sauerstoff ist im Grundwasser entscheidend, ob oxidierende oder reduzierende Bedingungen herrschen. Das Redoxpotential wiederum hat grundlegende Bedeutung für die Löslichkeit vieler Stoffe. In reduzierendem Milieu wird zunächst freier, dann gebundener Sauerstoff abgebaut. Dadurch werden die reduzierten Formen Ammonium, Nitrit, Sulfid und Schwefelwasserstoff, Eisen-II und Mangan-II gebildet. In sauerstoffreichen Wässern hingegen liegen die oxidierten Formen Nitrat und Sulfat vor, Eisen III und Mangan IV werden ausgefällt.

Ergebnisse

Der Median des Sauerstoffgehalts im Oberrheingraben beträgt 4,7 mg/l, was einer Sättigung von 46 % entspricht. Im Elsaß liegt der Median bei 5,0 mg/l, in Baden bei 4,1 mg/l (Abb. 3.2.7). 4,3 % der untersuchten Meßstellen im Elsaß und 18,8 % auf badischer Seite weisen einen Sauerstoffgehalt unter 1 mg/l und 35,6 % bzw. 27,0 % einen Sauerstoffgehalt über 6 mg/l auf (Abb. 3.2.8). Grenzwert oder Richtwerte für Sauerstoff gibt es nicht, da sich der Sauerstoffgehalt im Grundwasser bei Kontakt mit Luftsauerstoff dem Sättigungsgehalt annähert.

Geringe Sauerstoffgehalte sind auf elsässischer Seite in den hydromorphen reduzierten Zonen wie im Ried zwischen Colmar und Straßburg, in Rheinnähe von Kunheim bis Gamsheim, nördlich von Mulhouse entlang der III und in den Feuchtgebieten zwischen Doller und Lauch zu finden.

Hingegen ist der Sauerstoffgehalt in der Mitte der Rheinebene in den kiesigen Gebieten von Saint-Louis bis Benfeld erhöht (> 6 mg/l), wo die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers hoch und folglich die Verweilzeit im Aquifer geringer ist. Hohe

tions sont également élevées dans la Hardt, où la nappe est relativement profonde et dans certaines parties du pliocène, où la nappe est plus profonde ou directement liée aux infiltrations des rivières, comme l'Eberbach ou la Moder.

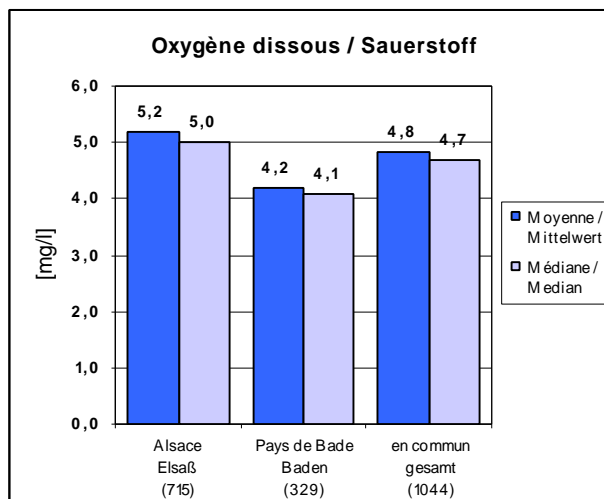


Fig. 3.2.7 : Moyennes et médianes de la répartition des concentrations en oxygène dissous (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.7: Mittelwerte und Mediane der Sauerstoffverteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Côté badois, au nord du secteur d'étude, prédominent des concentrations inférieures à 4 mg/l ou même inférieures à 1 mg/l. A cet endroit, la proportion de sables, de silts et la quantité de matière organique augmentent dans l'aquifère : ainsi, le temps de séjour moyen de l'eau et la consommation de l'oxygène augmentent également.

A l'est du Kaiserstuhl, ainsi que le long du piémont, d'Emmendingen et Lahr jusqu'à Ettenheim, de faibles concentrations sont observées dans un ancien chenal du Rhin. Après sa déconnexion du fleuve, ce bras s'est comblé, emprisonnant beaucoup de matière organique. Cette dernière a été décomposée par les micro-organismes avec consommation d'oxygène. Des processus identiques conduisent à des concentrations faibles dans les zones inondables, le long du Rhin, et dans la dépression de la Kinzig et de la Murg dans la zone de Kehl/Offenburg. De plus, la faible profondeur de la nappe dans la basse plaine rhénane au nord du secteur d'étude, associée à une couverture de sols peu perméables (prairies humides), entraîne une diminution des apports d'oxygène par l'atmosphère. Dans plusieurs secteurs, la présence de marais ou de tourbières entraîne une consom-

Sauerstoffgehalte sind ebenfalls in der Hardt zu finden, wo der Grundwasserspiegel vergleichsweise tief ist, außerdem in manchen Bereichen des Pliozäns, wo der Grundwasserspiegel tiefer liegt oder das Grundwasser durch Infiltration von Flüssen wie Eberbach oder Moder beeinflusst ist.

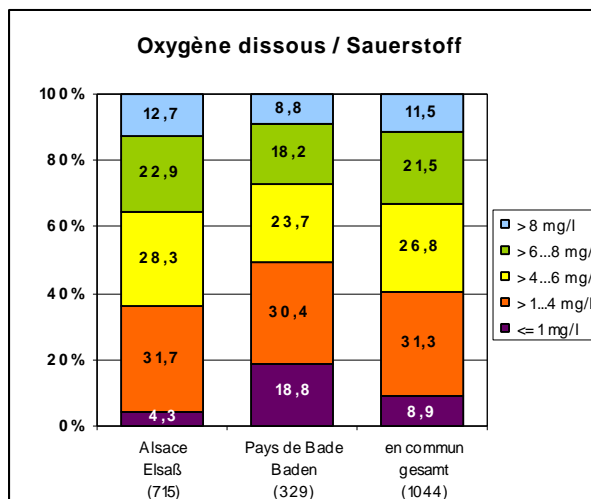


Fig. 3.2.8: Répartition des concentrations en oxygène dissous (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.8: Verteilung der Sauerstoffkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Auf badischer Seite treten vor allem im nördlichen Untersuchungsgebiet Sauerstoffgehalte unter 4 mg/l oder sogar unter 1 mg/l auf. Dort nehmen die Sand- und Schluffanteile und die Menge an organischem Material im Grundwasserleiter und dadurch auch die mittlere Verweilzeit des Grundwassers und die Sauerstoffzehrung zu.

Östlich des Kaiserstuhls sowie entlang der Emmendinger-Lahrer Vorbergzone bis Ettenheim sind niedrige Sauerstoffgehalte in der Ostrheinrinne, einem ehemaligen Flußbett des Rheins, zu finden. Nach dem Abschnüren dieses Flußarms verlandeten die Altarme und hinterließen viel organisches Material. Dieses wird mikrobiell unter Sauerstoffzehrung abgebaut. Die gleichen Prozesse führen entlang des Rheins in den Rheinauen und in der Kinzig-Murg-Niederung im Bereich Offenburg/Kehl zu niedrigen Sauerstoffgehalten. Außerdem vermindern geringe Flurabstände in der Rheinniederung des nördlichen Untersuchungsgebiets in Zusammenhang mit schlecht durchlässigen Deckschichten (Auenböden) den Eintrag von Sauerstoff über die Bodenluft. In manchen Bereichen verursachen Anmoore oder torfige Vorkommen die Zehrung des Sauerstoffs.

mation de l'oxygène.

Au sud du Kaiserstuhl, prédominent des concentrations supérieures à 4 mg/l. En effet, il y a ici suffisamment d'apport d'oxygène et peu de consommation : ceci s'explique par la profondeur de la nappe, qui la plupart du temps est supérieure à 5 m, et par une vitesse d'écoulement élevée dans un aquifère graveleux de bonne transmissivité. Le long du piémont de la Forêt Noire au nord d'Offenburg, ainsi que sur la partie Est du bassin de Freiburg, on mesure également localement des concentrations élevées liées à l'apport d'une eau riche en oxygène.

La grande variabilité locale à petite échelle dans de nombreux secteurs peut s'expliquer par des variations locales de la composition de l'aquifère, de la couverture de sols, de l'utilisation du sol mais aussi par les conditions de prélèvement.

Südlich des Kaiserstuhls herrschen höhere Sauerstoffgehalte über 4 mg/l im Grundwasser vor. Aufgrund der vergleichsweise großen Flurabstände von meist über 5 m und der relativen hohen Fließgeschwindigkeiten in dem gut durchlässigen Kiesgrundwasserleiter wird hier ausreichend Sauerstoff eingetragen und wenig abgebaut. Auch entlang des Schwarzwaldrands nördlich von Offenburg sowie in der östlichen Freiburger Bucht treten durch sauerstoffreiche Randzuströme vereinzelt hohe Sauerstoffgehalte auf.

Die mancherorts hohe Variabilität auf kleinem Raum kann auf lokale Variationen der Zusammensetzung des Grundwasserleiters, der Bodenbedeckung oder der Landnutzung zurückgeführt werden, aber auch auf die Bedingungen bei der Probenahme.

3.2.5 Dureté totale

Généralités

La dureté totale, correspondant à la somme des composés alcalino-terreux, dépend de la concentration en ions calcium, magnésium, strontium et baryum. La valeur de ce paramètre est calculée par définition en négligeant la concentration en strontium et baryum, ces éléments étant généralement présents à l'état de traces.

La dureté d'origine naturelle est déterminée par la concentration en calcaire dans le sous-sol et par l'équilibre calcaire / acide carbonique ambiant. Une augmentation de la dureté peut être provoquée par un apport de calcium, un mélange d'eaux souterraines d'équilibre calco-carbonique différent ou par des processus microbiens. La décomposition microbienne de matières organiques produit en effet de l'acide carbonique, qui peut dissoudre le calcium et le magnésium des roches calcaires.

La dureté est un paramètre important, davantage pour des raisons d'ordre technique que pour des raisons d'ordre sanitaire. Une eau dure a comme conséquence l'« entartrage » des conduites et des appareils ménagers ainsi que des besoins plus importants en adoucissant pour la lessive. Toutefois, une dureté minimale est souhaitable pour la formation d'une couche protectrice dans les tuyauteries.

En France, la dureté est généralement mesurée en degré français (1 degré français = 10 mg/l CaCO₃) et en Allemagne en degré allemand (1 degré allemand dH = 10 mg/l CaO). Les valeurs européennes sont exprimées en mg/l de Ca, la dureté magnésique étant convertie en dureté calcique. Les données peuvent également être exprimées en mmol/l. La conversion est la suivante :

$$10 \text{ mg/l Ca} = 0,25 \text{ mmol} = 2,5 \text{ degré français} = 1,4 \text{ °dH}$$

Pour permettre le traitement statistique et l'exploitation des données, l'unité européenne exprimée en mg/l Ca a été retenue. La conversion des limites des classes de valeurs en degré nationaux peut être extraite du tableau 3.2.3.

La loi allemande sur les lessives stipule que des recommandations de dosage doivent figurer sur l'emballage. Elle distingue 4 classes de dureté : douce (1-7 °dH), moyenne (7-14 °dH), dure (14-21 °dH), très dure (> 21 °dH).

3.2.5 Gesamthärte

Allgemeines

Die Gesamthärte entspricht der Summe der Erdalkalien, also dem Gehalt an Calcium-, Magnesium-, Strontium- und Bariumionen. Definitionsgemäß wird hier bei der Summenbildung der Gehalt an Strontium und Barium vernachlässigt, da diese Elemente meist nur in Spuren vorkommen.

Die natürlich verursachte Härte wird vom Kalkgehalt des geologischen Untergrundes und dem jeweiligen Kalk/Kohlensäure-Gleichgewicht bestimmt. Aufhärten können durch Kalkung, Mischung verschiedener Grundwässer mit unterschiedlichen Kalk/Kohlensäure-Gleichgewichten oder durch mikrobielle Prozesse verursacht werden. Beim mikrobiellen Abbau organischer Materialien entsteht Kohlenstoffdioxid, das wiederum Calcium und Magnesium aus kalkhaltigem Gestein lösen kann.

Die Gesamthärte ist weniger aus gesundheitlichen Gesichtspunkten als für technische Belange von Bedeutung. Die Bildung von "Kesselstein" in Rohren und Haushaltsgeräten sowie ein erhöhter Bedarf an Enthärter im Waschmittel sind Auswirkungen von hartem Wasser. Andererseits ist eine Mindesthärte für die Bildung einer Schutzschicht in den Wasserleitungen wünschenswert.

In Frankreich wird die Gesamthärte allgemein in Grad französischer Härte angegeben (1°fH = 10 mg/l CaCO₃), in Deutschland in Grad deutscher Härte (1°dH = 10 mg/l CaO). Die EU-Werte werden in mg/l Ca angegeben, die Magnesiumhärte wird dabei in Calciumhärte umgerechnet. Alle Angaben der Gesamthärte können auch in der Einheit mmol/l angegeben werden. Es gilt die Umrechnung:

Bei den statistischen Auswertungen sowie auf den Karten wird die Härte zur Vergleichbarkeit der Werte gemäß der EU-Richtlinie in mg/l Ca angegeben. Die Umrechnung der verwendeten Klassengrenzen in nationale Härtegrade kann Tabelle 3.2.3 entnommen werden.

Im deutschen Waschmittelgesetz, nach dem auf Waschmittelverpackungen Dosierempfehlungen angegeben werden müssen, werden 4 Härtebereiche unterschieden: weiches Wasser (1-7 °dH), mittelhartes Wasser (7-14 °dH), hartes Wasser (14-21 °dH) und sehr hartes Wasser (über 21 °dH).

Tab. 3.2.3: Limites des classes de valeurs pour la dureté totale exprimées en différentes unités
 Tab. 3.2.3: Klassengrenzen der Gesamthärte in verschiedenen Einheiten

mg/l Ca	60,0	120,0	200,0
mmol/l	1,5	3,0	5,0
degré français	15,0	30,0	50,0
°dH (degré allemand)	8,4	16,8	28,0

Constat

La valeur médiane de la dureté totale se situe à 109,8 mg/l Ca sur l'ensemble de la zone étudiée, à 103,0 mg/l Ca dans la vallée alsacienne et à 129,1 mg/l Ca en Pays de Bade (Fig. 3.2.9). 14,7 % des valeurs mesurées en Alsace et 14,2 % en Pays de Bade sont inférieures à la valeur minimale européenne (60 mg/l Ca). Il n'existe pas de limite de qualité supérieure. De l'eau très dure (plus de 200 mg/l Ca) a été mise en évidence sur 5,3 % des points en Alsace et sur 4,5 % côté badois (Fig. 3.2.10).

Ergebnisse

Der Median der Gesamthärte beträgt im gesamten Untersuchungsgebiet 109,8 mg/l Ca, im elsässischen Oberrheingraben 103,0 mg/l Ca und im badischen Teil 129,1 mg/l Ca (Abb. 3.2.9). Die EU-Mindestkonzentration von 60 mg/l Ca wird im Elsaß an 14,7 % der untersuchten Meßstellen unterschritten, in Baden an 14,2 %. Einen oberen Grenzwert gibt es nicht. Sehr hartes Wasser mit einer Gesamthärte über 200 mg/l Ca wurde an 5,3 % der Meßstellen im Elsaß und an 4,5 % auf badischer Seite gemessen (Abb. 3.2.10).

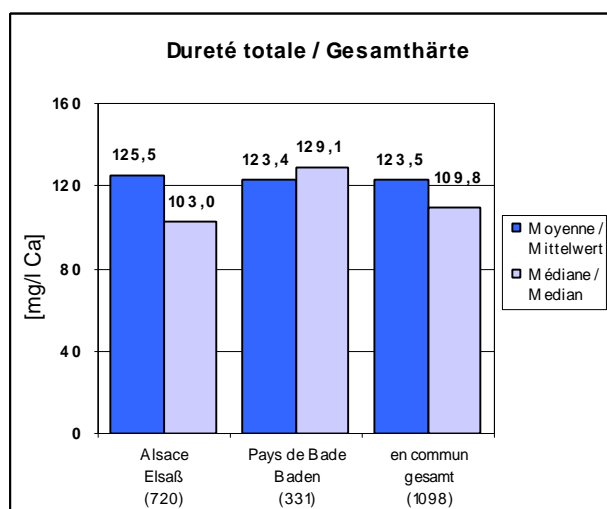


Fig. 3.2.9 : Moyennes et médianes de la répartition des valeurs de la dureté totale (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.9: Mittelwerte und Mediane der Verteilung der Gesamthärte (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

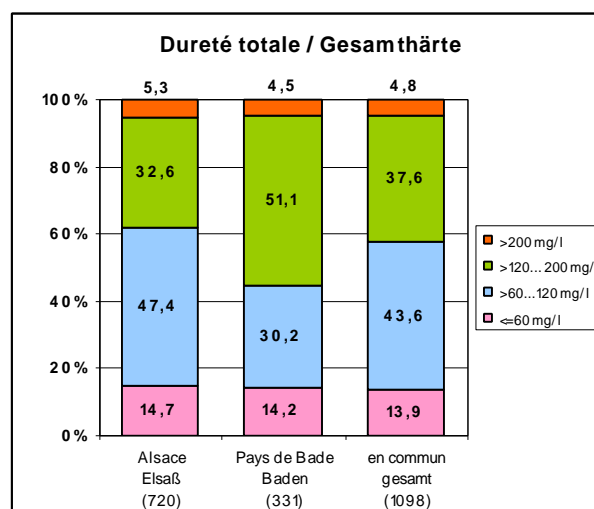


Fig. 3.2.10: Répartition des valeurs de la dureté totale (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.10: Verteilung der Konzentrationen der Gesamthärte (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

La dureté totale dans la vallée du Rhin supérieur se situe essentiellement entre 60 et 200 mg/l Ca, car les graviers calcaires alpins constituant l'aquifère déterminent la dureté. Sur l'ensemble de la zone d'étude, la répartition des valeurs de la dureté totale est très semblable à celle de la conductivité électrique.

Die Gesamthärte liegt im Oberrheingraben überwiegend zwischen 60 und 200 mg/l Ca, da in den kalkhaltigen alpinen Kiesen, die den Grundwasserleiter bilden, ausreichend Härtebildner vorhanden sind. Im gesamten Untersuchungsgebiet ist die Verteilung der Gesamthärte der Leitfähigkeitsverteilung sehr ähnlich.

Côté alsacien, la dureté est élevée dans les eaux carbonatées à l'aval du Sundgau, dans les zones de lœss de l'ouest de Strasbourg et en bordure de la terrasse du Pliocène de Haguenau. Elle est également très forte au niveau des formations gypsifères du Keuper et au niveau du bassin potassique, les terrils étant constitués en partie d'anhydrite (sulfate de calcium). En outre, le sodium des saumures s'échange contre le calcium des terrains.

Au débouché des rivières des Vosges cristallines, la dureté est naturellement très faible pour les mêmes raisons que pour la conductivité, mais aussi au nord, le long de la Sauer, de l'Eberbach et de la Moder, dont les eaux sont faiblement minéralisées.

De façon générale, côté badois, la dureté est plus élevée au sud que dans la partie nord, du fait de la présence de graviers plus calcaires au sud. Des eaux très dures apparaissent localement le long du piémont près de Müllheim, autour du Kaiserstuhl et le long du piémont jusqu'à Lahr. Cette dureté élevée est liée aux arrivées d'eaux ayant circulé dans les roches calcaires ou gypseuses du piémont (Muschelkalk, Jurassique). De plus, les lœss présents dans les collines de Lahr ainsi qu'autour du Kaiserstuhl sont à l'origine d'une dureté plus élevée dans l'eau souterraine.

La dureté de l'eau est inférieure à 60 mg/l Ca dans les bassins de Freiburg et de Staufen (graviers de la Forêt Noire) ainsi que dans les régions d'Offenburg et de Baden-Baden (infiltration des cours d'eau).

Auf elsässischer Seite ist eine hohe Gesamthärte in den carbonatischen Wässern im Abstrom des Sundgaus, in den Lößbereichen westlich von Straßburg und in Hauptaquifer entlang der pliozänen Terrasse von Haguenau zu finden. Die Gesamthärte ist auch im Abstrom von gipshaltigen Keupersedimente, sowie im Bereich des Kalibekens erhöht. Dort enthalten die Abraumhalden zum Teil Anhydrit (Calciumsulfat). Außerdem wird Natrium in den Salzlängen gegen Calcium im Untergrund ausgetauscht.

In den Talausgängen der Flüsse aus den kristallinen Vogesen ist die Härte aus den selben Gründen wie bei der Leitfähigkeit natürlicherweise gering, ebenfalls im Norden entlang der Sauer, des Eberbachs und der Moder, deren Wasser nur schwach mineralisiert sind.

Generell ist im badischen Teil des Oberrheingraben die Gesamthärte im südlichen Teil aufgrund der dort kalkhaltigeren Kiese höher als im nördlichen Teil. Sehr harte Grundwässer kommen stellenweise entlang der Vorbergzone bei Müllheim, um den Kaiserstuhl und entlang der Vorbergzone bis Lahr vor. Hier weisen die Randzuströme durch die kalk- und gipshaltigen Gesteine in den Vorbergzonen (Muschelkalk, Jura) eine höhere Härte auf. Zudem verursachen die Lößvorkommen in der Lahrer Vorbergzone sowie um den Kaiserstuhl eine höhere Härte im Grundwasser.

Aufgrund der Schwarzwaldkiese in der Freiburger und Staufener Bucht sowie durch die Infiltration von Schwarzwaldbächen bei Offenburg und Baden-Baden ist hier weiches Wasser mit einer Gesamthärte unter 60 mg/l Ca zu finden.

3.2.6 Hydrogencarbonates / TAC (Titre Alcalimétrique Complet)

Généralités

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) est la quantité d'acide nécessaire pour neutraliser complètement les ions carbonates et hydrogencarbonates. Cette grandeur exprime donc la concentration en hydrogencarbonates.

Les eaux souterraines dans les aquifères calcaires ont des valeurs de TAC plus élevées que celles des eaux des roches acides. En présence de matière organique, du gaz carbonique peut apparaître par processus bactérien, qui peut mener à une dissolution des carbonates. Les concentrations en ions hydrogencarbonates sont par conséquent plus élevées, et la valeur du TAC est ainsi également plus élevée.

Pour l'exploitation statistique et la cartographie, c'est la concentration en ions hydrogencarbonates qui a été retenue. La conversion des limites de classe est représentée dans le tableau 3.2.4.

3.2.6 Hydrogencarbonat / Säurekapazität bis pH 4,3

Allgemeines

Die Säurekapazität ($K_{s4,3}$) ist die Menge an Säure, die erforderlich ist, um ein Wasser auf pH 4,3 einzustellen, d.h. es liegen praktisch keine Carbonat- und Hydrogencarbonationen mehr im Wasser vor. Diese Größe entspricht daher näherungsweise der Konzentration an Hydrogencarbonationen.

In Grundwässern carbonathaltiger Aquifere ist die Säurekapazität höher als in Grundwasserleitern aus sauren Gesteinen. Wenn organisches Material im Untergrund vorhanden ist, kann durch bakterielle Prozesse Kohlenstoffdioxid entstehen, das wiederum Carbonate lösen kann. Die Folge ist ein höherer Gehalt an Hydrogencarbonat-Ionen und eine höhere Säurekapazität.

In der statistischen Auswertung und auf der grenzübergreifenden Karte wird einheitlich der Gehalt an Hydrogencarbonat-Ionen verwendet. Die Umrechnung der Klassengrenzen ist aus Tabelle 3.2.4 ersichtlich.

Tab. 3.2.4 : Limites des classes de valeurs pour les hydrogencarbonates et valeurs correspondantes du TAC jusqu'à pH 4,3
 Tab. 3.2.4 : Klassengrenzen für Hydrogencarbonat und entsprechende Werte der Säurekapazität bis pH 4,3

Hydrogencarbonates <i>Hydrogencarbonat</i>	[mg/l]	30	200	300	400
TAC <i>Säurekapazität bis pH 4,3</i>	[mmol/l]	0,5	3,3	5,0	6,6

Constat

Sur l'ensemble de la vallée du Rhin supérieur, la valeur médiane des concentrations en hydrogencarbonates se situe à 255 mg/l ; elle est de 247 mg/l en Alsace et de 297 mg/l côté badois. Sur la rive droite du Rhin, la médiane est sensiblement plus élevée qu'en Alsace (Fig. 3.2.11). 4,2 % des points mesurés en Alsace et 9,7 % en Pays de Bade ont des concentrations en ions hydrogencarbonates supérieures à 400 mg/l. Il n'existe pas de limite de qualité supérieure pour les hydrogencarbonates. La valeur minimale pour l'eau potable de 30 mg/l fixée par la directive européenne est dépassée sur 1,3 % des points de mesure en Alsace et sur 0,3 % au Pays de Bade (Fig. 3.2.12).

La répartition des concentrations en ions hydrogencarbonates est liée à celle de la dureté totale. Il faut cependant noter que, du côté alsacien (jusqu'à Strasbourg), les concentrations comprises entre 200

Ergebnisse

Im gesamten Oberrheingraben beträgt der Medianwert für Hydrogencarbonat 255 mg/l, im Elsaß 247 mg/l, auf badischer Seite 297 mg/l. Rechtsrheinisch liegt der Median deutlich höher als im Elsaß (Abb. 3.2.11). Einen hohen Gehalt an Hydrogencarbonat-Ionen über 400 mg/l weisen im Elsaß 4,2 % der untersuchten Meßstellen auf, in Baden 9,7 %. Einen oberen Grenzwert für Hydrogencarbonat gibt es nicht. Der in der EU-Richtlinie geforderte Mindestgehalt für Trinkwasser von 30 mg/l wird im Elsaß an 1,3 % der Meßstellen, in Baden an 0,3 % unterschritten (Abb. 3.2.12).

Die Verteilung der Hydrogencarbonat-Ionen korreliert mit der Verteilung der Gesamthärte. Es ist jedoch auffällig, daß im elsässischen Teil des Oberrheingrabens bis Straßburg ein Gehalt von

et 300 mg/l prédominant, alors que du côté allemand, ce sont les concentrations comprises entre 300 et 400 mg/l qui sont les plus représentées. Cette différence peut s'expliquer en partie par la zone de piémont calcaire qui, par rapport à l'étendue de la nappe, est relativement plus importante en pays de Bade.

200 bis 300 mg/l vorherrscht, im badischen Teil Konzentrationen zwischen 300 und 400 mg/l stärker vertreten sind. Dieser Unterschied läßt sich zum Teil durch die kalkhaltigen Randzonen des Aquifers erklären, die im Vergleich zur Ausdehnung des Aquifers in Baden von größerer Bedeutung sind.

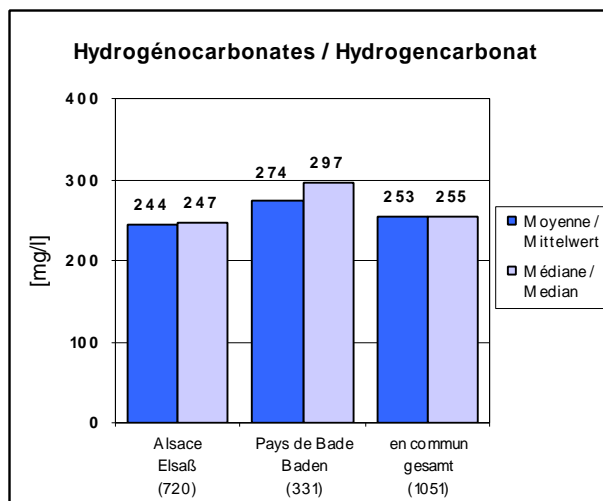


Fig. 3.2.11 : Moyennes et médianes de la répartition des concentrations en hydrogénocarbonates (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.11: Mittelwerte und Mediane der Hydrogencarbonatverteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

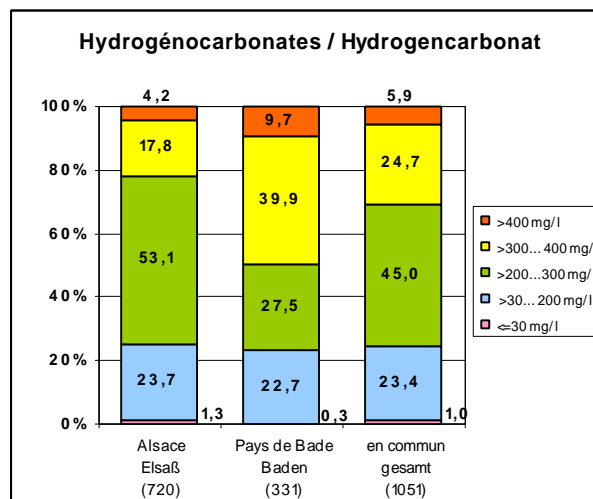


Fig. 3.2.12: Répartition des concentrations en hydrogénocarbonates (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.12: Verteilung der Hydrogencarbonatkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En Alsace, les eaux les plus carbonatées se trouvent à l'aval du fossé de Sierentz, des champs de fracture à formation calcaire d'âges divers et au niveau des formations de lœss près de Strasbourg ; ces eaux ont en effet circulé dans des roches calcaires.

Im Elsaß befinden sich die höchsten Konzentrationen an Hydrogencarbonat im Abstrom des Sundgaus, der Vorbergzone mit Kalksteinen verschiedenen Alters sowie im Bereich der Lößvorkommen bei Straßburg. Diese Grundwässer stammen aus kalkhaltigen Gesteinen.

Les rivières descendant des Vosges granitiques alimentent la nappe avec une eau peu carbonatée. Les eaux du Rhin sont en moyenne faiblement carbonatées (entre 130 et 200 mg/l en 1997). Les abords du Rhin et des canaux qui sont alimentés par ses eaux, sont donc également relativement peu carbonatés.

Durch die Flüsse aus den kristallinen Vogesen gelangt wenig carbonatisiertes Wasser in den Grundwasserleiter. Auch entlang des Rheins sowie entlang der Kanäle, die Rheinwasser führen, infiltriert relativ schwach carbonatisiertes Rheinwasser (130 bis 200 mg/l in 1997) ins Grundwasser.

En Bade, on observe des concentrations en hydrogénocarbonates élevées le long du piémont près de Müllheim, ainsi qu'entre le Kaiserstuhl et Offenburg, liées à la présence des roches calcaires du Jurassique et du Muschelkalk le long du piémont et de la couverture de lœss entre le Kaiserstuhl et Offenburg.

In Baden liegen entlang der Vorbergzone bei Müllheim sowie zwischen dem Kaiserstuhl und Offenburg hohe Gehalte an Hydrogencarbonat vor, die durch die kalkhaltigen Gesteine aus dem Jura und Muschelkalk in der Vorbergzone und der Lößüberdeckung entlang des Aquiferrands zwischen Kaiserstuhl und Offenburg verursacht werden.

Des concentrations en hydrogencarbonates faibles sont observées dans les bassins de Fribourg et de Staufen, où les alluvions sont constituées de sables et graviers acides issus de la Forêt Noire cristalline. L'influence des infiltrations des cours d'eau pauvres en alcalins se fait localement sentir le long de la Kinzig, de la Rench et de la Murg.

Geringe Gehalte an Hydrogencarbonat-Ionen sind in der Freiburger und Staufener Bucht zu finden, wo basenarme Kiese und Sande aus dem kristallinen Schwarzwald den Grundwasserleiter bilden. Auch die Infiltration von basenarmen Fließgewässern macht sich vereinzelt entlang der Kinzig, Rench und Murg bemerkbar.

3.2.7 Calcium

Généralités

Le calcium est le cation le plus courant dans les eaux douces. Il est présent dans de nombreuses roches, en particulier dans les couches calcaires et gypseuses du Jurassique, du Muschelkalk, du Keuper ou dans le loess. Le calcium se dissout sous forme d'hydrogencarbonates de calcium en présence d'acide carbonique dans les eaux souterraines ou les eaux d'infiltration. Sa répartition dépend donc fortement de la géologie du sous-sol. L'équilibre calco-carbonique définit la quantité d'ions calcium qui sont dissous.

Les apports anthropiques peuvent être dus aux amendements ou aux eaux usées domestiques et industrielles, comme pour la dureté totale. Dans une moindre mesure, le calcium peut provenir des fertilisants.

Constat

Pour l'ensemble du domaine d'étude, la médiane des concentrations en calcium est de 100,0 mg/l. En Alsace, la moyenne est de 112,6 mg/l et la médiane de 99,5 mg/l. Côté badois, la moyenne est de 102,3 mg/l et la médiane de 110 mg/l (Fig. 3.2.13). La limite allemande pour l'eau potable de 400 mg/l n'est dépassée qu'en Alsace sur 10 points de mesure (1,4 %) (Fig. 3.2.14). La médiane et la moyenne sont du même ordre de grandeur que la valeur guide européenne et que la référence de qualité française de 100 mg/l.

La répartition des concentrations en calcium est très proche de la répartition des valeurs de la dureté, le calcium étant l'élément principal pris en compte dans le calcul de la dureté. Des deux côtés du Rhin, l'infiltration des eaux du Rhin, dont les concentrations moyennes en calcium sont comprises entre 50 et 80 mg/l (Catalogue de données annuelles, LfU), contribue à l'abaissement des concentrations en calcium dans les eaux souterraines proches du fleuve.

Côté alsacien, les concentrations les plus fortes sont observées au niveau des terrils contenant de l'anhydrite du Bassin Potassique, mais également à l'aval du fossé de Sierentz, dans les zones de loess près de Strasbourg et au niveau des formations du Keuper et du Muschelkalk dans les champs de fractures.

Inversement, au débouché et le long des rivières des Vosges cristallines ainsi que le long du canal du Rhône au Rhin, les eaux d'infiltrations entraî-

3.2.7 Calcium

Allgemeines

Calcium ist das häufigste Kation im Süßwasser. Es ist Bestandteil vieler Gesteine, vor allem kalk- oder gipshaltiger Schichtfolgen im Jura, Muschelkalk, Keuper oder im Löß. In Gegenwart von Kohlenstoffdioxid wird Calcium als Calciumhydrogencarbonat durch Grund- und Sickerwässer aus Gestein oder Boden gelöst. Die Verteilung ist also stark vom geologischen Untergrund geprägt. Wieviel Calcium-Ionen aus dem Gestein gelöst werden, wird wiederum vom jeweiligen Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht bestimmt.

Anthropogene Einträge können wie bei der Gesamthärte durch Kalkungen und häusliche oder industrielle Abwässer erfolgen. In geringerem Maße wird Calcium durch Düngemittel eingetragen.

Ergebnisse

Der Median der Calciumverteilung im gesamten Untersuchungsgebiet beträgt 100,0 mg/l. Im Elsaß liegt der Mittelwert bei 112,6 mg/l, der Median bei 99,5 mg/l. Auf badischer Seite beträgt der Mittelwert 102,3 mg/l und der Medianwert 110,0 mg/l (Abb. 3.2.13). Der deutsche Grenzwert für Trinkwasser von 400 mg/l wird nur im Elsaß an 10 Meßstellen (1,4 %) überschritten (Abb. 3.2.14). Die Mittelwerte und Mediane liegen in der Größenordnung der europäischen Richtzahl sowie des französischen Richtwerts von 100 mg/l.

Die regionale Verteilung von Calcium ist der Verteilung der Gesamthärte sehr ähnlich, da Calcium das Hauptelement bei der Berechnung der Härte ist. Auf beiden Seiten des Rheins führt die Infiltration von Rheinwassers mit mittleren Calciumgehalten zwischen 50 und 80 mg/l (LfU-Jahresdaten-katalog) zu einer Verdünnung der Calciumgehalte im Grundwasser.

Auf elsässischer Seite werden hohe Gehalte an Calcium im Bereich der anhydrithaltigen Halden im Kalibecken beobachtet, sowie im Abstrom des Sierentzer Grabens, in den Lößgebieten bei Straßburg und im Bereich der Keuper- und Muschelkalkformationen in den Bruchbereichen.

Dagegen bewirkt die Infiltration in den Talausgängen und entlang der Fließgewässer aus den kristallinen Vogesen und entlang des Rhein-Rhone-

nent une baisse des concentrations en calcium dans les eaux souterraines.

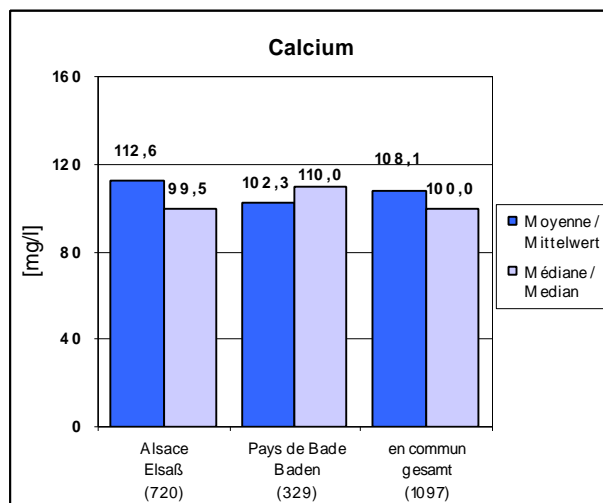


Fig. 3.2.13 : Moyennes et médianes de la répartition des concentrations en calcium (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.13: Mittelwerte und Mediane der Calciumverteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Côté badois, les concentrations en calcium sont plus élevées dans la partie sud de la zone d'étude que dans la partie nord. Cette différence s'explique par la variation des concentrations en calcaire des graviers quaternaires, qui diminuent du sud vers le nord.

Des concentrations élevées, supérieures à 150 mg/l, sont observées entre Bâle et Offenbourg. Les valeurs restent toutefois pour la plupart inférieures à 200 mg/l. Comme pour la dureté totale, les concentrations les plus élevées sont observées au niveau des roches calcaires du piémont de Müllheim et de Emmendingen-Lahr, ainsi qu'au niveau des couches de lœss présentes autour du Kaiserstuhl et le long du piémont. Au nord de Lahr, il est possible que les concentrations élevées soient liées à l'utilisation d'engrais calciques. Des cultures particulières sont en effet pratiquées de façon particulièrement intensive dans cette zone.

Dans le bassin de Staufen et de Freiburg, la présence de roches silicatées dans l'aquifère conduit à des concentrations en calcium très basses, inférieures à 100 mg/l. Du fait de l'infiltration d'eau de rivières en provenance de la Forêt Noire, des concentrations faibles en calcium sont observées le long de plusieurs rivières comme la Wiese, la Neumagen, l'Elz, la Kinzig ou la Murg.

Kanals eine Erniedrigung des Calciumgehalts im Grundwasser.

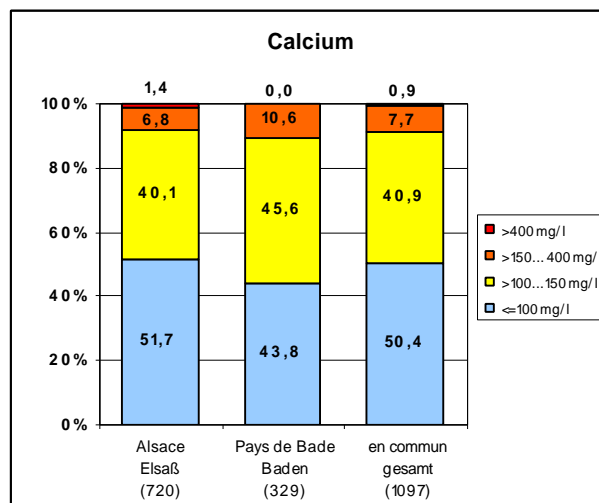


Fig. 3.2.14: Répartition des concentrations en calcium (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.14: Verteilung der Calciumkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Auf badischer Seite sind im südlichen Bereich höhere Calciumgehalte als im nördlichen Bereich zu beobachten. Dies läßt sich wiederum auf den Kalkgehalt der quartären Kiese zurückführen, der von Süden nach Norden abnimmt.

Erhöhte Calciumgehalte über 150 mg/l werden zwischen Basel und Offenbourg nachgewiesen. Die Werte sind jedoch meist kleiner als 200 mg/l. Wie bei der Gesamthärte werden die erhöhten Calciumgehalte von kalkhaltigen Gesteinen in der Müllheimer und Emmendinger-Lahrer Vorbergzone sowie durch die Lößüberdeckungen um den Kaiserstuhl und entlang der Vorbergzone verursacht. Nördlich von Lahr sind die erhöhten Calciumgehalte möglicherweise auf die Auswaschung calciumhaltiger Düngemittel zurückzuführen. In diesem Bereich werden verhältnismäßig viel düngereiche Sonderkulturen angebaut.

In der Staufener und Freiburger Bucht führen die silikatischen Gesteine des Grundwasserleiters zu sehr niedrigen Calciumgehalten unter 100 mg/l. Durch die Infiltration der Schwarzwaldtäler sind entlang mehrerer Fließgewässer wie der Wiese, Neumagen, Elz, Kinzig oder Murg geringe Calciumgehalten anzutreffen.

Au nord d'Offenburg, les roches calcaires ne sont présentes que de manière isolée le long du piémont ; de plus les zones couvertes de loess et la concentration en calcaire des graviers quaternaires diminuent. La concentration de 150 mg/l n'est pas dépassée.

Nördlich von Offenburg sind nur noch vereinzelt kalkhaltige Gesteine in der Vorbergzone zu finden, zusätzlich nehmen die lößüberdeckten Bereiche und wie schon erwähnt der Kalkgehalt in den quartären Kiesen ab. Ein Gehalt von 150 mg/l wird hier nicht überschritten.

3.2.8 Magnesium

Généralités

Comme le calcium, le magnésium est un métal alcalino-terreux. Il est souvent présent dans les roches dolomitiques (Muschelkalk, Keuper). Dans l'eau souterraine, le rapport magnésium / calcium est d'environ de 1 pour 10. La répartition du magnésium est principalement d'origine géologique. Il est solubilisé sous forme hydrogencarbonates de magnésium en présence d'acide carbonique. La présence de magnésium est souvent liée aux concentrations élevées en sels dans l'eau souterraine provenant de gisements de sel ou d'eaux thermales.

Les concentrations d'origine anthropique peuvent provenir du lessivage des engrais magnésiens, ainsi que des rejets domestiques ou industriels.

Constat

La valeur médiane des concentrations en magnésium dans la vallée du Rhin supérieur est de 11,5 mg/l. En Alsace, la moyenne se situe à 15,6 mg/l et la médiane à 12 mg/l. En Pays de Bade, elles sont respectivement de 12,5 mg/l et de 11,3 mg/l (Fig. 3.2.15). La limite de qualité pour l'eau potable de 50 mg/l n'est dépassée que par 9 points (1,3 %) en Alsace (Fig. 3.2.16).

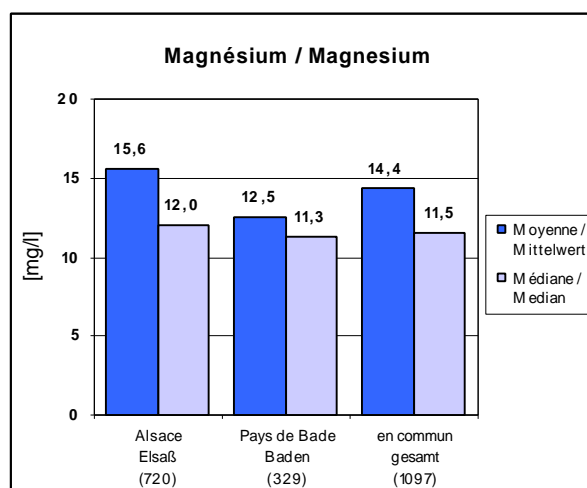


Fig. 3.2.15 : Moyennes et médianes de la répartition des concentrations en magnésium (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.15: Mittelwerte und Mediane der Magnesiumverteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

3.2.8 Magnesium

Allgemeines

Wie Calcium ist auch Magnesium ein Erdalkalimetall. Es kommt häufig in dolomithaltigen Gesteinen (Muschelkalk, Keuper) vor. Im Grundwasser liegt das Verhältnis Magnesium / Calcium bei etwa 1:10. Die Verteilung von Magnesium wird vor allem geogen geprägt. Es wird bei Anwesenheit von Kohlenstoffdioxid als Magnesium-Hydrogencarbonat aus dem Substrat gelöst. Magnesium kommt oft in Verbindung mit erhöhten Salzgehalten im Grundwasser vor, da es Bestandteil von Salzlagerstätten sowie Thermalwässern ist.

Anthropogene Magnesiumgehalte können durch die Auswaschung magnesiumhaltiger Düngemittel sowie durch häusliche oder industrielle Abwässer verursacht werden.

Ergebnisse

Der Medianwert in der gesamten Oberrheinebene beträgt 11,5 mg/l. Im Elsaß liegt der Mittelwert bei 15,6 mg/l und der Median bei 12,0 mg/l, in Baden bei 12,5 mg/l bzw. 11,3 mg/l (Abb. 3.2.15). Der gemeinsame Grenzwert für Trinkwasser von 50 mg/l wird nur im Elsaß an 9 Meßstellen (1,3 %) überschritten (Abb. 3.2.16).

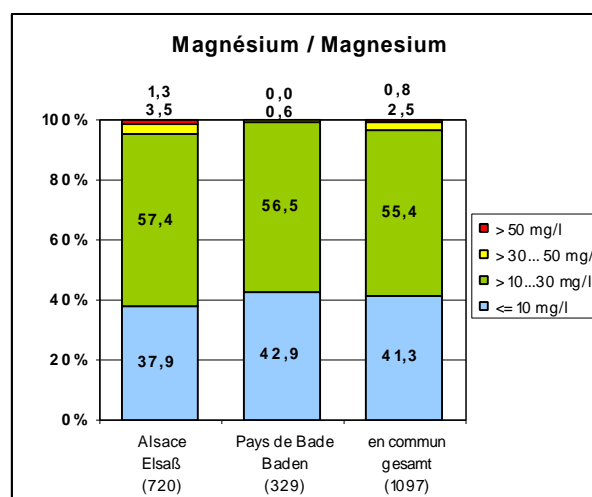


Fig. 3.2.16: Répartition des concentrations en magnésium (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.16: Verteilung der Magnesiumkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

La répartition des concentrations en magnésium est proche de celle des concentrations en calcium et des valeurs de la dureté, du fait d'origines géologiques ou anthropiques similaires.

Côté alsacien, comme pour le calcium, les concentrations les plus élevées se trouvent à l'aval de Thann et dans le Bassin Potassique. On trouve également des concentrations supérieures à 30 mg/l dans les zones de loess et en zone de bordure, où affleurent des formations dolomitiques du Trias et où sont utilisés dans le vignoble des amendements magnésiens.

En pays de Bade, des concentrations élevées, supérieures à 30 mg/l, ne sont observées qu'à l'aval du Kaiserstuhl. Cette situation est probablement liée au lessivage des engrais magnésiens utilisés dans le vignoble du Kaiserstuhl. De plus, la présence d'importantes couches de loess dans le secteur peut conduire à une augmentation des concentrations en magnésium.

Les faibles concentrations en magnésium, inférieures à 10 mg/l, dans les bassins de Freiburg et de Staufen, sont liées à la présence des graviers silicatés de la Forêt Noire dans le sous-sol. De même, au nord d'Offenburg, les concentrations en magnésium dans l'eau souterraine sont faibles comme pour le calcium. De plus, le long des cours d'eau, l'infiltration des eaux de surface entraîne une dilution des concentrations en magnésium.

Die Verteilung von Magnesium gleicht im wesentlichen der des Calciums und der Gesamthärte, da die geogenen und anthropogenen Eintragspfade ähnlich sind.

Auf elsässischer Seite befinden sich erhöhte Magnesiumgehalte wie bei der Calciumverteilung im Abstrom von Thann und im Kalibecken. In den Lößbereichen und den Randzonen, wo dolomithaltige Formationen des Trias zutage treten und magnesiumhaltige Düngemittel in den Weinbergen eingesetzt werden, sind ebenfalls Konzentrationen über 30 mg/l zu finden.

In Baden sind erhöhte Magnesiumgehalte über 30 mg/l nur im Abstrom des Kaiserstuhls zu beobachten. Dies ist möglicherweise auf die Auswaschung magnesiumhaltiger Düngemittel zurückzuführen, die in den Weinbaugebieten im Kaiserstuhl eingesetzt werden. Zusätzlich können die Magnesiumgehalte durch die mächtigen Lößvorkommen in diesem Bereich erhöht sein.

Geringe Magnesiumgehalte unter 10 mg/l sind in der Staufener und Freiburger Bucht zu finden, welche auf die silikatischen Schwarzwaldschotter im Untergrund zurückzuführen sind. Auch nördlich von Offenburg sind die Magnesiumgehalte im Grundwasser wie bei Calcium gering. Außerdem bewirkt die Infiltration der Fließgewässer eine Verdünnung der Magnesiumgehalte.

3.2.9 Sodium

Généralités

Le sodium est un métal alcalin qui entre dans la composition des feldspaths, que l'on trouve dans les roches magmatiques et les grès. Il est libéré par l'altération de ces roches. Le sodium est très soluble et peu adsorbé, il peut ainsi transiter facilement du sol vers l'eau souterraine. Le sodium est présent principalement dans les gisements du sud de la vallée du Rhin supérieur sous forme de chlorure de sodium (sel). En outre, il peut atteindre les couches superficielles de l'aquifère lors de remontées d'eau profonde salée.

La présence de sodium dans la nappe peut également être liée aux activités humaines, via l'entraînement des sels de déneigement, les rejets d'eaux usées domestiques ou industrielles, ou encore le lessivage des terrils de sels résiduels de l'exploitation de la potasse.

Constat

Dans la vallée du Rhin supérieur, la médiane est de 15,6 mg/l. La moyenne se situe à 78,6 mg/l en Alsace et à 18 mg/l en Pays de Bade. La médiane est sensiblement inférieure de part et d'autre du Rhin. En Alsace, elle s'élève à 19 mg/l et côté badois, à 12,8 mg/l (Fig. 3.2.17). Cette différence importante entre moyenne et médiane indique l'existence de quelques valeurs extrêmement élevées.

La limite de potabilité de 150 mg/l est dépassée sur 2,3 % des points en Alsace ; sur 7 points analysés, elle dépasse même de cinq fois la limite de potabilité. En Pays de Bade, la limite de potabilité est dépassée sur 3 points d'observation (Fig. 3.2.18).

Dans l'ensemble, les concentrations en sodium de la nappe se situent dans le domaine des concentrations « naturelles » ou juste au-dessus. Des concentrations un peu plus élevées sont observées le long du Rhin, de part et d'autre du fleuve. Ce phénomène est lié aux infiltrations du Rhin, qui est alimenté en eaux salées par les rejets provenant des mines de potasse. A la hauteur du Kaiserstuhl, des concentrations moyennes d'environ 100 mg/l de sodium ont été mesurées dans le Rhin en 1997 (Catalogue des données annuelles, LfU, 1997).

3.2.9 Natrium

Allgemeines

Das Alkalimetall Natrium ist Bestandteil von Feldspäten, die u.a. in Magmatiten und Sandsteinen enthalten sind. Es wird durch die Verwitterung der Gesteine freigesetzt. Natrium ist gut löslich und wird kaum sorbiert, kann daher leicht aus dem Boden ins Grundwasser verlagert werden. Natrium kommt in Verbindung mit Chlorid in Salzlagerstätten im südlichen Oberrheingraben vor. Außerdem kann es mit aufsteigenden salzhaltigen Tiefenwässern in oberflächennahe Bereiche des Grundwasserleiters gelangen.

Durch menschliche Tätigkeiten kann Natrium über Auftausalze, häusliche und industrielle Abwässer oder durch die Auswaschung der abgelagerten Rückstände aus dem Kaliabbau in das Grundwasser eingetragen werden.

Ergebnisse

In der Oberrheinebene beträgt der Median 15,6 mg/l. Der Mittelwert liegt im Elsaß bei 78,6 mg/l, in Baden bei 18,0 mg/l. Der Median ist auf beiden Seiten des Rheins deutlich niedriger, im Elsaß beträgt er 19,0 mg/l, auf badischer Seite 12,8 mg/l (Abb. 3.2.17). Die große Differenz zwischen Mittelwert und Median, besonders im Elsaß, deutet auf einzelne extrem hohe Werte hin.

Der Grenzwert für Trinkwasser von 150 mg/l wird im Elsaß an 2,3 % der Meßstellen überschritten, an 7 Meßstellen liegt der Wert sogar um mehr als das Fünffache über dem Grenzwert. In Baden überschreitet der Natriumgehalt an 3 Meßstellen den Trinkwassergrenzwert (Abb. 3.2.18).

Im grenzübergreifenden Grundwasser liegen die meisten Natriumgehalte im Bereich der natürlichen Hintergrundbeschaffenheit oder wenig darüber. Leicht erhöhte Konzentrationen sind auf beiden Seiten entlang des Rheins zu finden. Dies ist auf die Infiltration des Rheins zurückzuführen, der aufgrund der Einleitung salzhaltiger Wässer aus dem Kalibergbau eine erhöhte Salzfracht aufweist. Auf der Höhe des Kaiserstuhls wurden 1997 durchschnittliche Natriumgehalte von etwa 100 mg/l Natrium im Rhein gemessen (Jahresdatenatlas LfU, 1997).

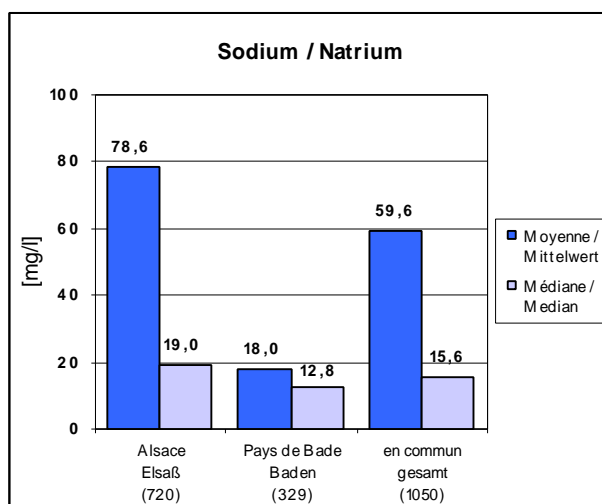


Fig. 3.2.17 : Moyennes et médianes de la répartition des concentrations en sodium (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.17: Mittelwerte und Mediane der Natriumverteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

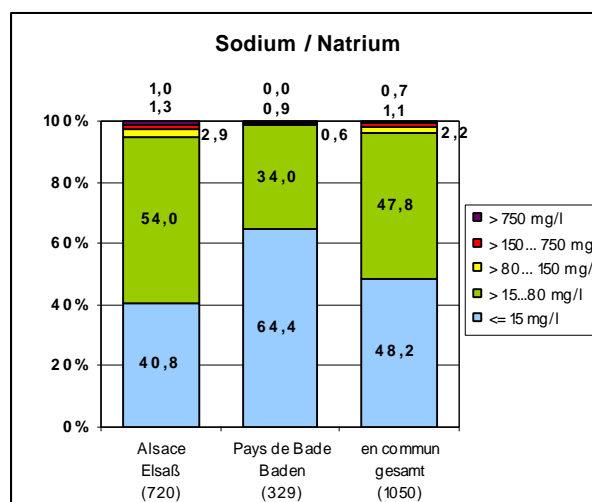


Fig. 3.2.18: Répartition des concentrations en sodium (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.18: Verteilung der Natriumkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Les zones les plus contaminées en Alsace sont situées à l'aval de Thann et dans le Bassin Potassique. Cette contamination par les résidus des mines de potasse reste visible jusqu'au-delà de Sélestat, même si la pollution par le sodium est nettement moins marquée que celles des chlorures. Des pollutions ponctuelles apparaissent au niveau du canal du Rhône au Rhin à Boofzheim et à Illkirch, ainsi que dans le Pliocène de Haguenau au niveau de Weitbruch. La petite langue salée d'origine naturelle à Roeschwoog est également visible. Des concentrations supérieures à 80 mg/l sont en outre observées dans certaines zones de piémont.

Les concentrations les plus faibles sont observées au débouché des rivières vosgiennes, en particulier le long de la Doller, mais aussi dans la zone comprise entre le Rhin et le canal du Rhône au Rhin à l'amont de Marckolsheim, où l'effet de la dilution par les infiltrations d'eau de surface se fait sentir de la même manière que pour les chlorures. La plupart des concentrations en sodium sont également faibles dans le Pliocène de Haguenau.

En pays de Bade, des concentrations de sodium élevées sont mises en évidence au sud de Lörrach. Ces points de mesure se trouvent dans l'agglomération de Grenzach-Wyhlen. L'eau est ici fortement influencée par l'activité humaine (eaux usées, décharges), ce qui est confirmé par les concentrations observées pour d'autres substances (ammonium, phosphore, bore). Dans le Markgräfler Land, les concentrations élevées en sodium semblent liées aux terrils des mines de potasses près de Buggingen et de Heitersheim, et

Die am meisten belasteten Bereiche im Elsaß befinden sich unterhalb von Thann und im Kalibekken. Die Belastung durch den Abraum aus den Kaliminen ist bis hinter Sélestat sichtbar, jedoch ist die Belastung durch Natrium deutlich geringer als durch Chlorid. Punktuelle Belastungen wurden im Bereich des Rhein-Rhone-Kanals bei Boofzheim und Illkirch sowie im Pliozän von Haguenau bei Weitbruch nachgewiesen. Die kleine Salzzunge natürlichen Ursprungs bei Roeschwoog ist ebenfalls sichtbar. Natriumkonzentrationen über 80 mg/l wurden außerdem in manchen Bereichen entlang der Vorbergzone beobachtet.

Die geringsten Gehalte werden in den Talausgängen der Vogesenflüsse beobachtet, vor allem entlang der Doller. Auch im Gebiet zwischen Rhein und Rhein-Rhone-Kanal sind vor Marckolsheim geringere Konzentrationen zu finden, da sich dort die Verdünnung durch Infiltration von Oberflächenwasser in gleicher Weise wie bei Chlorid bemerkbar macht. Auch im Pliozän von Haguenau sind die Natriumgehalte zum großen Teil niedrig.

In Baden werden hohe Natriumkonzentrationen südlich von Lörrach gemessen. Diese Meßstellen befinden sich im Siedlungsgebiet Grenzach-Wyhlen. Das Grundwasser ist hier stark anthropogen beeinflusst (Abwässer, Altlasten), worauf auch Konzentrationen anderer Stoffe (Ammonium, Phosphor, Bor) hinweisen. Im Markgräfler Land werden die hohen Natriumkonzentrationen wahrscheinlich zum einen durch die Auswaschung der Ablagerungen aus dem Kalibergbau bei Buggingen und Heitersheim, zum anderen durch ehemalige

aux infiltrations historiques d'eau salée à partir des bassins de rétention de mines de potasses d'Alsace sur l'île de Fessenheim. Les concentrations en chlorures sont également très élevées sur ces points de mesure.

Les concentrations en sodium sont légèrement plus élevées le long de la Forêt Noire. Les apports d'eau en provenance de la Forêt Noire cristalline ou du piémont présentent en effet des concentrations en sodium plus élevées, mais qui disparaissent rapidement par effet de dilution dans l'aquifère rhéan.

L'infiltration d'eaux superficielles de faible concentration en sodium est mise en évidence le long de l'Elz, de la Kinzig et d'autres petits cours d'eau par des teneurs réduites.

Versickerung salzhaltiger Abwässer aus dem französischen Kaliabbau in Becken auf der Fessenheimer Insel verursacht. Auch die Chloridkonzentrationen sind an diesen Meßstellen stark erhöht.

Leicht erhöhte Natriumgehalte sind entlang des Schwarzwaldrands zu finden. Die Randzuströme aus dem kristallinen Schwarzwald und der Vorbergzone weisen hier höhere Natriumgehalte auf, die jedoch im Oberrheinaquifer bald verdünnt werden.

Die Infiltration natriumarmen Flußwassers macht sich entlang der Elz, der Kinzig und anderer kleinerer Fließgewässer durch geringe Gehalte bemerkbar.

3.2.10 Potassium

Généralités

Le potassium est un métal alcalin comme le sodium. Il est présent dans les minéraux tels que les feldspaths alcalins et les micas potassiques dans les roches magmatiques. Il est plus rapidement adsorbé par les minéraux argileux que le sodium, par conséquent il est moins mobile dans les eaux souterraines et sa distribution géographique est plus hétérogène. Dans les zones de tourbières ou autres dépôts organiques, la concentration en potassium peut être naturellement élevée. En outre le potassium est présent dans les gisements de sels et il peut être entraîné, via des remontées d'eaux profondes salées ou d'eaux minérales, vers les couches superficielles de la nappe.

De même que le sodium, le potassium présent dans les terrils des mines de potasse est entraîné dans l'eau de la nappe. Il est utilisé dans l'industrie, dans les lessives et les engrais, et peut être rejeté dans la nappe via les eaux usées domestiques ou les décharges.

Constat

La médiane des concentrations en potassium dans l'ensemble de la nappe de la vallée du Rhin supérieur est de 2,8 mg/l. En Alsace, la moyenne se situe à 9,7 mg/l et la médiane à 2,9 mg/l. L'écart important entre moyenne et médiane indique, comme pour le sodium, l'existence de valeurs extrêmement élevées. Côté badois, la moyenne est de 4,9 mg/l et la médiane de 2,6 mg/l (Fig. 3.2.19).

La limite de qualité pour l'eau potable de 12 mg/l est dépassée par 9,4 % des points sur l'ensemble de la plaine du Rhin supérieur. En Alsace, la limite de qualité pour l'eau potable est dépassée sur 10,6% des points d'observation ; des dépassements de 5 fois la valeur limite, sont même observés sur 2,4 % des points. En rive droite du Rhin, des dépassements sont observés sur 7 % des points ; deux points sont concernés par un dépassement de 5 fois la valeur limite (Fig. 3.2.20).

Dans la plaine du Rhin supérieur, les valeurs faibles, inférieures à 7 mg/l, prédominent, mais les dépassements de la limite de potabilité sont nombreux et répartis de façon irrégulière.

3.2.10 Kalium

Allgemeines

Kalium ist wie Natrium ein Alkalimetall. Es kommt chemisch gebunden als Kalifeldspat und Kaliglimmer in Magmatiten vor. An Tonmineralen wird es stärker adsorbiert als Natrium, daher ist es im Grundwasser weniger beweglich und die räumliche Verteilung heterogener. Im Bereich von Torfen und anderen organischen Einlagerungen kann der Kaliumgehalt natürlicherweise erhöht sein. Außerdem ist Kalium Bestandteil von Salzlagerstätten und kann mit aufsteigenden salzhaltigen Tiefenwässern oder Mineralwässern in die oberen Bereiche des Grundwassers gelangen.

Ebenso wie Natrium wird Kalium auch durch Ablagerungen aus dem Kalibergbau ins Grundwasser eingetragen. Es findet in der Industrie, in Waschmitteln und Düngemitteln Verwendung und kann außerdem durch Deponien oder häusliche Abwässer ins Grundwasser gelangen.

Ergebnisse

Der Median der Kaliumkonzentrationen im gesamten Oberrheingraben beträgt 2,8 mg/l. Im Elsaß liegt der Mittelwert bei 9,7 mg/l, der Median bei 2,9 mg/l. Die große Abweichung der beiden Werte weist wie bei Natrium auf einzelne sehr hohe Extremwerte hin. Auf badischer Seite beträgt der Mittelwert 4,9 mg/l, der Median 2,6 mg/l (Abb. 3.2.19).

Der Grenzwert für Trinkwasser von 12 mg/l wird in der gesamten Oberrheinebene an 9,4 % aller Meßstellen überschritten. Im Elsaß liegen 10,6 % der Meßstellen über dem Grenzwert für Trinkwasser, 2,4 % sogar um mehr als das Fünffache des Grenzwerts. Rechtsrheinisch überschreiten 7,0 % der Werte den Grenzwert, an zwei Meßstellen wird er um mehr als das Fünffache überschritten (Abb. 3.2.20).

In der Oberrheinebene herrschen geringe Kaliumgehalte bis zu 7 mg/l vor, doch fallen auf der Karte die vielen unregelmäßig auftretenden Grenzwertüberschreitungen auf.

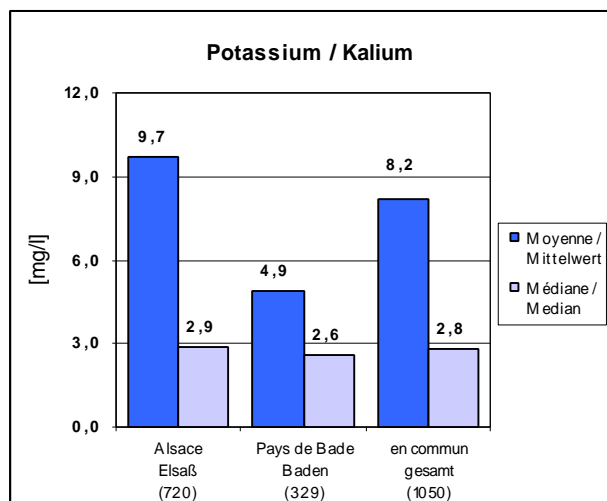


Fig. 3.2.19 : Moyennes et médianes de la répartition des concentrations en potassium (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.19: Mittelwerte und Mediane der Kaliumverteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En Alsace, les concentrations les plus fortes sont mesurées au niveau du bassin potassique et à l'aval de Thann. Leur extension suit sensiblement mais de façon atténuée, celle des panaches de chlorures.

Une part importante des concentrations élevées le long de la frange vosgienne et au niveau du Pliocène, peut être attribuée à la dissolution naturelle des minéraux potassiques des granites et des grès. Certaines zones de piémont et du Pliocène de Haguenau, également affectée par de fortes concentrations en nitrates, permettent de mettre en cause l'utilisation d'engrais potassiques. Ces engrais peuvent également être à l'origine de concentrations élevées en potassium en Centre plaine, dans les zones de retournement de prairies.

De faibles concentrations en potassium sont observées dans le Centre plaine de Bâle à Strasbourg, en dehors des zones humides.

En pays de Bade, la limite de qualité pour l'eau potable pour le potassium est dépassée localement sur plusieurs points de mesures. Près de Buggingen, trois points sont situés à l'aval des terrils des mines de potasse, dont le lessivage par les eaux de pluies provoque une infiltration d'eau salée dans la nappe. A Müllheim, un dépassement est observé au niveau de la zone industrielle. Au nord du Kaiserstuhl, les concentrations élevées sont vraisemblablement liées au lessivage des engrais. Cette hypothèse est confirmée par l'observation simultanée dans cette zone, de concentrations en nitrates très supérieures à la limite de potabilité.

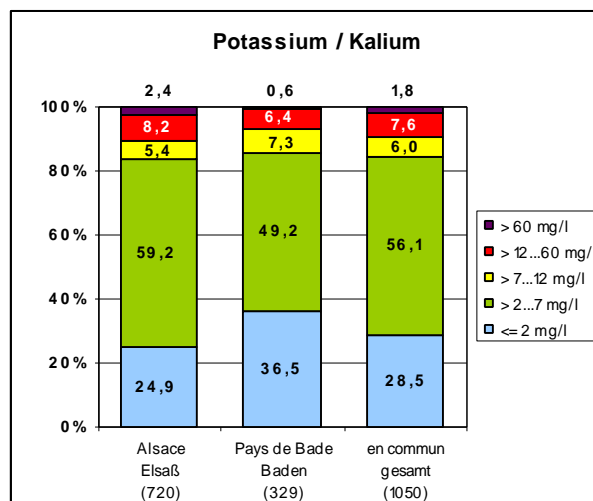


Fig. 3.2.20: Répartition des concentrations en potassium (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.20: Verteilung der Kaliumkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Im Elsaß, wurden die höchsten Konzentrationen im Bereich des Kalibeckens und im Abstrom von Thann gemessen. Ihre Verteilung folgt deutlich dem Verlauf der Salzfahnen, jedoch auf niedrigerem Niveau.

Ein großer Teil der hohen Konzentrationen entlang der Vogesen und im Bereich des Pliozäns kann durch natürliche Lösung von kaliumhaltigen Mineralen im Granit und im Sandstein verursacht sein. In manchen Gebieten entlang der Vorbergzone und im Pliozän von Haguenau, wo auch hohe Nitratgehalte gemessen wurden, werden wahrscheinlich kaliumhaltige Düngemittel eingesetzt. Auch in der Mitte der Rheinebene, wo Grünland umgebrochen wurde, können diese Düngemittel die Ursache der erhöhten Kaliumgehalte sein.

Geringe Kaliumkonzentrationen sind in der Mitte der Rheinebene zwischen Basel und Straßburg außerhalb der Feuchtgebiete zu finden.

In Baden wird der Trinkwassergrenzwert für Kalium lokal an mehreren Meßstellen überschritten. Bei Buggingen liegen drei Meßstellen im Abstrom der Kalihalde, wo Salze aus dem Abraum des Kaliberbaus ins Grundwasser eingetragen werden. Bei Müllheim wird der Grenzwert im Industriegebiet überschritten. Nördlich des Kaiserstuhls sind die erhöhten Werte möglicherweise auf die Auswaschung von Düngemitteln zurückzuführen. Dies bestätigen die Nitratgehalte, die in diesem Bereich ebenfalls zum Teil weit über dem Grenzwert liegen.

Les dépassements de la valeur limite de la qualité observés dans le nord du domaine d'étude sont imputables à des sources de contamination localisées et isolées.

Les points de mesure, pour lesquels de faibles concentrations, inférieures à 2 mg/l, sont observées, se situent dans la vallée de Freiburg, le long des cours d'eau comme la Neumagen, l'Elz et la Kinzig, et dans le nord du domaine d'étude. Ces concentrations se trouvent au niveau des concentrations naturelles du Fossé rhénan supérieur.

Die einzelnen Grenzwertüberschreitungen im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets sind auf unterschiedliche lokal begrenzte Eintragsquellen zurückzuführen.

Die Meßstellen, an denen geringe Kaliumkonzentrationen unter 2 mg/l nachgewiesen wurden, befinden sich in der Freiburger Bucht, entlang von Fließgewässern wie Neumagen, Elz und Kinzig, und im nördlichen Untersuchungsgebiet. Diese Gehalte liegen im Bereich der natürlichen Hintergrundbeschaffenheit im Oberrheingraben.

3.2.11 Nitrates

Généralités

L'azote est un élément essentiel de la croissance végétale, qui ne peut être assimilé par la plupart des plantes que sous forme de nitrates et, dans une moindre mesure, sous forme d'ammonium. Ainsi l'apport de nitrates est-il généralisé dans l'agriculture pour accroître les rendements.

3.2.11 Nitrat

Allgemeines

Stickstoff ist ein unverzichtbarer Pflanzenbaustoff und kann von den meisten Pflanzen nur in Form von Nitrat, in geringem Maße als Ammonium aufgenommen werden. Nitrat wird daher allgemein in der Landwirtschaft zur Düngung verwendet, um die Erträge zu steigern.

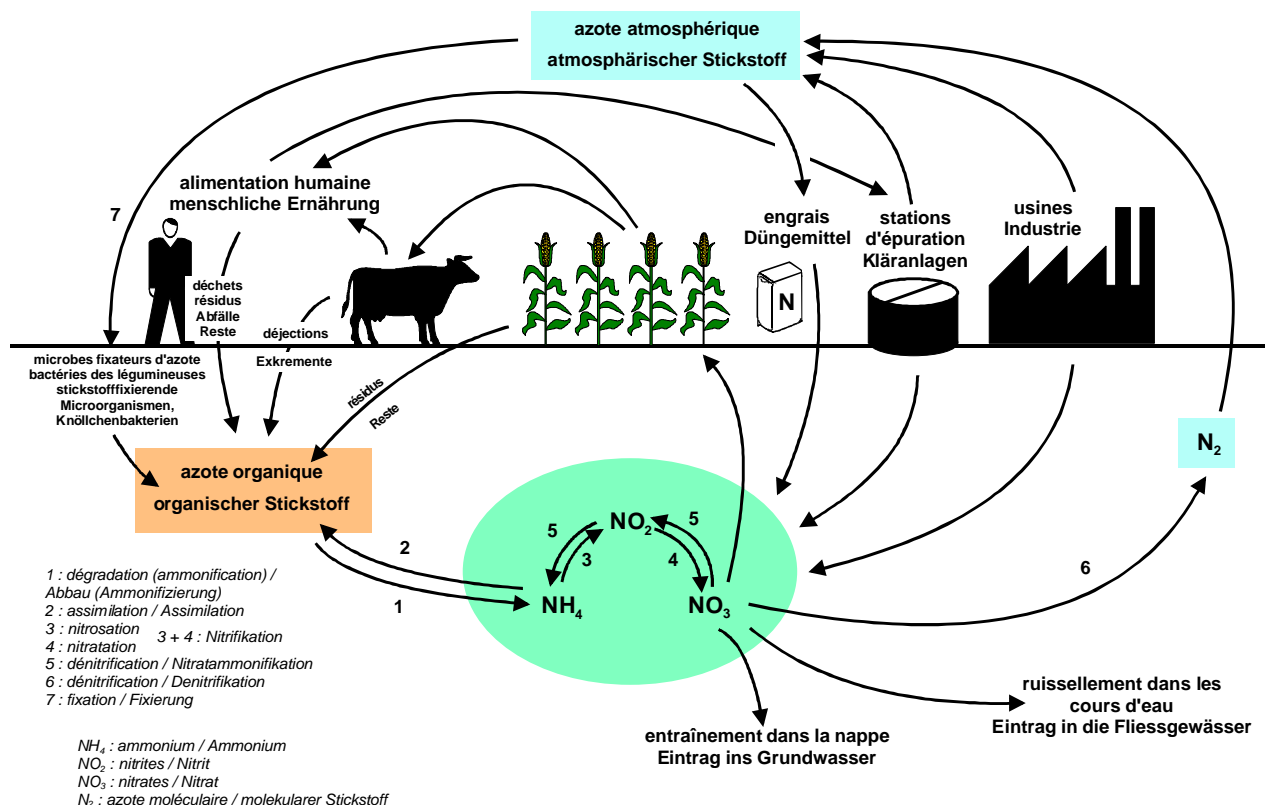


Figure 3.2.21 : Cycle de l'azote (Source : synthèse APRONA)
 Abb. 3.2.21 : Stickstoffkreislauf (nach APRONA)

Les sols sont enrichis naturellement en nitrates par des processus biogènes, mais ce phénomène ne joue qu'un rôle secondaire. Les nitrates parviennent principalement dans les sols à travers l'utilisation de lisier et d'engrais minéraux. Les déchets et les déjections d'origine humaine ou animale, les rejets des stations d'épuration ou des industries constituent d'autres sources de nitrates (fig. 3.2.21). En outre, les nitrates peuvent parvenir dans les sols par l'intermédiaire des eaux d'irrigation contenant des nitrates et via les retombées atmosphériques. En forêt, cela peut conduire à une saturation en azote dans le sol.

Les nitrates qui ne sont pas assimilés par les plantes sont, du fait de leur grande mobilité, transportés par les eaux d'infiltration. Les sols drainants en

Durch biogene Prozessen wird der Nitrat natürlicherweise im Boden angereichert, was jedoch nur eine untergeordnete Rolle spielt. Hauptsächlich gelangt Nitrat durch den Einsatz von Gülle und Mineraldünger in den Boden. Weitere Nitratquellen sind menschliche und tierische Abfälle und Fäkalien, Kläranlagenabläufe oder industrielle Emissionen (Abb. 3.2.21). Außerdem kann Nitrat durch nitrathaltiges Bewässerungswasser und atmosphärische Depositionen in den Boden gelangen. In Waldstandorten können letztere sogar zu einer Stickstoffsättigung des Bodens führen.

Nitrat, das nicht von den Pflanzen aufgenommen wird, wird aufgrund seiner hohen Mobilität durch das Sickerwasser ins Grundwasser transportiert.

terrain plat favorisent par ailleurs le lessivage des nitrates.

En présence d'oxygène dans l'eau souterraine, les nitrates sont des molécules stables qui se comportent de façon conservatrice lors du transport. En revanche lorsque le milieu est réducteur, des phénomènes de dénitrification peuvent se produire, qui aboutissent à une baisse de concentration en nitrates.

Du fait de la faible vitesse d'écoulement de la nappe, la diminution des concentrations en nitrates par transport et par dilution demande beaucoup de temps, tant que la substance n'est pas dégradée bactériologiquement ou adsorbée. Ceci est valable pour toute substance dans l'eau souterraine et explique pourquoi, malgré les nombreuses mesures menées pour limiter les apports azotés, la limite de qualité pour l'eau potable est couramment dépassée dans les eaux souterraines.

Constat

Les concentrations moyennes en nitrates dans la nappe du Rhin supérieur dépassent la valeur guide européenne pour l'eau potable qui est de 25 mg/l. Elles se situent à 28,6 mg/l en Alsace et à 31 mg/l dans le pays de Bade. Les médianes, respectivement de 23 et de 19,6 mg/l, sont elles aussi notablement élevées (fig. 3.2.22).

En Alsace, 12,6 % des résultats d'analyses dépassent la limite de qualité pour l'eau potable. En comparaison, le pourcentage des résultats d'analyses dépassant la limite de qualité côté badois (22,4 % pour 331 analyses réalisées) est étonnamment élevé (fig. 3.2.23). Ceci est dû à la part importante de points de mesures appartenant au réseau de suivi des rejets d'origine agricole (35 % des points de mesure).

La surface des zones fortement contaminées, où la limite de potabilité de 50 mg/l est dépassée, représente aujourd'hui 8 % de la surface de la nappe en Alsace, et 10 % côté badois.

De façon prévisible, c'est avant tout dans les zones d'agriculture intensive que la limite de qualité est dépassée. Des concentrations élevées apparaissent également en bordure de nappe, là où la dilution des eaux contaminées est moins importante du fait de la faible puissance de la nappe et des faibles vitesses de circulation.

Flache, gut durchlässige Böden begünstigen die Nitrat auswaschung.

In Gegenwart von gelöstem Sauerstoff im Grundwasser, ist Nitrat ein stabiles Molekül, das sich bezüglich des Transportverhaltens konservativ verhält. Dagegen kann es im reduzierenden Milieu zu Denitrifikationsprozessen kommen, die zu einer Abnahme der Nitratkonzentrationen führen.

Aufgrund der niedrigen Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers dauert es sehr lange, bis die Eintragskonzentrationen durch Transport und Verdünnung abnehmen, sofern ein Stoff nicht mikrobiell abgebaut oder adsorbiert wird. Dies gilt für jeden Wirkstoff im Grundwasser und erklärt auch für Nitrat, daß der Trinkwassergrenzwert trotz vieler Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser noch häufig überschritten wird.

Ergebnisse

Die mittleren Nitratgehalte des Grundwassers im Oberrheingraben überschreiten den von der Europäischen Union festgelegten Richtwert für Trinkwasser von 25 mg/l. Im Elsaß liegt der Mittelwert bei 28,6 mg/l, auf badischer Seite bei 31,0 mg/l. Auch die Medianwerte von 23,0 mg/l bzw. 19,6 mg/l sind deutlich erhöht (Abb. 3.2.22).

Im Elsaß wird der Grenzwert für Trinkwasser an 12,6 % der Meßstellen überschritten. Auffällig ist der im Vergleich zum Elsaß sehr hohe Anteil an Grenzwertüberschreitungen auf badischer Seite von 22,4 % aller 331 untersuchten Meßstellen (Abb. 3.2.23). Dies ist auf die größere Anzahl von landwirtschaftlichen Emittentenmeßstellen zurückzuführen (35 % der Meßstellen).

Die Fläche der stark belasteten Bereiche, wo der Grenzwert für Trinkwasser von 50 mg/l überschritten wird, stellt heute 8 % der gesamten Fläche des Grundwasserleiters im Elsaß und 10 % auf badischer Seite dar.

Erwartungsgemäß befinden sich die Regionen, in denen der Grenzwert für Nitrat überschritten wird, vor allem in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten. Auch in den Randbereichen des Aquifers, wo die Verdünnung der belasteten Randströme aufgrund der geringen Grundwassermächtigkeit und der niedrigen Fließgeschwindigkeiten herabgesetzt ist, treten erhöhte Nitratgehalte auf.

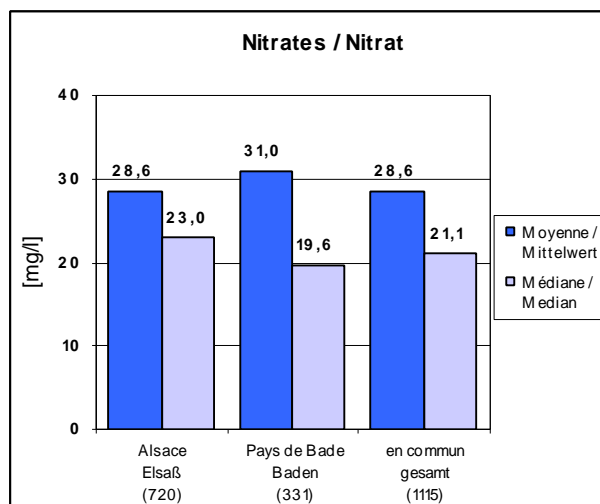


Figure n° 3.2.22 : Moyenne et médiane des concentrations en nitrates (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.22: Mittelwerte und Mediane der Nitratverteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

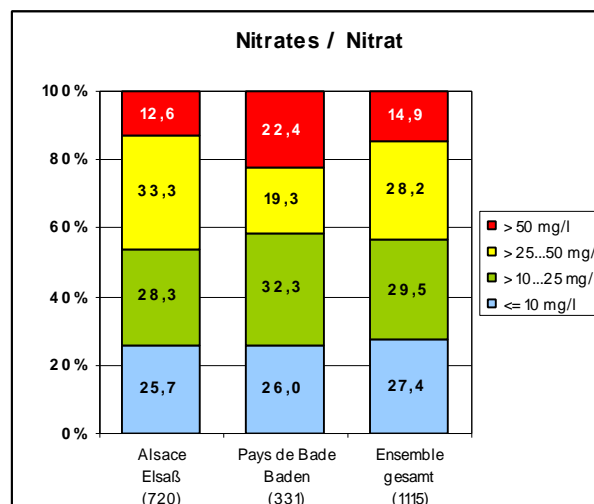


Figure n° 3.2.23 : Répartition des concentrations en nitrates (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.23: Verteilung der Nitratkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Côté alsacien, les zones de très forte contamination, où les concentrations sont supérieures à 50 mg/l, sont les suivantes :

- Le long des collines sous-vosgiennes et au pied du versant oriental du Sundgau. En effet, dans ces zones d'agriculture, d'élevage ou de viticulture intensifs, la nappe est peu épaisse et la dilution faible. Par ailleurs, les fertilisants y sont massivement utilisés, comme dans la plaine. L'influence des rejets azotés d'origine domestique peut également ne pas être négligeable, au pied du Sundgau notamment,
- A l'aval de la zone industrielle de Chalampé, où se trouve un complexe agrochimique,
- Autour du canal de la Bruche, entre Altorf et Entzheim, en bordure de nappe (faible épaisseur de l'aquifère),
- Sous les collines au Nord de la Zorn et au Nord de la Forêt de Haguenau, dans le Pliocène de Haguenau, là où les vitesses de circulation de l'eau sont réduites et la dilution faible.

Les zones de forte contamination (en jaune sur la carte), caractérisées par des concentrations comprises entre 25 et 50 mg/l, sont réparties de la façon suivante :

- En prolongement des surfaces très fortement contaminées précitées, notamment entre les collines sous-vosgiennes et l'Ill,

Im Elsaß befinden sich die Belastungsschwerpunkte, in denen Konzentrationen über 50 mg/l gemessen wurden, in folgenden Bereichen:

- entlang der Vorberge der Vogesen und am östlichen Rand des Sundgaus. Hier wird Landwirtschaft, Viehzucht oder Weinbau betrieben, der Grundwasserleiter ist geringmächtig und die Verdünnung gering. Zudem werden dort, wie auch in der Rheinebene, viel Düngemittel eingesetzt. Der Eintrag stickstoffhaltiger häuslicher Abwässer ist vor allem am Fuße des Sundgaus eine nicht unwesentliche Quelle,
- im Abstrom des Industriegebiets von Chalampé, wo sich ein agrochemischer Industriekomplex befindet,
- entlang des Bruche-Kanals, zwischen Altorf und Entzheim, am Rand des Grundwasserleiters (geringe Mächtigkeit des Aquifers),
- am Rand der Vorberge nördlich der Zorn und nördlich des Haguenauer Waldes, im Pliozän von Haguenau, wo die Fließgeschwindigkeit und die Verdünnung gering sind.

Die Bereiche starker Belastung (gelbe Flächen auf der Karte) mit Konzentrationen zwischen 25 und 50 mg/l befinden sich in folgenden Gebieten:

- in Verlängerung der sehr stark belasteten zuvor beschriebenen Flächen, besonders zwischen den Vorbergen der Vogesen und der Ill,

- Sous la forêt de la Hardt, puis entre le Rhin et le Canal du Rhône au Rhin, zone située en prolongement de la zone contaminée à l'aval du Sundgau,
- Sous la forme d'une large langue de contamination sur tout le centre de la plaine, qui s'étend entre l'Ill et le canal du Rhône au Rhin, de Hirtzfelden jusqu'au niveau d'Erstein, correspondant à une zone de monoculture du maïs,
- Autour de Haguenau, dans la nappe du pliocène, dans un secteur où la transmissivité est faible.
- im Bereich des Hardtwaldes und zwischen Rhein und Rhein-Rhone-Kanal in Verlängerung des belasteten Bereichs im Abstrom des Sundgau,
- in Form einer langen Zunge in der gesamten Mitte der Rheinebene zwischen der Ill und dem Rhein-Rhone-Kanal von Hirtzfelden bis auf die Höhe von Erstein. In diesem Bereich wird Mais als Monokultur angebaut,
- bei Haguenau im pliozänen Grundwasserleiter, ein Gebiet, wo die Transmissivität gering ist.

D'une façon générale, l'effet bénéfique de la dilution des eaux de nappe par des eaux de surface, peu chargées en nitrates, est confirmé.

On observe en effet la présence de bandes peu contaminées tout le long du Rhin, le long de l'Ill à l'aval d'Ensisheim jusqu'à sa confluence, et le long du canal du Rhône au Rhin d'Ottmarsheim à Marckolsheim.

De même, au débouché des rivières vosgiennes, Doller, Thur, Fecht, Giessen et Bruche, dont les concentrations en nitrates sont toujours inférieures à 10 mg/l, on note des zones non contaminées, plus ou moins importantes selon les conditions d'échanges nappe-rivières.

Par ailleurs, on observe de vastes secteurs de la nappe rhénane où les concentrations sont inférieures à 10 mg/l : dans le Bruch de l'Andlau, au nord de Strasbourg, ainsi que dans la nappe du Pliocène. Ceci pourrait s'expliquer la présence de conditions réductrices, qui favorisent les phénomènes de dénitrification.

Dans la partie badoise de la Vallée du Rhin supérieur, les zones de forte contamination, où la limite de qualité de 50 mg/l de nitrates est dépassée, se trouvent dans le Markgräfler Land, en aval du Kaiserstuhl, ainsi que dans l'Ortenau au nord-ouest de Lahr, deux zones d'agriculture intensive.

- Dans le Markgräflerland, les nitrates présents dans les eaux souterraines proviennent du vignoble du piémont et de l'agriculture intensive présente dans la vallée du Rhin supérieur.
- Au sud du Kaiserstuhl, le lessivage des nitrates excédentaires du sol est particulièrement important sous les cultures de maïs et de céréales.
- A l'aval du Kaiserstuhl, les fortes concentrations en nitrates sont liées à la présence du vigno-
- Allgemein wird der günstige Effekt der Verdünnung des Grundwassers durch Oberflächengewässer, die weniger mit Nitrat belastet sind, bestätigt.
- Weniger belastete Streifen werden entlang des Rheins, entlang der Ill im Abstrom von Ensisheim bis zu ihrer Mündung und entlang des Rhein-Rhone-Kanals von Ottmarsheim bis Marckolsheim beobachtet.
- Gleichmaßen befinden sich je nach den Austauschbedingungen zwischen Grundwasser und Flüssen mehr oder weniger große unbelastete Bereiche in den Talausgängen der Vogesenflüsse Doller, Thur, Fecht, Giessen und Bruche, deren Nitratgehalte unter 10 mg/l liegen.
- Außerdem sind weite Grundwasserbereiche zu beobachten, in denen die Konzentrationen unter 10 mg/l liegen: im Ried an der Andlau, nördlich von Straßburg sowie im Grundwasser im Pliozän. Hier herrschen vermutlich reduzierende Bedingungen, die die Denitrifikation begünstigen.
- Im badischen Teil des Oberrheingrabens liegen die Belastungsschwerpunkte, wo der Grenzwert für Nitrat von 50 mg/l überschritten wird, im Markgräfler Land, im Abstrom des Kaiserstuhls sowie in der Ortenau nordwestlich von Lahr. In diesen Gebieten wird intensive Landwirtschaft betrieben.
- Im Markgräflerland gelangt Nitrat aus den Weinanbaugebieten in den Vorbergen und durch die intensive Landwirtschaft in der Rheinebene in den Grundwasserleiter.
- Südlich des Kaiserstuhls wird aus dem Mais- und Getreideanbau überschüssiges Nitrat aus dem Boden ausgewaschen.
- Im Abstrom des Kaiserstuhls wird der hohe Nitratgehalt vor allem durch Weinbau im Kaiser-

ble dans le Kaiserstuhl. Le renouvellement de la nappe y est faible à cause de la faible perméabilité de la couverture de loess et la dilution des nitrates y est donc faible.

- Au nord de Lahr, ce sont essentiellement des cultures spécialisées (comme par exemple le tabac) qui sont pratiquées sur la basse terrasse. Les engrais sont ici très fortement lessivés.
- Le long de la bordure de la Forêt Noire et du piémont, de fortes concentrations en nitrates sont observées par endroits. Près de Lörrach, au nord des bassins de Staufen et de Freiburg, au nord de Lahr et au sud de Baden-Baden, la viticulture intensive pratiquée dans le piémont conduit à de fortes concentrations en nitrates dans l'aquifère du Rhin supérieur via les écoulements de bordure.

Les secteurs où les concentrations en nitrates sont inférieures à 10 mg/l, sont situés dans des zones caractérisées par la présence de conditions réductrices ou par un phénomène de dilution des fortes concentrations par l'infiltration des eaux superficielles. Des concentrations faibles en nitrates ne sont donc pas le signe d'un impact anthropique moindre sur l'eau souterraine.

Des conditions réductrices existent souvent dans d'anciens chenaux fluviaux, comme le long du chenal est du Rhin à l'est du Kaiserstuhl, dans une bande le long du piémont et dans la dépression de la Kinzig-Murg dans la zone de Offenburg/Kehl.

La dilution des eaux souterraines par l'infiltration des rivières s'observe au débouché des vallées de la Wiese et du Neumagen, et par endroit le long du Dreisam, de l'Elz et de la Kinzig.

Evolution

L'observation depuis les années 1970 de l'évolution de la moyenne et de la médiane des concentrations en nitrates, montre une nette tendance à l'augmentation en Alsace. Cependant, cette dégradation est plus lente aujourd'hui. Dans les années 1970, l'augmentation moyenne annuelle de la valeur médiane était de 0,8 mg/l par an, tandis que dans les années 90 elle est de 0,4 mg/l.

Dans le pays de Bade on ne peut montrer une évolution nette, la médiane se situant à peu près au même niveau durant la période observée de 1993 à 1997. Une faible tendance à la baisse s'observe depuis 1994.

stuhl verursacht. Durch die geringdurchlässige Lößüberdeckung ist die Erneuerungsrate des Grundwassers und die Verdünnung des eingetragenen Nitrats gering.

- Nördlich von Lahr werden auf der Niederterrasse vor allem Sonderkulturen (z.B. Tabak) angebaut. Düngemittel werden hier verstärkt aus dem Boden ausgewaschen.
- Entlang des Schwarzwaldrands und der Vorbergzone sind stellenweise hohe Nitratgehalte zu beobachten. Bei Lörrach, in der nördlichen Staufen- und nördlichen Freiburger Bucht, nördlich von Lahr und südlich Baden-Baden führt der intensive Weinbau in den Vorbergen zu einem hohen Nitrateintrag in die Oberrheinebene durch die Randzuflüsse.

Bereiche geringer Nitratkonzentrationen unter 10 mg/l sind im allgemeinen dort zu finden, wo reduzierende Verhältnisse im Grundwasser vorliegen oder hohe Konzentrationen durch die Infiltration von Oberflächengewässern verdünnt werden. Geringe Nitratkonzentrationen bedeuten also nicht unbedingt, daß das Grundwasser anthropogen weniger beeinflusst ist.

Reduzierende Bereiche befinden sich oft in ehemaligen Abflusssystemen wie entlang der Ostrhe Rinne östlich des Kaiserstuhls, in einem Streifen entlang der Vorbergzone und in der Kinzig-Murg-Niederung im Bereich Offenburg/Kehl.

Die Verdünnung des Grundwassers durch Infiltration der Fließgewässer ist in den Talaustritten der Wiese und Neumagen, stellenweise entlang der Dreisam, Elz und Kinzig festzustellen.

Zeitliche Entwicklung

Die Betrachtung der Mittelwerte und Mediane der Nitratgehalte seit den 70er Jahren zeigt im Elsaß klar eine steigende Tendenz. Die Belastung des Grundwassers nimmt inzwischen jedoch langsamer zu: Die mittlere jährliche Zunahme des Medianwertes lag in den 70er Jahren bei 0,8 mg/l pro Jahr, in den 90er Jahren bei 0,4 mg/l pro Jahr.

In Baden läßt die Entwicklung der Nitratwerte noch keine klare Aussage zu, die Mediane bewegen sich im Beobachtungszeitraum 1993 bis 1997 auf etwa gleich hohem Niveau. Ein leicht abnehmender Trend ist seit 1994 zu beobachten.

Tab. 3.6 : Evolution des valeurs médianes au cours du temps pour les concentrations en nitrates

Tab. 3.6 : zeitliche Entwicklung der Medianwerte für Nitrat

Nappe d'Alsace / Grundwasser im Elsaß				
Année d'observation <i>Beprobungsjahr</i>	1973	1983	1991/1992	1997
Concentration médiane en nitrates (en mg/l) <i>Median der Nitratgehalte (in mg/l)</i>	10,0	18,0	21,0	23,5

Nappe côté badois / Grundwasser auf badischer Seite					
Année d'observation <i>Beprobungsjahr</i>	1993	1994	1995	1996	1997
Concentration médiane en nitrates (en mg/l)* <i>Median der Nitratgehalte (in mg/l) *</i>	19,0	22,0	21,9	20,2	19,6

* Die Medianwerte wurden jeweils aus Daten derselben 243 Meßstellen von 1992 bis 1997 berechnet, der Median für 1997 in dieser Tabelle stimmt nur zufällig mit dem oben genannten überein.

* Ces valeurs médianes sont calculées seulement sur les 243 points observés chaque année entre 1992 et 1997, la valeur du tableau pour 1997 ne correspond que fortuitement avec celle mentionnée plus haut.

3.2.12 Ammonium

Généralités

Comme les nitrates et les nitrites, l'ammonium fait partie du cycle de l'azote (fig. 3.2.21). L'ammonium peut être synthétisé microbiologiquement par consommation de l'oxygène et minéralisation de l'azote fixé principalement dans l'humus. Dans le sol ou dans l'eau souterraine, en milieu pauvre en oxygène, les nitrates sont réduits en nitrites puis en ammonium (dénitrification). De fortes concentrations en ammonium sont souvent le signe d'une contamination fécale à partir des eaux usées ou des lisiers.

En règle générale, de fortes concentrations en ammonium apparaissent là où la concentration en oxygène est faible et donc là où le potentiel redox de l'eau souterraine est faible. Lorsque la concentration en oxygène est suffisante, l'ammonium est oxydé en nitrates (nitrification). En raison de sa grande capacité à être adsorbé, l'ammonium est souvent localisé juste autour de sa source de contamination et est très peu transporté.

Constat

Dans l'ensemble de la vallée du Rhin supérieur, la valeur médiane des concentrations en ammonium est inférieure à la limite de quantification la plus élevée de 0,07 mg/l (forte proportion de valeurs inférieures à la limite de quantification). L'ammonium a été détecté sur 25,2 % des points sur l'ensemble de la zone d'étude. En Alsace, l'ammonium a été détecté sur 19,4 % des points et la limite de potabilité de 0,5 mg/l est dépassée par 13 points (1,8 %). Côté badois, les analyses ont révélé des résultats positifs sur 37,7 % des points de mesure, dont 6 (1,8 %) ont dépassé la limite de qualité de l'eau potable (fig. 3.2.24, fig. 3.2.25).

Les concentrations les plus élevées se trouvent dans la partie Nord de la plaine du Rhin supérieur, là où les concentrations en oxygène sont les plus faibles.

En Alsace, l'ammonium est présent essentiellement en milieu réducteur hydromorphe, riche en matière organique (Ried entre Colmar et Sélestat, basse vallée de l'Andlau) ou en milieu réducteur comme dans le Pliocène, où il apparaît simultanément avec les nitrites dans le processus de dénitrification. La présence d'ammonium est en général liée à une détérioration de la qualité microbiologique de l'eau ; cet ion est souvent retrouvé à l'aval des habitations ou des installations dont le réseau

3.2.12 Ammonium

Allgemeines

Ammonium ist wie Nitrat und Nitrit Bestandteil des Stickstoffkreislaufs (Abb. 3.2.21). Natürlicherweise kann Ammonium unter Verbrauch von Sauerstoff durch mikrobielle Mineralisierung von organisch gebundenem Stickstoff entstehen, der vor allem in Humus enthalten ist. Im Boden oder Grundwasser vorhandenes Nitrat wird bei Sauerstoffarmut über das Zwischenprodukt Nitrit zu Ammonium reduziert (Nitratammonifikation). Hohe Gehalte an Ammonium sind oft ein Hinweis auf fäkale Verunreinigungen durch Abwässer oder Gülle.

Hohe Ammoniumgehalte kommen also in der Regel dort vor, wo die Sauerstoffgehalte und damit das Redoxpotential im Grundwasser sehr gering sind. Bei ausreichend hoher Sauerstoffkonzentration wird Ammonium zu Nitrat oxidiert (Nitrifikation). Aufgrund der Sorptionsneigung von Ammonium kommt es oft lokal begrenzt an den Eintragsquellen im Grundwasser vor und wird nur langsam transportiert.

Ergebnisse

Im gesamten Oberrheingraben liegt der Medianwert unterhalb der höchsten Bestimmungsgrenze von 0,07 mg/l (d.h. ein großer Anteil der Ergebnisse ist kleiner als die Bestimmungsgrenze). An insgesamt 25,2 % aller Meßstellen wurde Ammonium nachgewiesen. Im Elsaß wurde es an 19,4 % aller untersuchten Meßstellen gefunden, davon liegt an 13 Meßstellen (1,8 %) der Gehalt über dem Grenzwert für Trinkwasser von 0,5 mg/l. Auf badischer Seite liegen an 37,7 % der Meßstellen positive Befunde vor, wovon 6 Meßstellen (1,8 %) den Grenzwert für Trinkwasser überschreiten (Abb. 3.2.24, Abb. 3.2.25).

In der Oberrheinebene sind erhöhte Ammoniumgehalte vor allem im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets zu finden, wo wenig Sauerstoff im Grundwasser vorhanden ist.

Ammonium ist im Elsaß vor allem in Feuchtgebieten mit reduzierendem Milieu, wo viel organisches Material vorhanden ist, zu finden (Ried zwischen Colmar und Sélestat, Niederung der Andlau) oder in reduzierendem Milieu wie im Pliozän, wo Ammonium und auch Nitrit durch Denitrifikationsprozesse auftreten. Das Vorkommen von Ammonium ist allgemein mit einer Verschlechterung der mikrobiologischen Qualität des Wassers verbunden, es wird häufig im Abstrom von Gehöften oder defekten

ou le système d'assainissement est défaillant (stations d'épuration, fermes isolées). L'épandage des lisiers dans les zones d'élevage intensif peut également provoquer l'apparition d'ammonium, notamment dans le Nord de l'Alsace ou dans le secteur d'Ensisheim.

Abwasseranschlüssen oder Klärsystemen gefunden (Kläranlagen, Aussiedlerhöfe). Durch das Ausbringen von Gülle in Gebieten mit intensiver Viehzucht, besonders im Norden des Elsaß oder im Bereich Ensisheim, kann ebenfalls Ammonium ins Grundwasser gelangen.

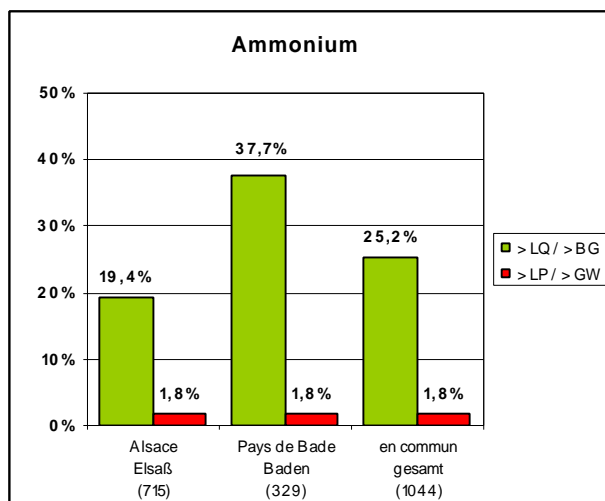


Figure n° 3.2.24 : Pourcentage des concentrations en ammonium supérieures à la limite de quantification (LQ) et supérieures à la limite de qualité pour l'eau potable (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.24: Anteil der Ammoniumbefunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Côté badois, la limite de potabilité est dépassée principalement dans des zones urbanisées (Lahr, Offenburg, Rastatt). Il est probable que cette pollution provient des eaux usées domestiques ou industrielles qui s'écoulent des canalisations non étanches et s'infiltrent dans la nappe. Le point de mesure au nord du Kaiserstuhl se trouve tout près d'une ferme et la pollution provient probablement de rejets domestiques ou d'épandage de lisier.

De plus, des concentrations élevées en ammonium sont présentes localement dans le bassin de Freiburg et au Nord du Kaiserstuhl jusqu'à Rastatt. A l'est du Kaiserstuhl ainsi que le long du piémont de Lahr, de grandes quantités de matière organique ont été déposées lors du comblement de l'ancien bras oriental du Rhin. Cette matière organique est décomposée par des micro-organismes consommateurs d'oxygène ; il en résulte ainsi une réduction des nitrates en ammonium. Le même mécanisme conduit à des concentrations élevées en ammonium dans la zone d'Offenburg / Kehl dans la dépression de la Kinzig et de la Murg.

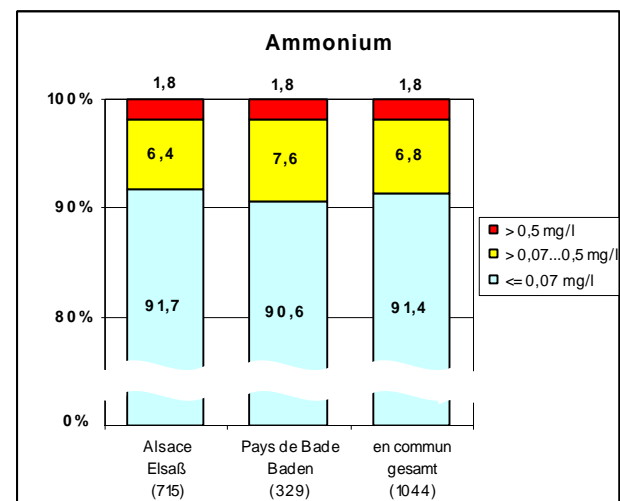


Figure n° 3.2.25 : Répartition des concentrations en ammonium (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.25: Verteilung der Ammoniumkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

In Baden wird der Grenzwert vor allem in städtischen Gebieten überschritten (Lahr, Offenburg, Rastatt). Es ist anzunehmen, daß dort häusliche oder industrielle Abwässer aus undichten Kanälen ins Grundwasser gelangen und die hohen Ammoniumwerte verursachen. Die Meßstelle nördlich des Kaiserstuhls liegt unmittelbar neben einem Hof, wo ebenfalls häusliche Abwässer oder Gülle die Ursachen sein könnten.

Erhöhte Ammoniumgehalte kommen außerdem vereinzelt in der Freiburger Bucht und nördlich des Kaiserstuhls bis Rastatt vor. Östlich des Kaiserstuhls sowie entlang der Lahrer Vorbergzone ist in der Ostrheinrinne bei der Verlandung des ehemaligen Rheinarmes organisches Material abgelagert worden. Diese organische Substanz wird mikrobiell unter Sauerstoffzehrung im Untergrund abgebaut und dabei Nitrat zu Ammonium reduziert. Derselbe Vorgang führt auch im Bereich Offenburg/Kehl in der Kinzig-Murg-Niederung zu erhöhten Ammoniumgehalten im Grundwasser.

3.2.13 Nitrites

Généralités

Les nitrites interviennent dans la transformation de l'azote. Selon la concentration en oxygène, l'ammonium peut se transformer en nitrates et inversement les nitrates en ammonium (fig. 3.2.21). Dans les deux réactions, les nitrites sont des éléments intermédiaires instables, qui se transforment rapidement en ammonium ou en nitrates et de ce fait se trouvent rarement dans les eaux souterraines. Comme l'ammonium, la présence de nitrites indique une contamination locale par du lisier ou des eaux usées domestiques.

Constat

Pour l'ensemble de la vallée du Rhin supérieur, la médiane des concentrations en nitrites est inférieure à la limite de quantification (< 0,01 mg/l) (forte proportion de valeurs inférieures à la limite de quantification). En Alsace, des nitrites ont été détectés sur 17,8 % des points de mesures, en Pays de Bade sur 17,1 %. La valeur limite de potabilité de 0,1 mg/l est dépassée sur 2,2 % des points en plaine d'Alsace et sur 2,1 % en rive droite (fig. 3.2.26, fig. 3.2.27).

3.2.13 Nitrit

Allgemeines

Nitrit ist ein Zwischenprodukt bei der Umsetzung von Stickstoffverbindungen. In Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt kann Ammonium in Nitrat oder Nitrat in Ammonium überführt werden (Abb. 3.2.21). Bei beiden Reaktionen entsteht Nitrit als Zwischenprodukt, das jedoch innerhalb kurzer Zeit in Nitrat oder Ammonium umgesetzt wird und daher selten im Grundwasser zu finden ist. Ebenso wie Ammonium weist Nitrit häufig auf eine Beeinflussung des Grundwassers durch Gülle oder Abwässer hin.

Ergebnisse

Im gesamten Oberrheingraben liegt der Medianwert unterhalb der Bestimmungsgrenze (< 0,01 mg/l) (d.h. ein großer Anteil der Ergebnisse ist kleiner als die Bestimmungsgrenze). Im Elsaß konnte an 17,8 % der Meßstellen Nitrit nachgewiesen werden, in Baden an 17,1 %. Der Grenzwert für Trinkwasser von 0,1 mg/l wird in der elsässischen Oberrheinebene an 2,2 % und rechtsrheinisch an 2,1 % der Meßstellen überschritten (Abb. 3.2.26, Abb. 3.2.27).

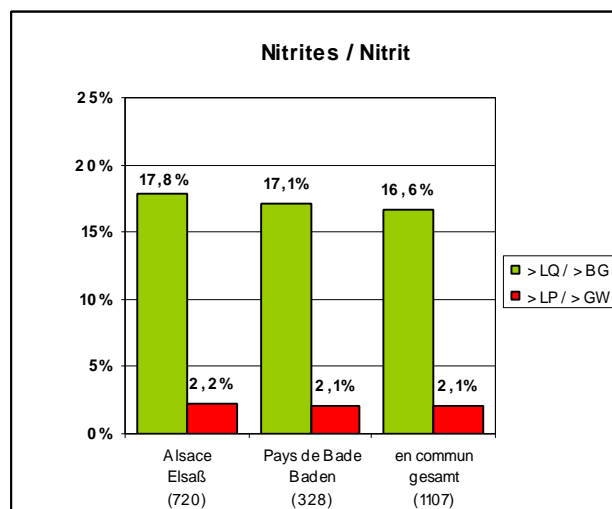


Figure n° 3.2.26 : Pourcentage des concentrations en nitrites supérieures à la limite de quantification (LQ) et supérieures à la limite de qualité pour l'eau potable (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.26: Anteil der Nitritbefunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

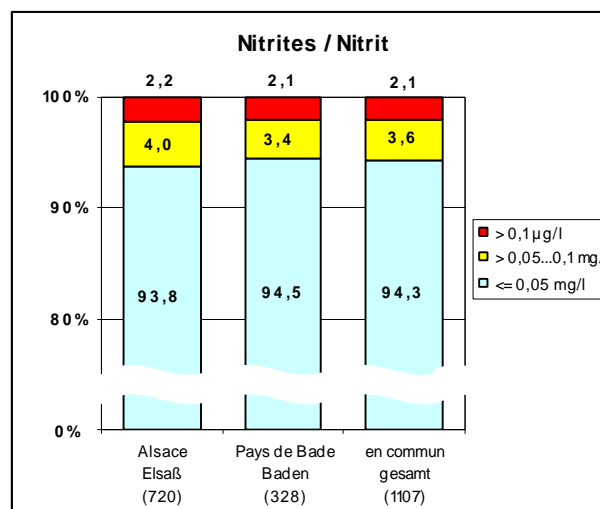


Figure n° 3.2.27 : Répartition des concentrations en nitrites (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.27: Verteilung der Nitritkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

La répartition des nitrites correspond à peu de choses près à celle de l'ammonium.

Comme l'ammonium, les nitrites se rencontrent en Alsace essentiellement en milieu réducteur hydromorphe, riche en matière organique (le Ried entre Colmar et Sélestat, et surtout la basse vallée de l'Andlau) et apparaissent dans le processus de dénitrification. La présence de nitrites est également liée à une détérioration de la qualité microbiologique de l'eau ; on les retrouve souvent à l'aval des habitations ou des installations au système d'assainissement défaillant (stations d'épuration, fermes isolées). L'épandage des lisiers dans les zones d'élevage intensif peut également provoquer l'apparition d'ammonium notamment dans le nord de l'Alsace.

Dans le pays de Bade, on trouve des valeurs élevées près du Kaiserstuhl, entre Lahr et Kehl et localement dans le nord du domaine d'étude. A l'est du Kaiserstuhl, les nitrates sont réduits en nitrites du fait des faibles concentrations en oxygène. Les mêmes phénomènes conduisent à des concentrations élevées dans la dépression de la Kinzig-Murg entre Offenburg et Kehl. Pour les quelques points de mesures dépassant la limite de potabilité, la contamination provient vraisemblablement des épandages de lisier ou des eaux usées des réseaux défectueux des agglomérations, comme par exemple à Lahr.

Die räumliche Verteilung von Nitrit stimmt in etwa mit der Verteilung von Ammonium überein.

Wie Ammonium ist Nitrit im Elsaß hauptsächlich in Feuchtgebieten mit reduzierendem Milieu, reich an organischem Material, zu finden (im Ried zwischen Colmar und Sélestat, vor allem in der Niederung der Andlau) und ist auf Denitrifikationsprozesse zurückzuführen. Das Vorkommen von Nitrit ist ebenfalls mit einer Verschlechterung der mikrobiologischen Qualität des Wassers verbunden, es wird häufig im Abstrom von Gehöften oder defekten Abwasseranschlüssen gefunden (Kläranlagen, Aussiedlerhöfe). Das Ausbringen von Gülle in Gebieten mit intensiver Viehzucht kann ebenfalls Ammoniumgehalte verursachen. Dies ist insbesondere im Norden des Elsaß der Fall.

Im badischen Teil liegen erhöhte Werte am Kaiserstuhl, zwischen Lahr und Kehl und vereinzelt im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets vor. Im Osten des Kaiserstuhls wird eingetragenes Nitrat durch die Sauerstoffarmut des Grundwassers über das Zwischenprodukt Nitrit reduziert. Die gleichen Prozesse führen im Bereich der Kinzig-Murg-Niederung zwischen Offenburg und Kehl zu erhöhten Nitritkonzentrationen. An manchen Meßstellen führt möglicherweise der Eintrag von Gülle oder eine Beeinflussung durch Abwässer aus defekten Kanälen in Siedlungsgebieten, wie z. B. bei Lahr, zu den Grenzwertüberschreitungen.

3.2.14 Chlorures

Généralités

Les chlorures se trouvent de façon naturelle à forte concentration dans l'eau de mer et donc dans des sédiments marins comme les évaporites et les gisements de sel. Les couches superficielles de la nappe peuvent être contaminées par la remontée d'eaux profondes aux concentrations en sel élevées. Les apports anthropiques de chlorures résultent de l'utilisation de sel pour les routes, des décharges, des rejets des eaux usées et du stockage de résidus miniers contenant du sel. Cette dernière source est un problème d'actualité au sud de la vallée du Rhin supérieur.

Constat

La concentration moyenne en Alsace, s'élevant à 175,2 mg/l, est très élevée. Dans le Pays de Bade, elle est de 36,7 mg/l. Les médianes sont sensiblement inférieures : 45 mg/l en Alsace et 28,2 mg/l en Pays de Bade, ce qui s'explique par l'existence de pollutions localisées mais très fortes (fig. 3.2.28).

Des dépassements de la limite de potabilité française de 200 mg/l, sont observés sur 32 points de mesures en Alsace (4,4 %) et sur 4 points (1,2%) en Pays de Bade (fig. 3.2.29). En terme de surfaces contaminées, la concentration limite est dépassée sur 2,8% de la surface de la nappe en Alsace et sur 0,3% en Pays de Bade.

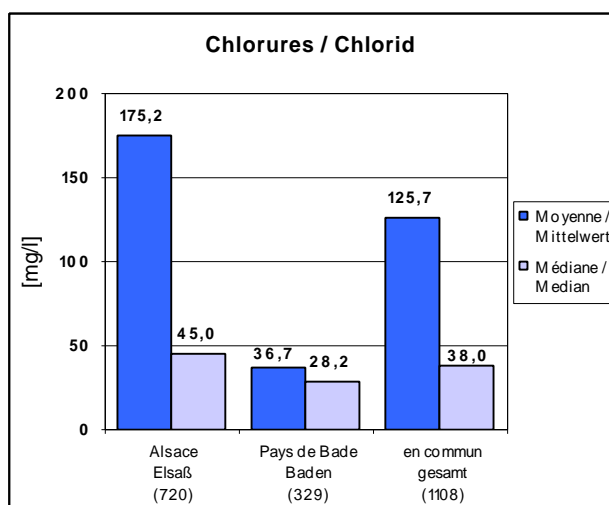


Figure n° 3.2.28 : Moyenne et médiane des concentrations en chlorures (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.28: Mittelwerte und Mediane der Chloridverteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

3.2.14 Chlorid

Allgemeines

Chloride sind in der Natur in hohen Konzentrationen im Meerwasser und daher auch in marinen Sedimenten wie z.B. in Salzlagerstätten vorhanden. Im oberflächennahen Grundwasser kann der Chloridgehalt durch aufsteigende salzhaltige Tiefenwässer beeinflusst werden. Ein anthropogener Eintrag von Chlorid erfolgt durch Auftausalze, Deponien, Abwässer und die Ablagerung salzhaltigen Materials aus dem Bergbau. Letzteres ist im südlichen Oberrheingraben eine aktuelles Problem.

Ergebnisse

Der Mittelwert liegt im Elsaß mit 175,2 mg/l sehr hoch. Im badischen Teil beträgt der Mittelwert 36,7 mg/l. Die Medianwerte von 45,0 mg/l im Elsaß und 28,2 mg/l in Baden liegen deutlich niedriger, was auf eine lokal begrenzte aber sehr starke Belastung hinweist (Abb. 3.2.28).

32 Meßstellen im Elsaß (4,4 %) weisen Chloridgehalte über dem französischen Grenzwert für Trinkwasser von 200 mg/l auf. In Baden liegen 4 Meßstellen (1,2 %) über diesem Wert (Abb. 3.2.29). Auf die Fläche des betrachteten Grundwasserleiters gerechnet bedeutet dies, daß der Grenzwert auf 2,8 % der gesamten Fläche im Elsaß und auf 0,3 % in Baden überschritten wird.

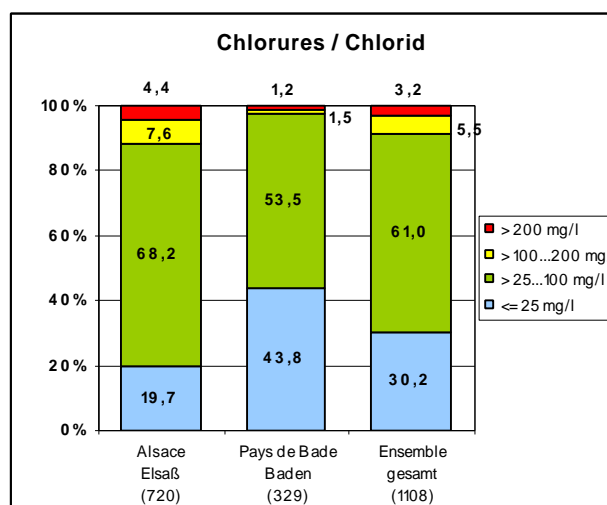


Figure n° 3.2.29 : Répartition des concentrations en chlorures (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.29: Verteilung der Chloridkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En raison de la présence des résidus d'exploitation des mines de potasse dans le sud de l'Alsace (terrils de la société alsacienne d'extraction Mines de Potasse d'Alsace MDP A), les zones à l'aval du bassin potassique sont très fortement contaminées. Deux panaches de pollution, de concentration supérieure à 200 mg/l, s'étendent jusqu'à l'amont de Colmar. Du fait du phénomène d'écoulement densitaire des chlorures, il est à craindre que la situation dans les couches profondes de l'aquifère ne soit encore plus préoccupante. Ceci est confirmé par les analyses des échantillons d'eau de nappe prélevés dans les forages profonds situés à l'aval du bassin potassique. Le renouvellement de l'eau en profondeur étant très lent, cette contamination perdurera sans doute encore un certain temps, malgré l'arrêt de l'exploitation des mines de potasse prévu en 2004.

Cependant, suite aux mesures prises par la société minière des MDP A (puits de dépollution, dissolution accélérée des terrils) pour réduire les sources de pollution, la situation en surface s'améliore, notamment le long du Rhin. Les concentrations ont également baissé à l'aval hydraulique du saumoduc, qui permet de rejeter au Rhin les résidus salins des fabriques de potasse, devenant inférieures à 100 mg/l, à la suite de travaux d'étanchement.

Une autre pollution plus locale, d'origine naturelle, a été mise en évidence dans le nord de l'Alsace. Une étude financée par l'Agence de l'eau en 1977, a permis de conclure à l'origine naturelle des chlorures dans le secteur de Roeschwoog, liée à la géologie du secteur (affleurements de calcaires et grès calcaires de faciès saumâtre) et à la tectonique (présence de nombreuses failles, diapir).

Côté badois, des panaches de pollution sont observés à l'aval hydraulique des terrils de Heitersheim et Buggingen, comme à l'aval des dépôts de l'île de Fessenheim entre Bremgarten et Breisach. Les terrils près de Buggingen et près de Heitersheim ont été utilisés jusqu'en 1973 pour entreposer des résidus de la production de potasse. Il existe toujours des infiltrations salées dans la nappe dues à l'infiltration et la percolation de l'eau de pluie dans ces dépôts salés. Des saumures ont été entreposées par les MDP A dans quatre bassins de stockage sur l'île de Fessenheim jusqu'en 1976. Ces bassins ayant été parfois asséchés, les saumures ont pu s'infiltrer dans la nappe à travers les fentes de des-

Aufgrund der Rückstände aus dem Kaliabbau im südlichen Elsaß (Abraumhalden der elsässischen Kaliminengesellschaft Mines de Potasse d'Alsace, MDP A) sind die Bereiche im Abstrom des Kalibeckens sehr stark belastet. Zwei Salzfahnen mit Konzentrationen über 200 mg/l erstrecken sich bis vor Colmar. Aufgrund der Dichteströmung des durch Chlorid belasteten Grundwassers ist zu befürchten, daß die Situation in den tiefen Bereichen des Aquifers noch besorgniserregender ist. Dies wurde durch Analysen von Wasserproben aus tiefen Meßstellen im Abstrom des Kalibeckens bestätigt. Da die Erneuerung des tiefen Grundwassers sehr langsam vonstatten geht, wird diese Belastung zweifellos noch eine gewisse Zeit andauern, obwohl der Abbau der Kaliminen voraussichtlich 2004 beendet wird.

Indessen hat sich die Situation in Folge der Maßnahmen, die durch die Kaliminengesellschaft MDP A durchgeführt wurden (Sanierungsbrunnen, beschleunigte Lösung der Salze in den Abraumhalden), in den oberflächennahen Bereichen verbessert, besonders entlang des Rheins. Auch im Abstrom des Salzkanals, durch den die salzhaltigen Abwässer aus den Kaliindustrien in den Rhein geleitet werden, konnten durch dessen Abdichtung die Konzentrationen auf unter 100 mg/l reduziert werden.

Eine andere lokale Belastung natürlichen Ursprungs wurde im Norden des Elsaß beobachtet. Durch eine von der Agence de l'eau 1977 finanzierte Studie konnte aufgezeigt werden, daß das natürliche Vorkommen von Chlorid bei Roeschwoog auf die Geologie des Gebiets (Ausstreichen von Kalkstein und kalkhaltigem Sandstein einer brackigen Fazies) und die Tektonik (zahlreiche Verwerfungen, Diapir) zurückzuführen ist.

Auf deutscher Seite werden Salzfahnen im Abstrom der Kalihalden Heitersheim und Buggingen sowie abstromig der Absetzbecken auf der Fessenheimer Insel zwischen Bremgarten und Breisach beobachtet. In den Abraumhalden bei Buggingen und Heitersheim wurde bis 1973 Abraum aus den abgeteuften Schächten sowie Rückstände aus der Kaliproduktion gelagert. Aus den salzhaltigen Ablagerungen wird immer noch durch versickerndes Niederschlagswasser Salz ins Grundwasser eingetragen. Auf der Fessenheimer Insel wurden aus der elsässischen Kaliproduktion (MDP A) bis 1976 Salzlösungen in vier Speicherbecken geleitet. Durch das zeitweilige Trockenfallen der Becken

siccation (GLA, 1997).

Il convient de rappeler que la carte des concentrations en chlorures ne représente que les couches superficielles de la nappe (0 – environ 40 m). L'eau salée plus dense pénétrant dans les couches profondes de l'aquifère, les concentrations en chlorures sont plus élevées en profondeur, comme c'est également le cas dans le bassin potassique alsacien.

Evolution

Lors de l'inventaire 1991, des concentrations élevées en chlorures étaient mesurées le long du Rhin, principalement dans la partie nord de la zone d'étude. Grâce à l'amélioration sensible de la qualité des eaux du Rhin, les concentrations en chlorures dans les eaux souterraines le long du Rhin (en dehors du panache de Bremgarten au sud du Kaiserstuhl) sont aujourd'hui inférieures à 100 mg/l.

Dans la plaine d'Alsace, après une période de nette dégradation entre 1973 et 1992, une stabilisation de la valeur médiane peut être observée grâce aux différentes mesures prises depuis 1975 pour la réduction de la contamination par le sel. Cette évolution est encore plus nette si l'on considère la moyenne qui est passée de 295 mg/l en 1991 à 175 mg/l en 1997.

Côté allemand, les valeurs médianes ne montrent que peu d'évolution, si l'on compare les séries de données de points de mesure analysés de façon continue en 1992, 1993, 1994 et 1997. En prenant en compte la médiane et la moyenne des analyses de 28 points de mesure continus, pour lesquels une concentration supérieure à 50 mg/l a été mesurée en 1997, une augmentation sensible doit tout de même être notée. La médiane passe de 51,4 mg/l en 1992 à 62,1 mg/l en 1997.

konnten die hochkonzentrierten Wässer durch Trockenrisse ins Grundwasser versickern (GLA, 1997).

Es muß darauf hingewiesen, daß auf der Karte nur die Chloridkonzentrationen des oberflächennahen Grundwassers dargestellt sind (0 – etwa 40 m). Da salzhaltiges Grundwasser aufgrund seiner höheren Dichte in tiefere Bereiche des Grundwasserleiters absinkt, sind wie auch im elsässischen Kalibecken die Chloridkonzentrationen in der Tiefe bedeutend höher.

Zeitliche Entwicklung

Bei der Bestandsaufnahme 1991 wurden entlang des Rheins, vor allem im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets, erhöhte Chloridkonzentrationen gemessen. Dank der deutlichen Verbesserung der Qualität des Rheinwassers sind die Chloridgehalte entlang des Rheins (ausgenommen der Salzfanne bei Bremgarten südlich des Kaiserstuhls) unter die Grenze von 100 mg/l gesunken.

In der elsässischen Rheinebene kann nun nach der deutlich zunehmenden Belastung zwischen 1973 und 1992 dank verschiedener Maßnahmen, die seit 1975 zur Verminderung der Salzbelastung eingeleitet wurden, ein Stagnieren des Medianwertes beobachtet werden. Diese Entwicklung wird um so deutlicher, wenn man den Mittelwert betrachtet, der von 295 mg/l im Jahr 1991 auf 175 mg/l im Jahr 1997 gesunken ist.

Auf deutscher Seite zeigen die Mediane kaum Änderungen, wenn die Datenreihen konsistenter Meßstellen aus den Jahren 1992, 1993, 1994 und 1997 verglichen werden. Auf Grundlage der Mediane und Mittelwerte von 28 konsistenten Meßstellen, an denen 1997 Konzentrationen über 50 mg/l gemessen wurden, ist jedoch eine deutliche Zunahme der Werte festzustellen. Der Median steigt von 51,4 mg/l im Jahr 1992 auf 62,1 mg/l im Jahr 1997.

Tab. 3.7 : Evolution dans le temps des concentrations médianes pour les chlorures

Tab. 3.7 : zeitliche Entwicklung der Medianwerte für Chlorid

Nappe d'Alsace / Grundwasser im Elsaß				
Année d'observation <i>Beprobungsjahr</i>	1973	1983	1991	1997
Concentration médiane en chlorures (en mg/l) <i>Median der Chloridgehalte (in mg/l)</i>	31	44	45	45

Nappe coté badois / Grundwasser auf badischer Seite				
Année d'observation <i>Beprobungsjahr</i>	1992	1993	1994	1997
Concentration médiane en chlorures (en mg/l)* <i>Median der Chloridgehalte (in mg/l) *</i>	28,2	29,9	29,0	29,0

* die Medianwerte wurden jeweils aus Daten derselben Meßstellen von 1992 bis 1997 berechnet, daher stimmt der Median für 1997 in dieser Tabelle mit dem oben genannten nicht überein.

* Ces valeurs médianes sont calculées seulement sur les points observés chaque année entre 1992 et 1997, ce qui explique que la médiane pour 1997 dans le tableau ne soit pas comparable à celle citée plus haut

3.2.15 Sulfates

Généralités

Les sulfates sont les sels de l'acide sulfurique et sont très répandus dans la croûte terrestre. La concentration naturelle en sulfates dans les eaux souterraines est très influencée par la géologie locale. Les sulfates sont des composants du gypse ou de l'anhydrite dans les roches sédimentaires ou dans les gisements de potasse. La décomposition microbienne de matière organique peut aussi conduire à une augmentation de la concentration en sulfates.

Les sulfates dans les eaux souterraines proviennent également du lessivage des engrais minéraux dans les sols, des rejets industriels (mines de potasse, industries chimiques, eaux usées) et d'infiltration d'eaux au travers des décharges. Par ailleurs, l'assèchement des marais, avec la décomposition de substances organiques qui en résulte, peut provoquer un relargage de sulfates.

Constat

Sur l'ensemble de la zone d'étude, la médiane des concentrations en sulfates se situe à 40 mg/l. Les moyennes de 53,3 mg/l en Alsace et de 44,9 mg/l en Pays de Bade sont nettement inférieures aux limites de qualité européennes pour l'eau potable de 250 mg/l. La valeur limite est dépassée pour seulement 7 points de prélèvement en Alsace (1 %) (fig. 3.2.30, fig. 3.2.31).

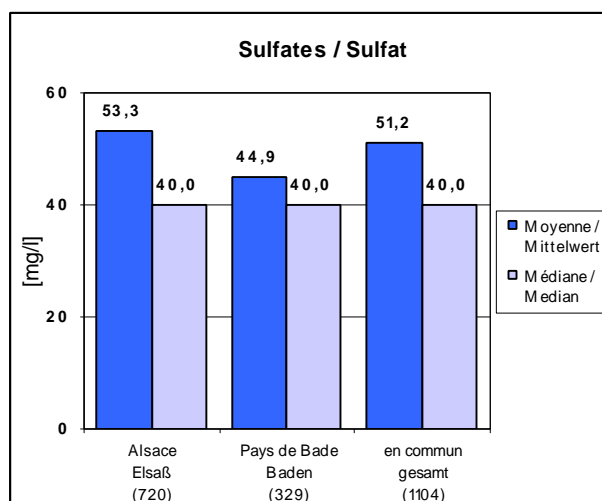


Figure n° 3.2.30 : Moyenne et médiane des concentrations en sulfates (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.30: Mittelwerte und Mediane der Sulfatverteilung (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

3.2.15 Sulfat

Allgemeines

Sulfate sind Salze der Schwefelsäure und in der Erdkruste weit verbreitet. Die Sulfatgehalte in natürlichen Grundwässern werden stark von der lokalen Geologie geprägt. Sulfate sind Bestandteil von Gips oder Anhydrit in Sedimentgesteinen oder von Kalisalzlagerstätten. Auch der mikrobielle Abbau organischer Substanz kann zu erhöhten Sulfatgehalten führen.

Sulfate gelangen aber auch durch die Auswaschung von Mineraldünger, durch die Industrie (Kaliindustrie, Chemie oder industrielle Abwässer) oder durch Sickerwässer aus Mülldeponien ins Grundwasser. Außerdem kann durch die Trockenlegung von Mooren und die dadurch verursachte Zersetzung von organischer Substanz Sulfat freigesetzt werden.

Ergebnisse

Im gesamten Untersuchungsgebiet beträgt der Median 40 mg/l. Auch die Mittelwerte von 53,3 mg/l im Elsaß und 44,9 mg/l in Baden liegen weit unterhalb des europäischen Grenzwerts für Trinkwasser von 250 mg/l. Nur an 7 Meßstellen im Elsaß (1 %) wird der Grenzwert überschritten (Abb. 3.2.30, Abb. 3.2.31).

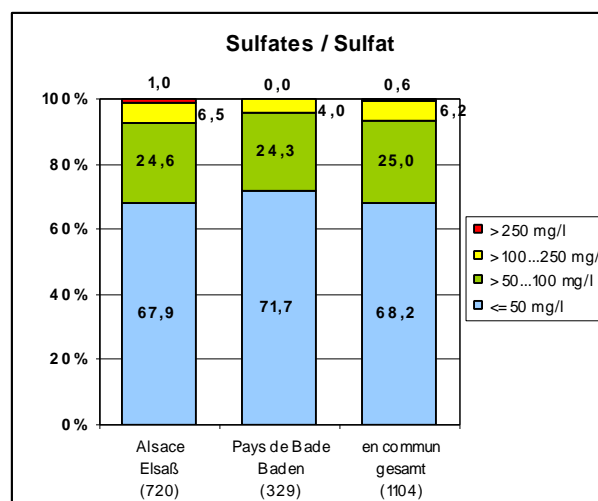


Figure n° 3.2.31 : Répartition des concentrations en nitrates (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.31: Verteilung der Sulfatkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En Alsace, la contamination par les sulfates est surtout visible à l'aval de Thann (lagunes de l'industrie chimique) et à l'aval des terrils du bassin potassique qui contiennent de l'anhydrite de calcium (sulfate de calcium). Les concentrations en sulfates sont d'origine naturelle au niveau des affleurements de gypse du Keuper situés le long du piémont des Vosges et dans les zones tourbeuses du Ried. Le long du piémont les fortes concentrations en sulfates proviennent également de l'utilisation de produits sulfatés dans les vignes.

Près de Haguenau, les concentrations en sulfates sont également relativement élevées. Au nord de Strasbourg, la présence de fortes concentrations provient de l'assèchement de zones tourbeuses.

Côté allemand, le lessivage des gypses des sédiments du piémont de la Forêt Noire entre Müllheim et Bad-Bellingen et dans la région de Lahr, conduit à des concentrations élevées en sulfates dans les eaux souterraines. Dans la région de Lahr, une remontée d'eau salée profonde conduit probablement à une augmentation locale de la concentration en sulfates. Ailleurs, des zones de concentration élevée en sulfates correspondent aux zones d'agriculture intensive, comme dans le Markgräferland, à l'aval du Kaiserstuhl et au nord de Lahr. Dans ces zones, la concentration élevée en sulfates peut résulter principalement du lessivage des engrais minéraux utilisés dans les zones de viticulture.

Evolution

La comparaison de la médiane des concentrations enregistrées en 1997 avec celle des mesures effectuées en 1991/1992 ne permet pas de dégager de tendance significative. En Alsace, la médiane est passée de 43 à 40 mg/l et du côté badois, de 41 à 40 mg/l. Toutes les valeurs se situent dans un domaine de variations normales pour les sulfates dans les eaux souterraines de l'aquifère quaternaire du Rhin supérieur.

Die Belastung durch Sulfat ist im Elsaß vor allem im Abstrom von Thann (Absetzen der Chemie) und im Abstrom der Abrauhalden im Kalibecken zu erkennen, die Anhydrit (Calciumsulfat) enthalten. Die Sulfatkonzentrationen entlang der Vorbergzone der Vogesen, wo Gipsschichten des Keupers austreichen, und in torfhaltigen Gebieten im Ried sind natürlichen Ursprungs. Entlang der Vorbergzone stammen die hohen Konzentrationen außerdem aus der Anwendung von sulfathaltigen Produkten in den Weinbergen.

Auch bei Haguenau sind die Sulfatgehalte vergleichsweise hoch. Nördlich von Straßburg sind die hohen Konzentrationen auf die Trockenlegung von Torfgebieten zurückzuführen.

Auf deutscher Seite führen Gipsauslaugungen aus Sedimenten in der Vorbergzone zwischen Müllheim und Bad Bellingen und in der Lahrer Vorbergzone zu geogen bedingt erhöhten Sulfatgehalten. Außerdem verursacht bei Lahr möglicherweise ein lokaler Aufstieg von salzhaltigen Tiefenwässern die erhöhten Sulfatgehalte. Andererseits decken sich manche Bereiche erhöhter Sulfatgehalte mit den Bereichen intensiver Landwirtschaft wie im Markgräfler Land, im Abstrom des Kaiserstuhls und nördlich von Lahr. Hier kann der erhöhte Sulfatgehalt durch Auswaschung von Mineraldünger vor allem aus den Weinbaugebieten verursacht sein.

Zeitliche Entwicklung

Der Vergleich der Mediane der Bestandsaufnahme 1997 mit denen der letzten gemeinsamen Bestandsaufnahme 1991/1992 läßt keine Tendenz erkennen. Im Elsaß ist der Median von 43 mg/l auf 40 mg/l, auf badischer Seite von 41 mg/l auf 40 mg/l gefallen. Alle Werte liegen innerhalb einer normalen Schwankungsbreite für Sulfat im Grundwasser des oberrheinischen Quartärs.

3.2.16 Bore

Généralités

Le bore se trouve sous forme de traces dans la nature et uniquement dans certains minéraux des roches subvolcaniques, des argiles (Keuper), des calcaires ou des dolomites. Il est également présent dans les eaux des champs pétrolifères et dans les eaux thermales d'origine volcanique.

On estime que deux tiers environ de la quantité de bore présent dans la nature est d'origine anthropique (Wiecken, Weibold-Weber, 1995). Dans l'industrie, le bore est utilisé par exemple pour la fabrication du verre et de la porcelaine. Il est également utilisé en tant qu'agent désinfectant et blanchissant dans les produits de nettoyage et de lavage. De plus, il est l'un des composants des engrais utilisés pour le maïs, la vigne et les cultures maraîchères. Du fait de ses multiples utilisations, le bore est presque toujours présent dans les rejets d'eaux usées. Il est entraîné vers les eaux souterraines par infiltration des rivières contenant des rejets de stations d'épuration ou en raison de la mauvaise étanchéité des réseaux d'assainissement. Selon des estimations récentes, dans l'ensemble de la république fédérale allemande, 20 à 25 % des canalisations publiques et plus de 50 % des branchements domestiques privés sont défectueux (LfU, 1998). Le bore est donc un bon indicateur des pollutions d'origine anthropique.

Constat

Dans la vallée du Rhin supérieur, les valeurs médianes se situent en dessous de la limite de quantification la plus élevée de 0,05 mg/l pour l'ensemble des laboratoires d'analyses. Le nombre d'analyses positives atteint 56,9 % en Alsace et 86,3 % côté badois. La limite de potabilité de 1 mg/l est dépassée pour 4 points (0,6 %) en Alsace, pour 1 point (0,3 %) en pays de Bade (Fig. 3.2.32, Fig. 3.2.33).

De part et d'autre du Rhin, les points de mesure pour lesquels de fortes concentrations en bore ont été détectées sont répartis de manière très irrégulière. Ils se situent de manière générale à proximité immédiate de sites industriels, de décharges, de stations d'épuration ou sous des agglomérations.

3.2.16 Bor

Allgemeines

Bor ist in der Natur ein Spurenstoff, es kommt nur in einzelnen Mineralen in subvulkanischen Gesteinen, Tongesteinen (Keuper), kalk- oder dolomithaltigen Gesteinen vor. Außerdem ist Bor in Ölfeldwässern und vulkanogenen Thermalwässern anzutreffen.

Nach Schätzungen stammen etwa zwei Drittel des in der Umwelt vorhandenen Bors aus anthropogenen Quellen (Wiecken, Weibold-Weber, 1995). In der Industrie wird Bor z.B. in der Glas- und Porzellanproduktion eingesetzt. In Wasch- und Reinigungsmitteln wird es als Desinfektions- und Bleichmittel verwendet. Außerdem ist es Bestandteil von Düngemitteln für Mais, Wein und Gemüse. Aufgrund seiner vielseitigen Verwendung ist Bor fast immer in Abwässern zu finden. Aus undichten Kanälen oder durch infiltrierende Bäche, die Kläranlagenabläufe enthalten, gelangt Bor ins Grundwasser. In der gesamten Bundesrepublik sind nach neueren Schätzungen 20-25 % der öffentlichen Kanalisation und bis zu 50 % der privaten Hausanschlüsse schadhaft (LfU, 1998). Bor eignet sich also gut als Indikator für anthropogene Verunreinigungen.

Ergebnisse

In der Oberrheinebene liegen die Medianwerte unterhalb der größten vorkommenden Bestimmungsgrenze von 0,05 mg/l. Die Anzahl der positiven Befunde beträgt im Elsaß 56,9 % und auf badischer Seite 86,3 %. Der Grenzwert für Trinkwasser von 1 mg/l wird an vier Meßstellen im Elsaß (0,6 %), in Baden an einer Meßstelle (0,3 %) überschritten (Abb. 3.2.32, Abb. 3.2.33).

Auf beiden Seiten des Rheins sind die Meßstellen, an denen erhöhte Borkonzentrationen nachgewiesen wurden, unregelmäßig verteilt. Im allgemeinen befinden sie sich in unmittelbarer Nähe von Industriegebieten, von Deponien oder Kläranlagen und in dicht besiedelten Bereichen.

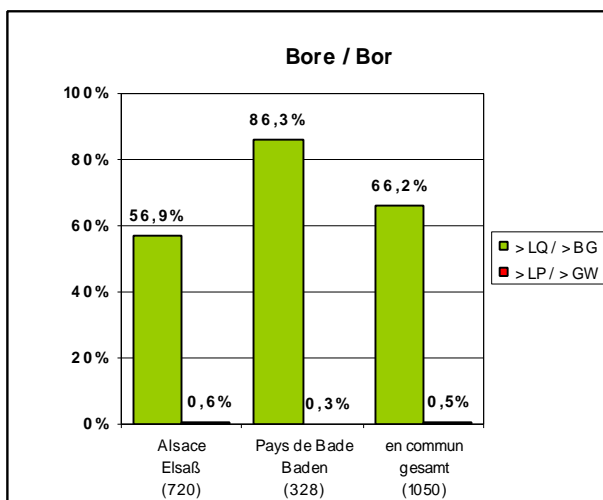


Fig. 3.3.32 : Pourcentage des concentrations en bore supérieures à la limite de quantification (LQ) et supérieures à la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.32: Anteil der Borbefunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En Alsace, les concentrations élevées en bore se situent sous les agglomérations de Sélestat, Strasbourg, Haguenau et au niveau des Mines de Potasse d'Alsace (MDPA). Les points de mesure où le bore est détecté à de faibles concentrations sont, pour la plupart, situés dans la frange entre le piémont et l'Ill, à l'aval de Bâle et sur l'ensemble de la nappe au nord de Strasbourg.

En Pays de Bade, les points présentant de fortes concentrations en bore sont situés dans la zone industrielle au sud de Lörrach, dans les agglomérations de Lahr, d'Offenburg et d'Achern et dans la zone de Baden-Baden/Rastatt. Le point de mesure près d'Offenburg, pour lequel la limite de potabilité est dépassée, est situé dans une zone militaire.

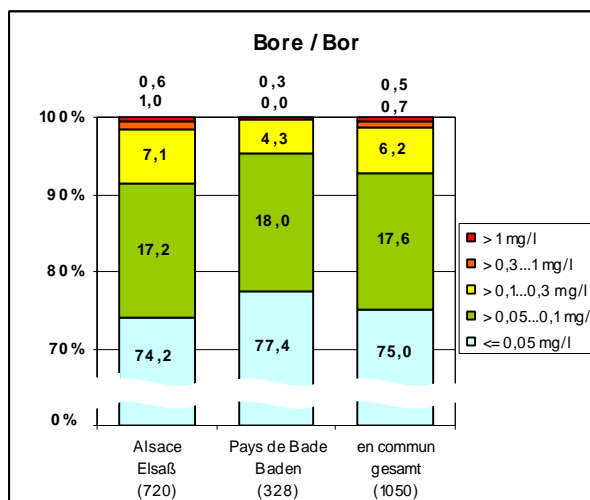


Fig. 3.2.33: Répartition des concentrations en bore (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.33: Verteilung der Borkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Im Elsaß befinden sich erhöhte Borgehalte in den Ballungsräumen Sélestat, Straßburg und Haguenau und vor allem im Bereich der elsässischen Kaliminen. Die Meßstellen, an denen Bor in geringeren Konzentrationen nachgewiesen wurde, befinden sich zum größten Teil in dem Streifen zwischen den Vorbergen und der Ill, im Abstrom von Basel und im Grundwasser nördlich von Straßburg.

In Baden wurden erhöhte Borgehalte südlich von Lörrach im Industriegebiet, in den Siedlungen Lahr, Offenburg und Achern und im Bereich Baden-Baden/Rastatt nachgewiesen. Die Meßstelle bei Offenburg, an der der Grenzwert überschritten wird, befindet sich auf einem militärischen Gelände.

3.2.17 Fer

Généralités

Le fer est contenu dans de nombreux minéraux et, après l'aluminium, il est l'élément le plus courant dans l'environnement ; il se trouve sous forme d'oxyde ferreux ou d'hydroxyde de fer plus ou moins soluble dans les eaux souterraines. La solubilité du fer dépend du potentiel d'oxydoréduction (ou potentiel redox) et du pH. Dans les eaux souterraines pauvres en oxygène, le fer est présent sous forme de fer ferreux (bivalent). En présence d'oxygène, il est oxydé sous forme de fer ferrique (trivalent) et est transformé en hydroxyde de fer du fait du pH des eaux souterraines de la vallée du Rhin supérieur (compris généralement entre 6 et 8,5). Une faible variation du potentiel redox ou du pH suffit pour modifier de façon importante la solubilité du fer. Ce phénomène peut conduire à de fortes variations locales des concentrations en fer dans un milieu pauvre en oxygène (GLA, LfU, 1979).

De fortes concentrations en fer peuvent être observées dans des zones marécageuses ou tourbeuses. De plus, le fer peut atteindre les couches superficielles de l'aquifère par l'intermédiaire de remontées d'eaux profondes fortement minéralisées.

Les pollutions d'origine anthropique peuvent être liées aux eaux usées, surtout aux rejets industriels, ou à la présence de sites pollués. De fortes concentrations en fer, qui sont un indicateur de conditions réductrices, indiquent également d'éventuelles pollutions anthropiques par des substances organiques. Enfin, une autre source potentielle de fer est constituée par le matériau d'équipement du point d'observation lui-même. En effet, dans les points d'observation anciens, on remarque souvent une plus forte concentration en éléments métalliques, résultant de la corrosion des parois du tubage.

Constat

Le fer a été détecté sur 90,2 % des points de mesure en Alsace et sur 55,8 % en Pays de Bade (figure 3.2.34). Cette grande différence s'explique par les différences dans les méthodes de prélèvement : en Alsace, un des laboratoires d'analyses n'a pas suivi la même procédure de prélèvement que les autres laboratoires et a ainsi détecté plus de fer. De ce fait, les deux premières classes de concentrations (« en-dessous de la limite de quantification la plus élevée de 0,035 mg/l » et « concentrations inférieures à 0,1 mg/l ») ont été réunies pour l'exploitation des résultats.

3.2.17 Eisen

Allgemeines

Eisen ist in vielen Mineralen enthalten und ist nach Aluminium das häufigste Element in der Umwelt. Es liegt meist als wenig lösliches Eisenoxid oder Eisenoxidhydrat im Grundwasser vor. Die Löslichkeit von Eisen hängt vom Redoxpotential und vom pH-Wert ab. In sauerstoffarmen Grundwässern liegt Eisen in zweiwertiger Form vor. Durch Sauerstoff wird es zu dreiwertigem Eisen oxidiert und fällt bei den im Grundwasser der Oberrheinebene üblichen pH-Werten zwischen 6 und 8,5 als Eisenhydroxid aus. Geringe Veränderungen des Redoxpotentials oder des pH-Werts genügen, um die Löslichkeit von Eisen stark zu verändern. Dies kann in sauerstoffarmem Milieu zu örtlich stark variierenden Eisengehalten führen (GLA, LfU, 1979).

Erhöhte Eisengehalte im Grundwasser können in anmoorigen Bereichen oder Mooren vorkommen. Ferner kann Eisen durch aufsteigende hoch mineralisierte Tiefenwässer in oberflächennahe Bereiche des Grundwasserleiters gelangen.

Anthropogene Verunreinigungen können durch Abwässer, vor allem Industrieabwässer, oder durch Altlasten bedingt sein. Erhöhte Eisengehalte, die ein Indikator für reduzierende Verhältnisse sind, weisen auch auf eventuelle anthropogene Verunreinigungen durch organische Substanzen hin. Eine zusätzliche Eisenquelle kann das Ausbaumaterial der Meßstellen selbst sein. In älteren Meßstellen ist oft ein erhöhter Gehalt an Metallen festzustellen, der durch die Korrosion der Rohrwandungen verursacht wird.

Ergebnisse

Im Elsaß wurde an 90,2 % aller Meßstellen Eisen nachgewiesen, in Baden an 55,8 % (Abb. 3.2.34). Der große Unterschied kann durch unterschiedliche Probennahmemethoden erklärt werden. Im Elsaß hat ein Laboratorium andere Probennahmemethoden als die anderen Laboratorien angewandt und dadurch mehr Eisen nachgewiesen. Aus diesem Grund sind auch die ersten beiden Verteilungsklassen („unter der höchsten vorkommenden Bestimmungsgrenze von 0,035 mg/l“ und „leicht erhöhte Konzentrationen bis 0,1 mg/l“) bei der Darstellung der Ergebnisse zusammengefaßt wor-

En Alsace, 16,7 % des mesures dépassent la limite de potabilité de 0,2 mg/l ; 7,3 % des mesures se situent au-dessus de 1 mg/l. Côté badois, 16,2 % des mesures se situent au-dessus de la valeur limite ; 8,5 % des mesures dépassent une valeur égale à 5 fois la limite (Fig. 3.2.35).

Il est important de rappeler que de fortes concentrations en fer et manganèse, supérieures aux limites de qualité, conduisent à faire précipiter le fer ferreux et le manganèse au contact de l'oxygène de l'air lors du prélèvement de l'eau souterraine. Ainsi, de fortes concentrations en fer ou en manganèse peuvent conduire à des problèmes techniques dans la distribution de l'eau potable. Il est donc nécessaire d'éliminer préalablement le fer et le manganèse lors du traitement de l'eau destinée à l'alimentation en eau potable, pour éviter des phénomènes de colmatage de la canalisation d'eau par précipitation.

Le fer et le manganèse ne déclassent pas la ressource pour la production d'eau potable, car ils sont aisément floculables.

den.

Im Elsaß wird an 16,7 % aller Meßstellen der Grenzwert für Trinkwasser von 0,2 mg/l überschritten, 7,3 % der Meßstellen liegen über 1 mg/l. Auf badischer Seite liegen an 16,2 % der Meßstellen Grenzwertüberschreitungen vor, an 8,5 % der Meßstellen wird er um mehr als das Fünffache überschritten (Abb. 3.2.35).

Bei den hohen Konzentrationen für Eisen und Mangan über dem Trinkwassergrenzwert ist zu beachten, daß zweiwertiges Eisen und Mangan bei Kontakt mit Luftsauerstoff bei der Förderung von Grundwasser sofort ausgefällt werden. Damit sind erhöhte Eisen- oder Mangangehalte ein technisches Problem für die Wasserversorgung. Vor der Verteilung als Trinkwasser müssen bei solchen Wässern Eisen und Mangan entfernt werden, um "Verockerungen" der Wasserleitungen zu vermeiden.

Eisen und Mangan stellen also keine Belastung der Ressource bezüglich der Trinkwasserförderung dar, sie können durch Flockung leicht entfernt werden.

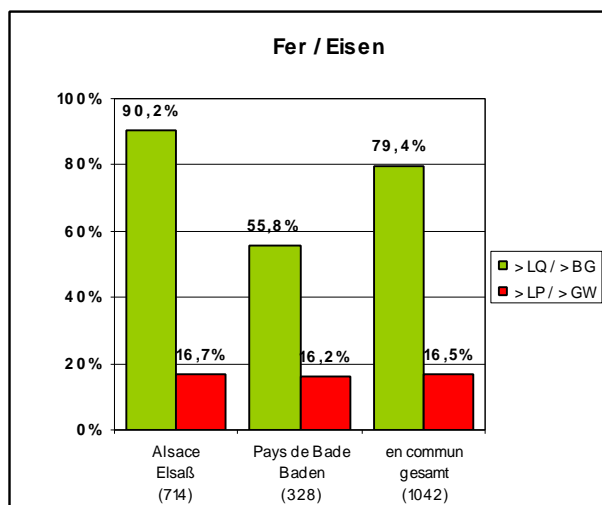


Fig. 3.3.34 : Pourcentage des concentrations en fer supérieures à la limite de quantification (LQ) et supérieures à la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.34: Anteil der Eisenbefunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Dans la vallée du Rhin supérieur, de fortes concentrations en fer sont surtout observées là où est mis en évidence un potentiel redox faible, résultant d'un manque en oxygène.

Tout comme le manganèse, qui lui est souvent lié, le

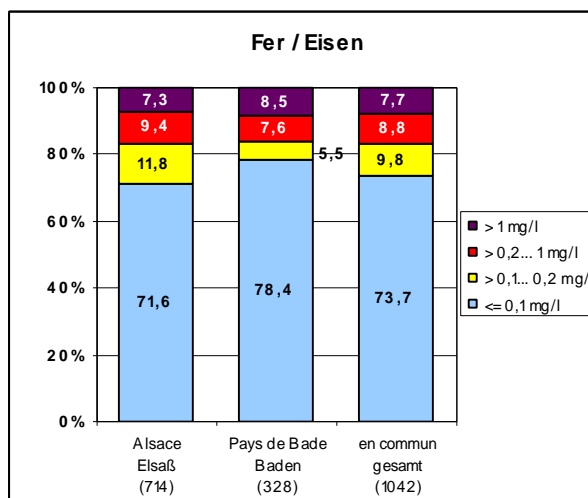


Fig. 3.2.35 : Répartition des concentrations en fer (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.35: Verteilung der Eisenkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Hohe Eisenwerte sind im gesamten Oberrheingraben vor allem dort anzutreffen, wo durch Sauerstoffarmut ein niedriges Redoxpotential im Grundwasser vorhanden ist.

Wie auch Mangan, das oft mit Eisen assoziiert ist,

fer provient essentiellement du démantèlement des grès vosgiens et se concentre dans les franges hydromorphes et donc réductrices, entre Colmar et Sélestat, entre la Doller et la Thur, dans la basse vallée de l'Andlau, au nord de Strasbourg, mais aussi dans le Pliocène de Haguenau. Le fer et le manganèse sont responsables de 26% des dépassements des limites de qualité sur les points mesurés du côté alsacien. Ils sont d'origine filonienne (Vosges) au niveau de Scherwiller, ou parfois d'origine industrielle lorsqu'on retrouve également du nickel.

Il faut noter toutefois qu'une part importante des ouvrages où ont été effectués les prélèvements, sont équipés de tubages métalliques, à partir desquels du fer peut être libéré par corrosion. Si, lors du prélèvement, l'eau n'a pas été suffisamment renouvelée par pompage ou si les arrivées d'eau dans le puits étaient insuffisantes, comme cela a été le cas fréquemment dans le Pliocène de Haguenau, le fer est retrouvé en grande quantité dans l'échantillon d'eau prélevé.

Dans le Pays de Bade, dans la zone de Kehl/Offenburg, la limite de qualité pour l'eau potable est souvent largement dépassée. Ces fortes valeurs sont détectées dans la dépression de la Kinzig-Murg au Nord d'Offenburg ou bien dans les prairies humides le long du Rhin, où, de façon naturelle, peu d'oxygène est présent dans les eaux souterraines.

Par ailleurs, de fortes concentrations en fer, dépassant la limite de qualité pour l'eau potable, sont observées dans le bassin de Freiburg et au nord de la zone d'étude. Dans la zone de Freiburg, les fortes concentrations en fer s'expliquent par le faible taux d'oxygène présent dans les eaux souterraines. Les fortes concentrations en fer détectées à proximité de Lahr se situent dans la zone industrielle et à l'aval de dépôts d'ordures. Ici, les pollutions d'origine anthropique peuvent être la cause, en raison de la présence de substances organiques, d'une production de fer solubilisé. La valeur la plus élevée, 220 mg/l, a été mesurée dans ce secteur. On trouve également de fortes concentrations près de Rastatt dans les zones urbanisées.

Enfin, il ne faut pas exclure, également côté badois, qu'une part du fer mis en évidence lors de la campagne d'analyses peut provenir du matériau du tubage équipant le point d'observation.

stammt Eisen vor allem aus dem Abtragungsschutt des Vogesensandsteins und ist häufig in den hydromorphen und damit reduzierenden Randzonen zwischen Colmar und Sélestat und zwischen Doller und Thur anzutreffen, sowie an der Andlau, im Norden von Straßburg, aber auch im Pliozän von Haguenau. Eisen und Mangan sind für 26 % aller Grenzwertüberschreitungen an elsässischen Meßstellen verantwortlich. Sie sind auf Ganggesteine der Vogesen zurückzuführen wie bei Scherwiller, manchmal sind sie auch industriellen Ursprungs, sofern auch Nickel nachgewiesen wird.

Ein großer Teil der Meßstellen ist mit metallischem Material ausgebaut, aus dem durch Korrosion Eisen freigesetzt wird. Wird bei der Probenahme zu wenig Standwasser abgepumpt oder fließt das Grundwasser nur schlecht in die Meßstelle nach, wie es z.B. im Pliozän von Haguenau recht häufig der Fall war, findet man ebenfalls viel Eisen in der Wasserprobe.

In Baden wird im Bereich Kehl/Offenburg der Grenzwert für Trinkwasser um ein Vielfaches überschritten. Diese Meßstellen liegen in der Kinzig-Murg-Niederung nördlich von Offenburg oder in den Rheinauen, wo natürlicherweise sehr wenig Sauerstoff im Grundwasser vorhanden ist.

Außerdem sind hohe Eisengehalte über dem Grenzwert für Trinkwasser in der Freiburger Bucht und im nördlichen Untersuchungsgebiet anzutreffen. In der Freiburger Bucht sind aufgrund der Sauerstoffarmut in Zusammenhang mit leicht sauren Grundwässern hohe Eisengehalte verbreitet. Die Eisengehalte bei Lahr liegen im Industriegebiet und im Abstrom von Mülldeponien. Hier können anthropogene Verunreinigungen durch organische Substanzen die Ursache für das Vorkommen gelösten Eisens sein. Der Maximalwert von 220 mg/l wurde hier gemessen. Auch bei Rastatt befinden sich Meßstellen mit hohen Gehalten an gelöstem Eisen im Siedlungsgebiet.

Außerdem wird auch in Baden ein Teil des nachgewiesenen Eisens aus den Metallrohren der Meßstellen stammen.

3.2.18 Manganèse

Généralités

Le manganèse est contenu dans de nombreux minéraux, qui accompagnent souvent le minerai de fer ; tout comme le fer, il est présent de façon naturelle dans les eaux ayant un potentiel redox faible. En l'absence d'oxygène, il est présent sous forme d'ion manganèse bivalent soluble dans l'eau souterraine. Contrairement au fer, le manganèse est encore soluble à des potentiels redox élevés ; la concentration en manganèse dans les eaux souterraines est pourtant généralement moins élevée que la concentration en fer.

Le manganèse est utilisé dans l'industrie et peut ainsi se retrouver dans les eaux souterraines via les eaux usées industrielles. Tout comme le fer, le manganèse détecté dans les échantillons d'eau peut également provenir des parois corrodées du tubage de l'ouvrage d'observation.

Au moment du prélèvement de l'eau souterraine, le manganèse est libéré et oxydé au contact de l'oxygène.

Constat

Dans la vallée du Rhin supérieur, le manganèse a été détecté sur 65,5 % des points de mesure. Dans la partie alsacienne de la vallée du Rhin supérieur, 76,7 % des valeurs se situent au-dessus de la limite de quantification, tandis qu'en pays de Bade 41,0 % des échantillons contiennent du manganèse. De part et d'autre du Rhin, les valeurs médianes se situent en dessous de la limite de quantification la plus élevée de 0,02 mg/l. La limite de potabilité de 0,05 mg/l est dépassée par 19,7 % des points en Alsace, par 22,5 % des points en pays de Bade (Fig. 3.2.36, Fig. 3.2.37).

La répartition du manganèse dans la vallée du Rhin supérieur est analogue à celle du fer. De part et d'autre du Rhin, le manganèse est moins souvent détecté que le fer mais les dépassements des limites de qualité sont plus nombreux pour le manganèse que pour le fer.

Côté alsacien, ce sont donc les mêmes secteurs hydromorphes et réducteurs, où les concentrations sont localement très élevées, qui sont les plus concernés : les basses vallées de la Thur, de la Doller, de l'Andlau, de la Bruche, de la Lauch à Herrlisheim, le Ried entre Colmar et Sélestat et la frange au nord de Strasbourg, sans oublier le Pliocène de Haguénau. Il est très difficile d'estimer la part de

3.2.18 Mangan

Allgemeines

Mangan ist ebenfalls in vielen Mineralen enthalten, die oft Eisenerze begleiten, und kommt wie Eisen natürlicherweise in Wässern mit geringem Redoxpotential vor. Es liegt bei Sauerstoffmangel gelöst als zweiwertiges Mangan-Ion im Grundwasser vor. Im Gegensatz zu Eisen wird Mangan bereits bei höheren Redoxpotentialen gelöst, der Mangangehalt im Grundwasser ist in der Regel jedoch geringer als der Eisengehalt.

Mangan wird in der Industrie verwendet und kann über industrielle Abwässer ins Grundwasser sickern. Wie Eisen kann auch Mangan durch korrodierte Rohrwandungen der Meßstellen in die Grundwasserprobe gelangen.

Bei der Förderung von Grundwasser wird Mangan bei Kontakt mit Sauerstoff ebenfalls oxidiert und ausgefällt.

Ergebnisse

Im Oberrheingraben wurde an 65,5 % der untersuchten Meßstellen Mangan gefunden. Im elsässischen Teil der Oberrheinebene liegen 76,7 % der Werte über der Bestimmungsgrenze, in Baden wurde an 41,0 % der Meßstellen Mangan nachgewiesen. Die Medianwerte liegen auf beiden Seiten des Rheins unter der größten vorkommenden Bestimmungsgrenze von 0,02 mg/l. Der Grenzwert für Trinkwasser von 0,05 mg/l wird im Elsaß an 19,7 % der Meßstellen und in Baden an 22,5 % überschritten (Abb. 3.2.36, Abb. 3.2.37).

Die Verteilung von Mangan im Oberrheingraben gleicht der Eisenverteilung. Auf beiden Seiten des Rheins liegen weniger positive Befunde, jedoch mehr Grenzwertüberschreitungen als bei Eisen vor.

Im Elsaß sind die Mangankonzentrationen in denselben hydromorphen und reduzierenden Bereichen lokal stark erhöht. Dies betrifft vor allem die Bereiche im Talausgang der Thur, des Doller, der Andlau, der Bruche, der Lauch bei Herrlisheim, im Ried zwischen Colmar und Sélestat und der Bereich nördlich von Straßburg, außerdem im Pliozän von Haguénau. Es ist sehr schwierig, den Anteil

la contamination anthropique dans cette distribution.

der anthropogen verursachten Belastung abzuschätzen.

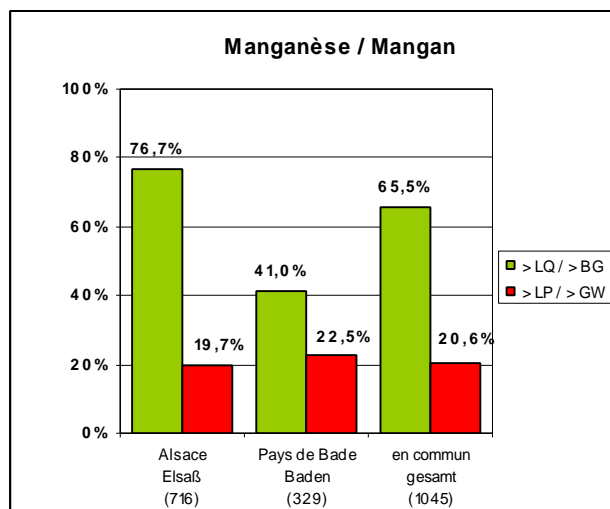


Fig. 3.3.36 : Pourcentage des concentrations en manganèse supérieures à la limite de quantification (LQ) et supérieures à la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.36: Anteil der Mangankonzentrationen über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

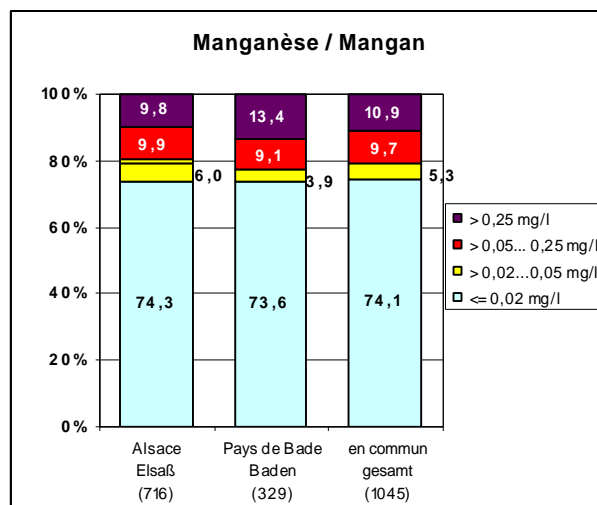


Fig. 3.2.37 : Répartition des concentrations en manganèse (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.37: Verteilung der Mangankonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En pays de Bade, la valeur limite de 0,05 mg/l de manganèse est dépassée dans le bassin de Freiburg, près de Lahr, dans le secteur de Offenburg/Kehl dans la dépression de la Kinzig-Murg et à proximité de Rastatt. Ces zones correspondent aux secteurs à faibles concentrations en oxygène, et donc aux zones de faibles potentiels redox.

Les points de mesure situés à proximité de Lahr, pour lesquels la valeur limite est dépassée, se situent dans des zones industrielles et à l'aval d'un ancien dépôt d'ordures, qui a pu induire une baisse du potentiel redox. On observe également des dépassements de limite dans la zone industrielle de Rastatt. La concentration maximale de 3,2 mg/l a été mesurée sur un point d'observation près de Rastatt, à proximité d'un établissement d'élimination de déchets spéciaux.

In Baden wird der Grenzwert für Mangan von 0,05 mg/l vor allem in der Freiburger Bucht, bei Lahr, im Bereich Offenburg/Kehl in der Kinzig-Murg-Niederung und bei Rastatt überschritten. Die Gebiete stimmen mit den Bereichen niedriger Sauerstoffgehalte, also niedriger Redoxpotentiale überein.

Die Meßstellen bei Lahr, an denen der Grenzwert überschritten wird, liegen im Industriegebiet und im Abstrom einer ehemaligen Mülldeponie, die die niedrigen Redoxpotentiale verursachen könnte. Im Industriegebiet von Rastatt wurden ebenfalls Grenzwertüberschreitungen nachgewiesen. Der Maximalwert von 3,2 mg/l wurde an einer Meßstelle bei Rastatt neben einer Sonderabfallbeseitigungsanlage gemessen.

3.2.19 Phosphore total

Généralités

Dans la nature, le phosphore est principalement présent à l'état minéralisé sous forme de phosphate, notamment dans les roches calcaires du Keuper et du Jurassique. Les ions phosphates sont facilement adsorbés dans le sol, le phosphore organique fixé étant en revanche plus facilement mobilisable.

90 % des phosphates extraits et produits dans le monde sont utilisés comme engrais en agriculture (Seyfarth, Soiné, 1997). De plus, des phosphates atteignent les eaux souterraines via les eaux usées domestiques, car le phosphate a été ou est encore utilisé comme adoucissant dans les produits de nettoyage et de lavage. Depuis 1986, cette situation a été améliorée en Allemagne grâce à la législation instaurant des doses maximales de phosphates autorisées. La mise en place de cette loi a été motivée par l'eutrophisation accélérée des cours d'eau stagnants ou de faible débit, phénomène lié à la présence de trop fortes concentrations en phosphates dans les eaux usées.

Lors du traitement de l'eau, des polyphosphates (P_2O_5 par exemple) sont utilisés en faible concentration comme adoucissants. Pour cette raison, la limite de potabilité est exprimée en concentration de P_2O_5 en France et en Europe (5 mg/l de P_2O_5), et en concentration d'ortho-phosphates dans la législation allemande (6,7 mg/l PO_4^{3-}).

Le phosphore total a été analysé de part et d'autre du Rhin. Dans le tableau 3.2.8 ci-dessous sont présentées les limites de classe pour le phosphore total, comparé aux concentrations en ortho-phosphates et en oxyde phosphorique P_2O_5 .

Tab. 3.2.8: Limites de classe pour le phosphore total, comparées aux concentrations en ortho-phosphates et en oxyde phosphorique

Tab. 3.2.8: Klassengrenzen des Gesamtphosphorgehalts ausgedrückt als Ortho-Phosphat und Phosphorpentoxid

Phosphore total / Gesamtphosphor	P [mg/l]	0,1	0,3	2,18
Orthophosphates / Ortho-Phosphat	PO_4^{3-} [mg/l]	0,31	1,0	6,7
Oxyde phosphorique / Phosphorpentoxid	P_2O_5 [mg/l]	0,23	0,7	5,0

Constat

De part et d'autre du Rhin, la valeur médiane de la concentration en phosphore total se situe en dessous de la limite de quantification la plus élevée, de 0,1 mg/l de phosphore. Le phosphore a été dé-

3.2.19 Gesamtphosphor

Allgemeines

In der Natur liegt Phosphor meist mineralisch als Phosphat gebunden u.a. in kalkhaltigen Gesteinen des Keupers und des Jura vor. Die Phosphat-Ionen werden im Boden leicht sorbiert, organisch gebundener Phosphor ist dagegen leichter verlagerbar.

Weltweit werden 90 % der gewonnenen und hergestellten Phosphate in der Landwirtschaft als Düngemittel verbraucht (Seyfarth, Soiné, 1997). Zudem gelangen Phosphate über häusliche Abwässer ins Grundwasser, da in Wasch- und Reinigungsmitteln Phosphat zur Enthärtung eingesetzt wurde bzw. immer noch wird. In Deutschland wurde dies seit 1986 weitgehend durch die Phosphathöchstmengeverordnung eingeschränkt. Anlaß war die beschleunigte Eutrophierung von stehenden und langsam fließenden Gewässern durch die hohen Phosphatkonzentrationen im Abwasser.

Bei der Wasseraufbereitung werden Polyphosphate (z.B. P_2O_5) in geringer Konzentration zur Wasserenthärtung eingesetzt. Der Grenzwert für Trinkwasser wird daher in Frankreich und der EU für P_2O_5 angegeben (5 mg/l P_2O_5), in der deutschen Trinkwasserverordnung für Ortho-Phosphat (6,7 mg/l PO_4^{3-}).

Analysiert wurde auf beiden Seiten des Rheins der Gehalt an Gesamtphosphor. In folgender Tabelle 3.2.8 sind die Klassengrenzen für Gesamtphosphor zum Vergleich in Ortho-Phosphat- und Phosphorpentoxid-Gehalte umgerechnet.

Ergebnisse

Der Medianwert des Gesamtphosphorgehalts liegt auf beiden Seiten des Oberrheingrabens unter der höchsten vorkommenden Bestimmungsgrenze von 0,1 mg/l Phosphor. Auf elsäs-

tecté pour 23,1 % des points d'observation côté alsacien, pour 51,3 % côté badois (Fig. 3.2.38). La quantité importante de résultats positifs avec une médiane en dessous de la limite de quantification la plus élevée, s'explique par la forte disparité des limites de quantification des laboratoires d'analyses. Une limite de quantification très fréquente est de 0,03 mg/l. De nombreux résultats positifs se situent ainsi en dessous de la valeur de quantification la plus élevée de 0,1 mg/l.

La limite de potabilité (convertie pour le phosphore total) de 2,18 mg/l de phosphore est dépassée sur 5 points (0,7 %) en Alsace et sur un point (0,3 %) en pays de Bade (Fig. 3.2.39).

sischer Seite liegen an 23,1 % aller untersuchten Meßstellen positive Befunde vor, auf badischer Seite an 51,3 % (Abb. 3.2.38). Die hohe Anzahl an positiven Befunden bei einem Medianwert unter der höchsten vorkommenden Bestimmungsgrenze ist auf die starke Streuung der von den Laboratorien angegebenen Bestimmungsgrenzen zurückzuführen. Eine häufige Bestimmungsgrenze beträgt 0,03 mg/l. Viele positive Befunde liegen also unterhalb der höchsten vorkommenden Bestimmungsgrenze von 0,1 mg/l.

Der Grenzwert für Trinkwasser (umgerechnet für Gesamtphosphor) von 2,18 mg/l Phosphor wird an 5 Meßstellen (0,7 %) im Elsaß und an einer Meßstelle (0,3 %) in Baden überschritten (Abb. 3.2.39).

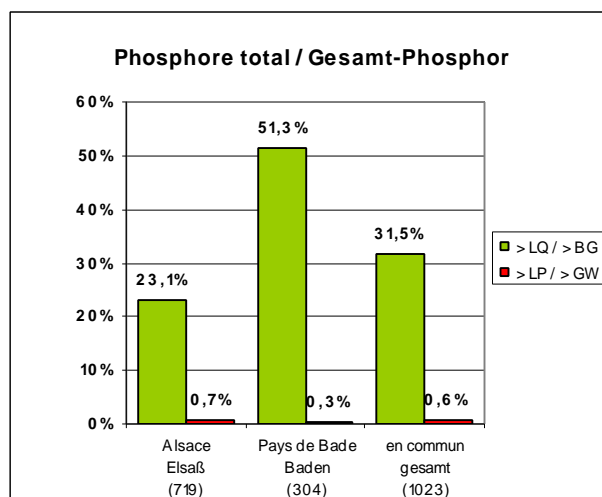


Fig. 3.3.38 : Pourcentage des concentrations en phosphore totale supérieures à la limite de quantification (LQ) et supérieures à la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.38: Anteil der Befunde an Gesamtphosphor über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

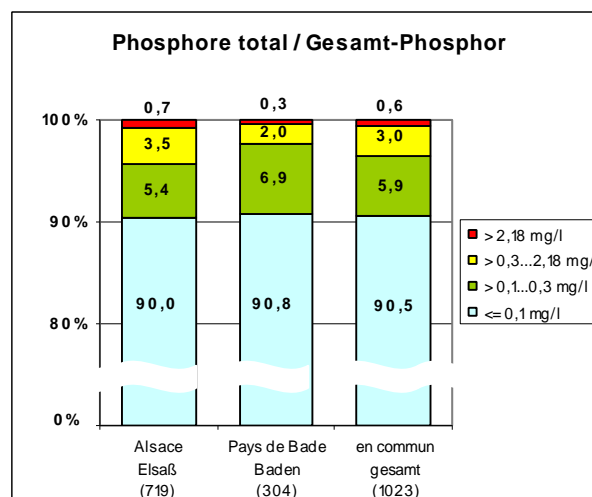


Fig. 3.2.39 : Répartition des concentrations en phosphore total (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.39: Verteilung der Konzentrationen von Gesamtphosphor (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Du fait de l'utilisation de la limite de quantification la plus élevée comme limite de classe, la plupart des concentrations en phosphore se situent dans la classe de concentrations la plus basse, en dessous de 0,1 mg/l.

En Alsace, les cinq points de mesure où un dépassement de la CMA en phosphore a été observé, se situent à l'aval immédiat d'une station d'épuration. Par ailleurs, les zones de fortes concentrations en phosphore sont situées le long du piémont où la dilution dans l'eau souterraine est moindre, dans la basse vallée de l'Andlau et dans le Pliocène de Haguenau.

Durch die Berücksichtigung der höchsten vorkommenden Bestimmungsgrenze liegen die meisten Phosphorgehalte im Oberrheingraben in der untersten Klasse bis 0,1 mg/l.

Im Elsaß befinden sich die 5 Meßstellen, an denen der Grenzwert überschritten wird, unmittelbar im Abstrom von Kläranlagen. Bereiche hoher Phosphorkonzentrationen findet man entlang der Vorbergzone, wo die Verdünnung im Grundwasser geringer ist, im Talausgang der Andlau und im Pliozän von Haguenau.

En pays de Bade, les fortes concentrations en phosphore sont observées dans les zones urbanisées et industrielles de Offenburg et de Rastatt. Des réseaux d'assainissement défectueux peuvent être la cause de fuites d'eaux usées. Au nord du Kaiserstuhl, la concentration maximale de 3,47 mg/l de phosphore a été mesurée à proximité d'une ferme. Du purin ou des eaux usées domestiques s'infiltrant ici dans les eaux souterraines.

In Baden wurden hauptsächlich in Siedlungs- und Industriegebieten bei Offenburg und Rastatt erhöhte Phosphorgehalte nachgewiesen. Defekte Kanäle könnten die Ursache für die Versickerung von Abwässern sein. Nördlich des Kaiserstuhls wurde der Maximalwert von 3,47 mg/l P unmittelbar neben einem Hof gemessen. Gülle oder häusliches Abwasser gelangt hier möglicherweise ins Grundwasser.

3.2.20 Bilan

Les résultats concernant les paramètres physico-chimiques classiques sont synthétisés dans la figure 3.2.40), qui montre :

- en rouge, la part des résultats dépassant la limite de qualité pour l'eau potable (LP),
- en jaune, la part des résultats appartenant à la classe de concentrations située juste en-dessous de la classe de concentrations supérieures à la limite de qualité pour l'eau potable. Ces résultats sont donc inférieurs à la limite de qualité et supérieurs à une valeur guide existante (nitrates) ou à une valeur fixée arbitrairement pour la réalisation des cartes. Les zones en jaune ont un rôle de mise en garde. Elles n'existent pas pour la conductivité, le pH et la température.
- en vert, la part des résultats d'analyses qui se sont révélés positifs avec des valeurs inférieures à la valeur guide ou la valeur arbitraire,
- en bleu, la part des valeurs inférieures à la limite de quantification (LQ).

3.2.20 Fazit

Die Ergebnisse für die klassischen physikalisch-chemischen Parameter sind zusammenfassend in Abbildung 3.2.40 dargestellt:

- in rot der Anteil der Meßwerte, die den Grenzwert (GW) für Trinkwasser überschreiten,
- in gelb der Anteil der Meßwerte der Konzentrationsklasse unterhalb der Klasse der Grenzwertüberschreitungen. Diese Konzentrationen liegen unterhalb des Grenzwertes und über einem existierenden Richtwert (Nitrat) oder eines zur Erstellung der Karten festgelegten Werts. Die gelben Bereiche haben eine Warnfunktion. Dies trifft nicht auf die elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur zu.
- in grün der Anteil der positiven Befunde mit Konzentrationen unterhalb eines Richtwerts oder eines für die Karten festgelegten Werts,
- in blau der Anteil der Meßwerte unter der Bestimmungsgrenze (BG).

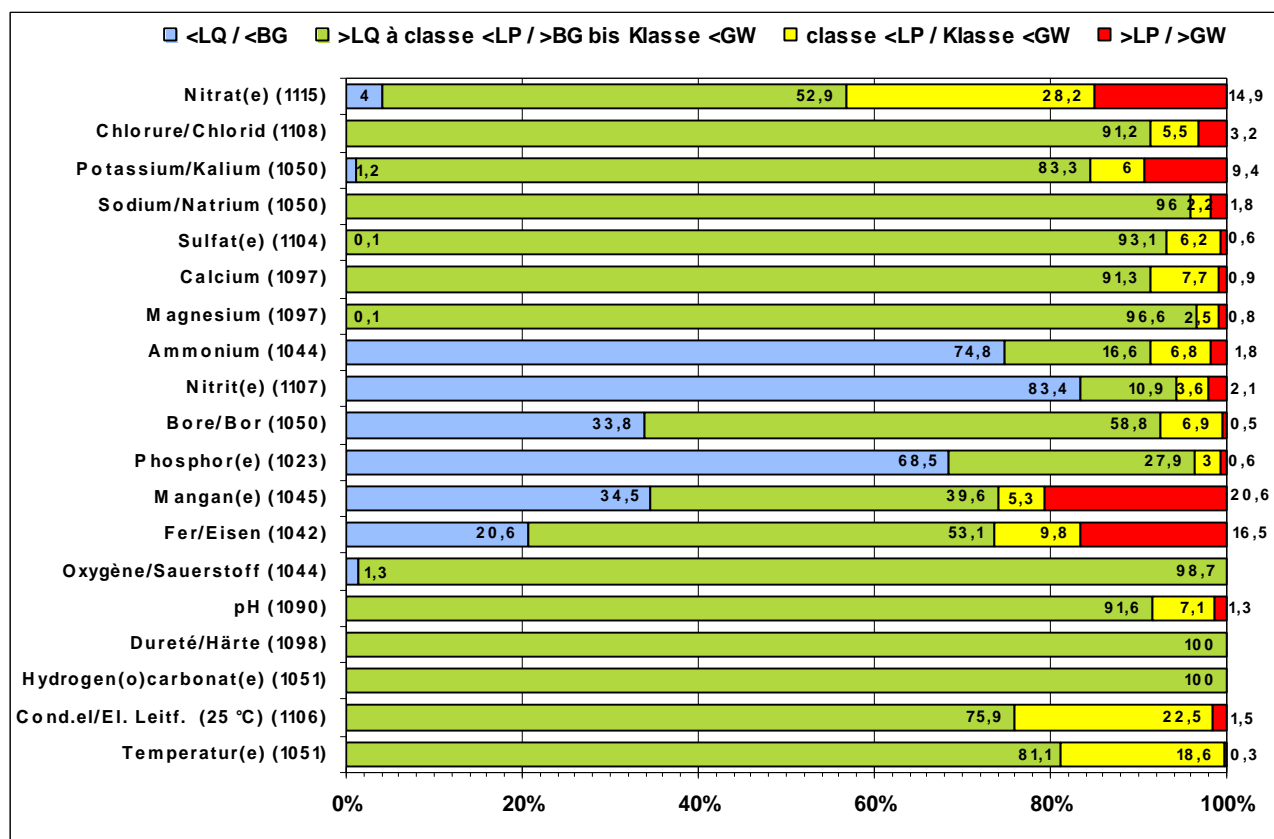


Fig. 3.2.40 : Tableau de répartition des résultats concernant les paramètres physico-chimiques classiques (%) (LQ = limite de quantification, LP = limite de qualité pour l'eau potable, entre parenthèses : nombre de points de mesure)

Abb. 3.2.40: Übersicht über die Ergebnisse der klassischen Parameter: Prozentuale Verteilung der Meßwerte (BG = Bestimmungsgrenze, GW = Grenzwert für Trinkwasser, in Klammern: Anzahl der Meßwerte)

Nitrates

La concentration en nitrates est l'un des plus importants facteurs de déclassement de la qualité de la nappe rhénane. La limite de qualité pour l'eau potable de 50 mg/l est dépassée sur 15 % des points de mesure. Plus de 43 % des résultats d'analyses dépassent la valeur guide européenne de 25 mg/l, ce qui correspond à un état de contamination important.

La pollution par les nitrates est généralisée sur l'ensemble de la nappe du Rhin supérieur et la situation est comparable de part et d'autre du Rhin. Malgré les efforts déjà consentis pour réduire cette contamination, principalement à travers des mesures menées au niveau agricole, aucune amélioration sensible de la situation n'a pu être mise en évidence. Cette situation est d'autant plus problématique que les nitrates ont des effets nocifs sur la santé, en particulier sur celle des nourrissons.

Chlorures, sodium, potassium, sulfates, calcium, magnésium

Les chlorures, les sulfates et les cations sodium, potassium, calcium et magnésium, sont généralement présents de façon naturelle dans les eaux souterraines. Ces substances n'ont aucun effet sur la santé humaine aux concentrations où elles sont le plus souvent rencontrées. L'eau destinée à la consommation humaine, contenant ces substances à de fortes concentrations, est cependant très salée et donc non potable. De plus, la présence des chlorures pose le problème de la corrosion des canalisations.

Dans la nappe du Rhin supérieur, les chlorures présentent cependant localement des concentrations dépassant largement les limites autorisées, surtout autour des sites d'exploitation de la potasse, actuels ou anciens (bassin potassique en Alsace, au sud du Kaiserstuhl côté badois). Les chlorures représentent ici le principal facteur de pollution.

Des panaches de pollution par le chlorure de sodium très étendus sont observés à l'aval des anciennes mines de potasse. 3,2 % des points de mesure présentent des concentrations en chlorures supérieures à la limite française de qualité pour l'eau potable de 200 mg/l. Même si ces concentrations élevées semblent diminuer en surface depuis plusieurs années, les chlorures se diffusent préférentiellement vers les couches profondes de l'aquifère. Ils constituent donc toujours une me-

Nitrat

Nitrat ist einer der Hauptfaktoren der Grundwasserbelastung im Oberrheingraben. An 15 % aller untersuchten Meßstellen wird der Grenzwert für Trinkwasser von 50 mg/l überschritten. Über 43 % aller Ergebnisse liegen über dem europäischen Richtwert von 25 mg/l, was auf eine deutliche Beinträchtigung hinweist.

Die Belastung durch Nitrat ist im gesamten Grundwasser im Oberrheingraben flächenhaft vorhanden, die Situation ist auf beiden Seiten des Rheins vergleichbar. Trotz erheblicher Anstrengungen zur Reduzierung der Belastung vor allem durch Maßnahmen in der Landwirtschaft ist bisher keine eindeutige Verbesserung festzustellen. Dies ist für die Trinkwasserversorgung problematisch, da Nitrat in höheren Konzentrationen vor allem für Säuglinge gesundheitsschädigend sein kann.

Chlorid, Natrium, Kalium, Sulfat, Calcium, Magnesium

Chlorid, Sulfat und die Kationen Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium kommen im allgemeinen natürlicherweise im Grundwasser vor. Diese Stoffe haben in den überwiegend auftretenden Konzentrationen keine Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Trinkwasser, das diese Stoffe in sehr hohen Konzentrationen enthält, ist jedoch sehr salzhaltig und daher nicht genießbar. Chlorid stellt außerdem ein Problem bezüglich der Korrosion der Rohrleitungen dar.

Im Grundwasser im Oberrheingraben kommen lokal Konzentrationen vor, die weit über dem Grenzwert liegen, vor allem in den Bereichen, in denen Kalisalze abgebaut werden oder wurden (Kalibekken im Elsaß, südlich des Kaiserstuhls in Baden). Hier stellt Chlorid den Hauptbelastungsfaktor dar.

Ausgedehnte Salzfahnen werden im Abstrom der ehemaligen Kaliminen beobachtet. 3,2 % der untersuchten Meßstellen weisen Chloridgehalte über dem französischen Grenzwert für Trinkwasser von 200 mg/l auf. Die erhöhten Werte scheinen in den oberflächennahen Bereichen seit mehreren Jahren abzunehmen, doch sinkt das chloridbelastete Wasser in tiefere Bereiche des Aquifers ab. Chlorid bleibt also in diesen Gebieten eine Bedrohung für die Qualität unserer Trinkwasserressource.

nace importante pour la qualité de notre ressource en eau potable.

Le potassium est présent de façon naturelle dans les eaux souterraines, mais l'agriculture avec l'utilisation des engrais, les eaux usées, les dépôts miniers, peuvent conduire à de fortes concentrations en potassium dans la nappe. La limite de qualité pour l'eau potable est dépassée pour 9,4 % des points de mesure, principalement en aval des zones d'exploitation de la potasse.

Le sodium ne présente de dépassement qu'à proximité directe des terrils des mines de potasse, pour 1,8 % des points de mesure.

La situation est similaire pour le calcium, le magnésium et les sulfates. Les dépassements de la limite de qualité (inférieurs à 1 % des points de mesure) se situent principalement à proximité des zones d'exploitation minière.

Ammonium et nitrites

L'ammonium et les nitrites n'existent de façon naturelle que dans les eaux souterraines pauvres en oxygène. Leur présence à forte concentration dans les eaux souterraines est donc la conséquence d'une pollution d'origine anthropique : agriculture avec l'épandage de purin, eaux usées et pollutions accidentelles. Elle indique une possible contamination des eaux souterraines par des matières fécales.

L'ammonium et les nitrites ont été détectés sur respectivement 25,2 % et 16,6 % des points de mesure et la limite de qualité pour l'eau potable a été dépassée respectivement pour 1,8 % et 2,1 % des points de mesure. La contamination des eaux souterraines est plus localisée et avec des concentrations plus élevées, ce qui pose nécessairement des problèmes sanitaires sérieux. Cependant, une contamination par ces substances est souvent liée à des pollutions d'origine bactériologique.

Bore et phosphore

Le bore et le phosphore sont des éléments traces présents naturellement, à faible concentration, dans les eaux souterraines. De fortes concentrations en bore et en phosphore traduisent l'existence de rejets d'eaux usées domestiques et industrielles. Le phosphore est également une composante des engrais très utilisé en agriculture.

Les dépassements de la limite de qualité ne sont pas très fréquents. Pour le phosphore, la limite de qualité pour l'eau potable est dépassée pour 0,6 %

Kalium ist im Grundwasser natürlicherweise vorhanden, doch führen neben dem Kaliabbau auch die Landwirtschaft (Düngemittel) oder Abwässer zu hohen Kaliumgehalten. Für Kalium wird der Grenzwert für Trinkwasser an 9,4 % aller Meßstellen überschritten, hauptsächlich im Abstrom der Kaliabbaugebiete.

Für Natrium wird der Grenzwert nur in unmittelbarer Nähe der Kaliminen an 1,8 % aller Meßstellen überschritten.

Ein ähnliches Bild zeigt sich für Calcium, Magnesium und Sulfat. Die Grenzwertüberschreitungen (weniger als 1 % aller Meßstellen) befinden sich nahezu alle in unmittelbarer Nähe der Kaliabbaugebiete.

Ammonium und Nitrit

Ammonium und Nitrit kommen natürlicherweise nur in geringen Konzentrationen in sauerstoffarmem Grundwasser vor. Ihr Vorkommen in höheren Konzentrationen ist meist die Folge einer anthropogenen Belastung durch Landwirtschaft (Gülle), Abwässer oder Schadensfälle und deutet auf eine mögliche fäkale Beeinflussung des Grundwassers hin.

Ammonium und Nitrit wurden an 25,2 % bzw. 16,6 % aller Meßstellen nachgewiesen, die Grenzwerte für Trinkwasser werden an 1,8 % bzw. 2,1 % aller Meßstellen überschritten. Die Belastung des Grundwassers tritt punktuell in bedeutenden Konzentrationen auf, wodurch ernst zu nehmende gesundheitliche Probleme entstehen könnten. Außerdem ist eine Belastung durch diese Stoffe oft mit bakteriologischen Verunreinigungen verbunden.

Bor und Phosphor

Bor und Phosphor sind natürlicherweise vorkommende Spurenstoffe und in geringen Konzentrationen im Grundwasser vorhanden. Höhere Konzentrationen weisen jedoch auf eine Beeinflussung durch häusliche oder industrielle Abwässer hin. Phosphor wird außerdem als Bestandteil von Düngemitteln häufig in der Landwirtschaft verwendet.

Grenzwertüberschreitungen sind nicht sehr häufig. Für Phosphor wird der Trinkwassergrenzwert an 0,6 % aller Meßstellen überschritten, für Bor an

des points de mesure, pour le bore pour 0,5 % des points de mesure. Le seuil de l'OMS pour le bore est dépassé pour 1,2 % des points de mesure. Le bore peut ainsi représenter localement un problème pour la santé.

La contamination par le bore et le phosphore est observée sur de nombreuses zones mais elle est d'intensité relativement faible en moyenne. L'influence des eaux usées et de l'agriculture est nette, mais cela ne pose généralement pas de problème pour la qualité sanitaire de l'eau.

Manganèse et fer

Le manganèse et le fer sont présents naturellement dans les eaux souterraines. Ils ne sont pas, en règle générale, en relation avec la qualité sanitaire de l'eau. Pour ces deux éléments, la valeur limite donnée est fondée sur des considérations d'ordre technique, relatives notamment à l'existence de phénomènes de corrosion ou de colmatage dans les tuyauteries des canalisations d'eau. L'élimination du fer et du manganèse lors du traitement de l'eau ne pose cependant pas de problème.

Pour le manganèse, la limite de qualité pour l'eau potable est dépassée pour 20,6 % des points de mesure, pour 16,5 % pour le fer. Pour de nombreux points de mesure, les concentrations se situent même au-dessus de cinq fois la valeur de la limite de qualité.

pH, conductivité électrique, température, oxygène, dureté totale et hydrogencarbonates

Certains paramètres comme le pH, la conductivité, la température, l'oxygène dissous, la dureté totale ou les concentrations en hydrogène-carbonates caractérisent l'état général de l'eau et ne sont pas en relation directe avec la qualité sanitaire de l'eau. Ils peuvent toutefois traduire des conditions particulières, qui peuvent être à l'origine de phénomènes gênants dans la distribution de l'eau par exemple (par exemple la dureté de l'eau).

8,3 % des points présentent des dépassements de limite de qualité pour le pH, notamment vers les pH plus acides. Cela ne représente pas une menace en terme de risque sanitaire. Une grande part de ces dépassements, d'origine naturelle, sont liés à l'infiltration des ruisseaux de montagne.

La limite de qualité pour la dureté totale est dépassée

0,5 % aller Meßstellen. Der WHO-Richtwert wird für Bor an 1,2 % aller Meßstellen überschritten. Lokal kann Bor also durchaus ein Problem für die Gesundheit darstellen.

Die Belastung des Grundwassers durch Bor und Phosphor ist in manchen Bereichen flächenhaft doch allgemein in geringen Konzentrationen. Die Einflüsse durch Abwässer und Landwirtschaft werden deutlich, doch ist im allgemeinen mit keinen negativen Auswirkungen für die menschliche Gesundheit zu rechnen.

Mangan und Eisen

Mangan und Eisen kommen natürlicherweise im Grundwasser vor. Sie haben in der Regel im Trinkwasser keine negativen Auswirkungen auf die Gesundheit. Der Grenzwert für diese beiden Parameter wurde aus technischen Gründen festgelegt, um die Korrosion oder Verschlammung der Rohrleitungen zu vermeiden. Die Entfernung von Eisen und Mangan bereitet bei der Wasseraufbereitung aber keine Schwierigkeiten.

Für Mangan wird der Grenzwert für Trinkwasser an 20,6 % aller Meßstellen überschritten, von Eisen an 16,5 % aller Meßstellen. An vielen Meßstellen liegen die Konzentrationen sogar um mehr als das Fünffache über dem Grenzwert.

pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, Sauerstoff, Gesamthärte und Hydrogencarbonat

Einige Parameter wie der pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, gelöster Sauerstoff, Gesamthärte und Hydrogencarbonat beschreiben die Eigenschaften des Grundwassers und stehen in keinem direkten Zusammenhang zu der gesundheitlich relevanten Qualität von Trinkwasser. Resultierende Phänomene können jedoch zu störenden Wirkungen z.B. für die Wasserversorgung führen (z.B. Wasserhärte).

Für den pH-Wert wird an 8,3 % aller Meßstellen der untere Grenzwert in Richtung saures Milieu unterschritten. Dies stellt kein gesundheitliches Risiko dar. Ein großer Teil dieser Grenzwertunterschreitungen ist natürlichen Ursprungs und auf die Infiltration von sauren Bergbächen zurückzuführen.

Aufgrund der hohen Chloridgehalte wird für die

sée pour 1,5 % des points de mesure, principalement dans le bassin potassique alsacien, du fait des fortes concentrations en chlorures. La dureté totale reflète dans cette zone du bassin potassique la forte contamination par le sel.

Il n'existe pas de limite de qualité pour l'oxygène dissous, la dureté totale et la concentration en hydrogencarbonates. De faibles concentrations en oxygène, inférieures à 1 mg/l (pour 8,9 % des points de mesure), peuvent s'expliquer par des pollutions d'origine anthropique (pollutions accidentelles, décharges).

De fortes valeurs pour la dureté, supérieures à 200 mg/l, ont été mesurées pour 4,8 % des points de mesure. La dureté totale n'a pas d'effet négatif sur la santé humaine, mais elle induit une dureté élevée de l'eau, défavorable pour les utilisations ménagères de l'eau (dépôt de tartre, besoins accrus d'adoucissant dans la lessive). Les concentrations en hydrogencarbonates s'expliquent principalement par des origines géologiques.

Conclusion

Les résultats relatifs aux paramètres physico-chimiques classiques (d'origine géologique ou anthropique) montrent que l'influence de l'homme sur la qualité d'une grande partie de la nappe est importante. La pollution par les nitrates est la plus problématique ; d'un point de vue local, la pollution par les chlorures représente le problème majeur. En conséquence, de nouvelles actions sont nécessaires, pour réduire à la fois les pollutions diffuses et les pollutions ponctuelles des eaux souterraines.

Leitfähigkeit hauptsächlich im elsässischen Kali-becken der Grenzwert an 1,5 % aller Meßstellen überschritten. Die Leitfähigkeit spiegelt in diesem Bereich die hohe Salzbelastung wider.

Für gelösten Sauerstoff, die Gesamthärte und Hydrogencarbonat gibt es keinen Grenzwert. Niedrige Sauerstoffgehalte unter 1 mg/l (an 8,9 % aller Meßstellen) können auf anthropogene Belastungen (Schadensfälle, Deponien) hinweisen.

Hohe Gesamthärten über 200 mg/l Ca wurden an 4,8 % aller Meßstellen gemessen. Die Wasserhärte hat keine Bedeutung für die menschliche Gesundheit, doch wirkt sich eine hohe Härte nachteilig für den Wassergebrauch im Haushalt aus (Kesselstein, höherer Bedarf an Waschmittel). Der Gehalt an Hydrogencarbonat wird vor allem durch die geogene Verhältnisse bestimmt.

Schlußfolgerung

Schon bei der Auswertung der klassischen Parameter, die sowohl geogener als auch anthropogener Herkunft sein können, wird deutlich, daß in weiten Bereichen des Oberrheingrabens das Grundwasser durch menschliche Tätigkeit stark beeinflußt ist. Dabei stellt die Belastung durch Nitrat das größte Problem dar, von lokaler Bedeutung ist die Belastung durch Chlorid. Es besteht folglich weiterer Handlungsbedarf, um die punktuellen sowie die diffusen Belastungen des Grundwassers zu mindern.

3.3 Produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires sont appliqués sur les productions agricoles végétales depuis des décennies. Dans un premier temps, des préparations inorganiques ont surtout été utilisées, comme par exemple le sulfate de cuivre pour la protection des semences contre les parasites ; des matières actives organiques ont ensuite été mises sur le marché pour diverses applications. Depuis, le nombre de substances organiques synthétiques a largement dépassé celui des substances minérales.

En fonction des organismes visés, on distingue les différentes catégories de produits phytosanitaires suivantes :

- Acaricides (contre les acariens),
- Fongicides (contre les champignons),
- Herbicides (contre les mauvaises herbes),
- Insecticides (contre les insectes),
- Molluscicides (contre les gastéropodes),
- Nématocides (contre les vers),
- Rodenticides (contre les rongeurs).

Utilisation des produits phytosanitaires

Quantitativement, les herbicides sont les produits les plus utilisés. En Allemagne, les herbicides représentent 50 à 60% des matières actives vendues sur le marché. On trouve ensuite dans l'ordre les fongicides (30%), puis les insecticides (environ 3%). En Alsace, les herbicides représentent 75 % des ventes de matières actives. On trouve ensuite les fongicides avec 15 % des ventes et les insecticides (8 %).

Les produits phytosanitaires ne sont pas seulement utilisés en agriculture, mais également dans les zones non cultivées (zones industrielles, parkings, voies ferroviaires, voiries, espaces verts ou jardins familiaux) pour la lutte contre les mauvaises herbes.

En Allemagne, seuls les produits phytosanitaires autorisés par le Service fédéral de Biologie pour l'Agriculture et la Forêt de Braunschweig, en accord avec le Service fédéral de l'environnement, peuvent être utilisés. En outre, dans le Land de Bade-Wurtemberg, l'utilisation des produits phytosanitaires dans les périmètres de protection des captages est réglementée par un décret (cf. catalo-

3.3 Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)

PBSM werden seit Jahrzehnten in der pflanzlichen Agrarproduktion eingesetzt. Zunächst verwendete man anorganische Verbindungen wie z.B. Kupfersulfat zum Schutz des Saatgutes vor Schädlingen, im Laufe der Zeit wurden zahlreiche organische Wirkstoffe für unterschiedliche Einsatzzwecke entwickelt. Mittlerweile übersteigt die Zahl der synthetischen organischen Stoffe die der anorganischen bei weitem.

Je nach Zielorganismus unterscheidet man folgende Gruppen von PBSM:

- Akarizide (gegen Milben),
- Fungizide (gegen Pilze),
- Herbizide (gegen Unkraut),
- Insektizide (gegen Insekten),
- Molluskizide (gegen Schnecken),
- Nematizide (gegen Würmer),
- Rodentizide (gegen Nager).

Anwendung der PBSM

Mengenmäßig am stärksten vertreten sind die Herbizide. In Deutschland haben die Herbizide einen Anteil von 50-60 % aller abgesetzten Wirkstoffmengen, danach folgen die Fungizide mit rund 30 % und die Insektizide mit rund 3 %. Im Elsaß werden die Herbizide zu einem Anteil von 75 % aller Wirkstoffe verwendet, die Fungizide zu 15 %, die Insektizide zu 8 %.

PBSM werden nicht nur in der Landwirtschaft eingesetzt, sie finden auch Verwendung auf Nichtkulturland wie z.B. Betriebsflächen, Parkplätze, Bahnanlagen, Straßen, Grünland oder Kleingärten, um diese Flächen von Unkräutern freizuhalten.

In der Bundesrepublik Deutschland dürfen nur solche PBSM-Wirkstoffe verwendet werden, die von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig in Einvernehmen mit dem Umweltbundesamt zugelassen sind. In Baden-Württemberg regelt außerdem der Positivkatalog der Schutz- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) den Einsatz von PBSM in Wasser-

gue des produits utilisables dans le cadre réglementaire de la « SchALVO »).

En France, seuls les produits homologués par le Ministère de l'agriculture peuvent être utilisés. L'emploi des matières actives est autorisé en fonction des cultures et des usages ; des doses maximales peuvent être prescrites.

Méthodes d'analyses et exploitation des données

Dans les années 80, lorsque la limite de qualité pour l'eau potable inscrite dans les réglementations nationales a été alignée sur la concentration maximale admissible européenne de 0,1 µg/l, la détection des produits phytosanitaires dans les eaux souterraines a suscité un intérêt renforcé. En même temps, il est devenu techniquement possible d'analyser ces substances dans des domaines de concentration de l'ordre du microgramme par litre (µg/l) ou du nanogramme par litre (ng/l = 1 milliardième g/l).

Les produits phytosanitaires sont, en règle générale, concentrés par une extraction en phase solide ou par extraction liquide/liquide, puis isolés à l'aide d'une chromatographie en phase gazeuse ou d'une chromatographie en phase liquide haute performance et enfin quantifiés avec un détecteur adéquat. Ces dernières années, les techniques analytiques ont beaucoup évolué et sont devenues performantes pour la majorité des substances. Cependant, il faut garder à l'esprit la précision des mesures : l'erreur relative est de l'ordre de 10 à 40 % pour les produits les plus couramment analysés. Pour les produits plus rarement analysés, l'erreur peut atteindre 100 %, voire plus. Par ailleurs, pour des valeurs très faibles, l'incertitude des mesures s'accroît.

Par ailleurs, les limites de quantification propres à chaque laboratoire sont très variables d'un laboratoire à l'autre. Par exemple, pour l'atrazine, cette limite peut varier de 0,01 à 0,05 µg/l.

Pour l'exploitation des données dans le cadre de l'inventaire transfrontalier, il a été convenu que la classe des concentrations les plus faibles regrouperait les concentrations inférieures à la limite de quantification la plus élevée, ce qui évite l'introduction de distorsions géographiques liées aux méthodes des laboratoires d'analyses. Elle présente cependant l'inconvénient de regrouper dans la même classe des points où le produit a été

schutzgebieten.

In Frankreich dürfen nur Produkte verwendet werden, die vom Landwirtschaftsministerium genehmigt werden. Die Anwendung der PBSM wird für bestimmte Kulturarten und Anwendungsmethoden genehmigt, außerdem können maximale Einsatzmengen vorgeschrieben werden.

Analysenmethoden und Datenauswertung

PBSM-Funde im Grundwasser fanden verstärkt in den 80er Jahren in der Öffentlichkeit Interesse, nachdem der Grenzwert in den nationalen Trinkwasserverordnungen in Anpassung an die EU-Richtlinie auf 0,1 µg/l festgelegt wurde. Außerdem wurde es technisch möglich, diese Stoffe im Konzentrationsbereich von Mikrogramm pro Liter (µg/l) bis Nanogramm pro Liter (ng/l = 1 Milliardstel g/l) zu analysieren.

In der Regel werden PBSM-Wirkstoffe durch eine Festphasen- oder durch eine Flüssig/flüssig-Extraktion zunächst angereichert, dann mit Hilfe der Gaschromatografie oder der Hochleistungs-Flüssigchromatografie getrennt und schließlich mit einem geeigneten Detektor quantifiziert. In den letzten Jahren wurde die chemische Analytik konsequent weiterentwickelt und ist inzwischen für einen Großteil der Wirkstoffe sehr leistungsfähig. Dennoch muß man mit Meßungenauigkeiten rechnen, die bei den häufig in der Routineanalytik untersuchten Wirkstoffen in der Größenordnung von etwa 10 bis 40 % liegen. Bei seltener untersuchten Wirkstoffen kann die Meßungenauigkeit bis 100 % und mehr betragen. Die Meßungenauigkeit wird außerdem bei niedrigeren Konzentrationen größer.

Ein Problem bei der Auswertung der PBSM-Daten sind die je nach Labor unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen. Für Atrazin zum Beispiel kann die Bestimmungsgrenze zwischen 0,01 und 0,05 µg/l liegen.

Für die Auswertung der Daten im Rahmen der grenzüberschreitenden Bestandsaufnahme werden in der Klasse der geringsten Konzentrationen alle Werte unterhalb der größten vorkommenden Bestimmungsgrenze zusammengefaßt. Damit werden geographische Verzerrungen aufgrund der unterschiedlichen Analysenmethoden der Laboratorien vermieden. Dieses Vorgehen hat den Nachteil, daß in einer Klasse Meßstellen zusammengefaßt wer-

déecté et quantifié et des points où il a été seulement déecté et n'a pas pu être quantifié. Cette méthode a donc l'inconvénient de masquer certains résultats faiblement « positifs » dans la représentation cartographique.

Dans les rares cas où les limites de quantification étaient plus élevées que celles recommandées par les critères de qualité, les valeurs n'ont pas été prises en compte dans l'exploitation des données.

Pour la partie française, les résultats des campagnes d'analyses 1997 relatifs aux produits phytosanitaires ont tous été pris en compte à l'issue des tests de validation, sans autre examen complémentaire. Côté badois, lorsque les résultats étaient déclarés positifs, ou si les concentrations observées dépassaient un certain seuil, trois échantillons complémentaires ont été prélevés environ deux mois plus tard sur le même point puis analysés parallèlement par différents laboratoires. Si la substance n'était retrouvée par aucune de ces trois analyses, le résultat trouvé préalablement était considéré comme « positif erroné » et n'était plus pris en compte.

Cette façon différente de procéder pour la validation des données relatives aux produits phytosanitaires a conduit pour certaines substances à des différences, qui doivent être prises en compte au niveau de l'interprétation des résultats analytiques.

Les campagnes de prélèvements et d'analyses des triazines et des autres phytosanitaires azotés ont été effectuées en 1996 en Pays de Bade et en 1997 en Alsace. Pour la partie suisse, ce sont essentiellement des résultats de 1997 qui ont été utilisés, les données manquantes ayant été complétées par des résultats de 1996. Il n'a pas été tenu compte des différentes années d'obtention des résultats dans l'exploitation des données relatives aux produits phytosanitaires.

La limite de potabilité donnée par la directive européenne pour les phytosanitaires est de 0,1 µg/l par substance individualisée, et de 0,5 µg/l pour la somme des substances mesurées. La directive européenne ne définit pas les différentes substances retenues pour le calcul de cette valeur. Dans le cadre de cet inventaire, les substances prises en compte seront toujours précisées. Les matières actives isolées sont regroupées par familles de produits.

den, an denen ein Stoff nachgewiesen und quantifiziert wurde und an denen ein Stoff nachgewiesen wurde, aber nicht quantifiziert werden konnte. Dadurch werden manche niedrige positive Befunde bei der kartographischen Darstellung unterdrückt.

In Einzelfällen lagen die angegebenen Bestimmungsgrenzen höher als die in den Qualitätskriterien geforderten Mindestbestimmungsgrenzen. Solche Meßwerte wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Auf französischer Seite wurden alle Analysenergebnisse der Pflanzenschutzmittel von 1997 nach den Plausibilisierungsverfahren ohne zusätzliche Untersuchungen in die Auswertung einbezogen. Auf badischer Seite wurden bei positiven Befunden oder bei Überschreitung eines festgelegten Schwellenwerts etwa zwei Monate später jeweils drei Nachproben an derselben Meßstellen entnommen und diese parallel durch verschiedene Laboratorien untersucht. Konnte der betreffende Wirkstoff bei allen drei Messungen nicht mehr gefunden werden, wurde der ursprüngliche Wert als „falsch positiv“ eingestuft und nicht weiter berücksichtigt.

Diese unterschiedlichen Vorgehensweisen bei der Überprüfung von Analysendaten der Pflanzenschutzmittel führt bei manchen Wirkstoffe zu Unterschieden, die auch bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen.

Die Beprobung und Analyse der Triazine und anderer stickstoffhaltiger Substanzen wurde in Baden 1996 durchgeführt, im Elsaß 1997. Aus der Schweiz wurden hauptsächlich Daten aus dem Jahr 1997 herangezogen, fehlende Werte wurden mit vorhanden Daten aus 1996 ergänzt. In der statistischen Auswertung wurde nicht zwischen den Erhebungsjahren unterschieden.

Der EU-Grenzwert für PSM im Trinkwasser beträgt 0,1 µg/l für den Einzelstoff und 0,5 µg/l für die Summe, wobei in der EU-Richtlinie nicht definiert ist, welche Stoffe für die Summenbildung herangezogen werden sollen. Im Rahmen dieser Bestandsaufnahme sind daher die untersuchten Einzelstoffe immer angegeben. Die einzelnen Wirkstoffe werden nach Wirkstoffgruppen zusammengefaßt.

3.3.1 Atrazine et Dé-éthylatrazine

Généralités

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

La molécule d'atrazine présente une forte rémanence et est caractérisée par une grande mobilité. Elle est dégradée en dé-éthylatrazine et en d'autres métabolites (notamment la désisopropylatrazine), qui sont également rémanents.

L'emploi de l'atrazine a été interdit en Allemagne depuis 1991. En France, depuis juillet 1997, l'autorisation d'utilisation de cet herbicide est limitée aux seuls usages agricoles, l'apport d'atrazine ou de simazine, ou du mélange atrazine/simazine, ne devant pas dépasser 1000 g/ha ; à noter qu'un retrait d'homologation a été prononcé pour les usages non agricoles.

Constat

En Alsace, l'**atrazine** a été quantifiée sur 59,0 % des points d'observation, avec des concentrations supérieures à la limite de quantification la plus élevée de 0,05 µg/l dans 32,5 % des cas ; la limite de potabilité de 0,1 µg/l est dépassée pour 13,5 % des points. Côté badois, l'atrazine a été quantifiée pour 39,3 % des points d'observation, avec des concentrations supérieures à 0,05 µg/l dans 16 % des cas ; la limite de qualité est dépassée pour 3,7 % des points. (fig. 3.3.1, fig. 3.3.2).

La contamination par la **dé-éthylatrazine** est sensiblement plus importante : on trouve ainsi ce métabolite de l'atrazine pour 62,6 % des points d'observation en Alsace et pour 42,5 % des points d'observation badois. La limite de potabilité est dépassée pour 17,1 % des points en Alsace et pour 7,6 % des points en Pays de Bade (fig. 3.3.3, fig. 3.3.4).

La comparaison de la répartition régionale de ces deux substances montre qu'elles sont détectées généralement sur les mêmes points d'observation.

3.3.1 Atrazin und Desethylatrazin

Allgemeines

Atrazin ist ein Herbizid, das vorwiegend in Maiskulturen eingesetzt wird, daneben auch im Wein-, Spargel- und Obstanbau. Es wurde außerdem lange Zeit zur Entkrautung von Wegen, Bahnanlagen und Grünflächen eingesetzt.

Der Wirkstoff Atrazin ist sehr stabil und durch eine hohe Mobilität charakterisiert. Er kann zu Desethylatrazin und weiteren Metaboliten (z.B. Desisopropylatrazin) abgebaut werden, die ebenfalls sehr stabil sind.

Die Anwendung von Atrazin ist in Deutschland seit 1991 verboten. Auf französischer Seite ist dieses Herbizid seit Juli 1997 nur für den landwirtschaftlichen Gebrauch zugelassen, der Eintrag von Atrazin oder Simazin oder einer Mischung aus Atrazin und Simazin darf 1000 g/ha nicht überschreiten, für Nichtkulturland wurde die Zulassung entzogen.

Ergebnisse

Im Elsaß wird an 59,0 % der Meßstellen **Atrazin** nachgewiesen (davon liegen 32,5 % über der höchsten vorkommenden Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l), an 13,5 % der Meßstellen wird der Grenzwert für Trinkwasser von 0,1 µg/l überschritten. Auf badischer Seite wurde an 39,3 % der Meßstellen Atrazin nachgewiesen (16 % dieser Werte liegen über 0,05 µg/l), an 3,7 % der Meßstellen wird der Grenzwert überschritten (Abb. 3.3.1, Abb. 3.3.2).

Die Belastung mit **Desethylatrazin** ist wesentlich höher, so findet man im Elsaß in 62,6 % und auf badischer Seite in 42,5 % der Meßstellen das Abbauprodukt von Atrazin. Im Elsaß wird der Grenzwert für Trinkwasser an 17,1 % der Meßstellen überschritten, in Baden an 7,6 % (Abb. 3.3.3, Abb. 3.3.4).

Der Vergleich der regionalen Verteilung beider Wirkstoffe zeigt, daß beide Substanzen meistens an den gleichen Meßstellen nachgewiesen wurden.

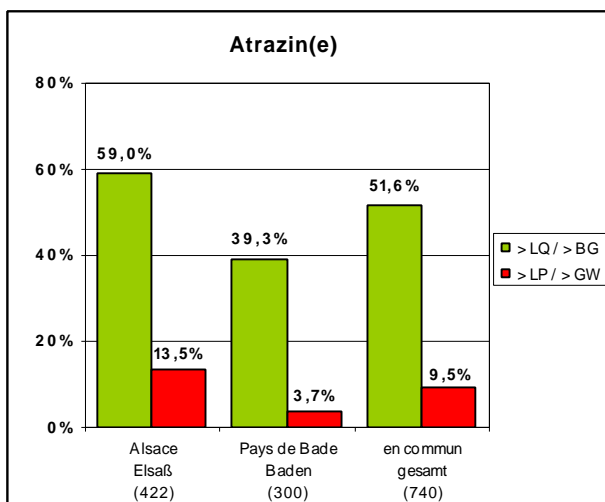


Fig. 3.3.1 : Pourcentage des concentrations en atrazine au-dessus de la limite de quantification (LQ) et au-dessus de la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.1: Anteil der Atrazinfunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

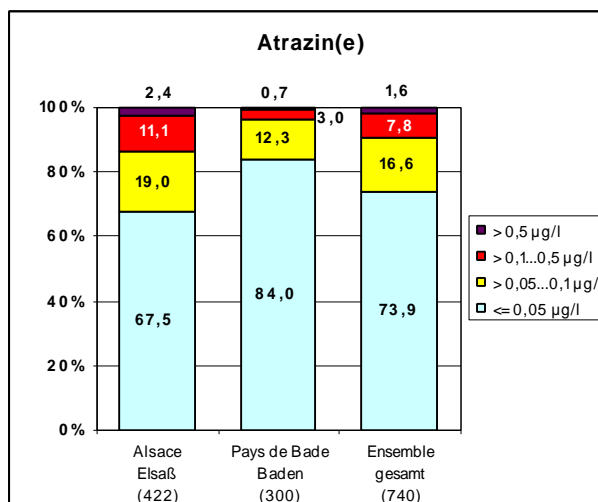


Fig. 3.3.2 : Répartition des concentrations en atrazine (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.2: Verteilung der Atrazinkonzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

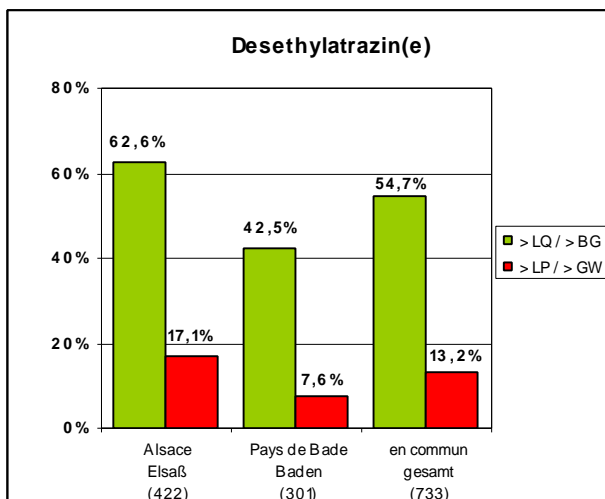


Fig. 3.3.3 : Pourcentage des concentrations en dé-éthylatrazine supérieures à la limite de quantification (LQ) et supérieures à la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.3: Anteil der Desethylatrazinfunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

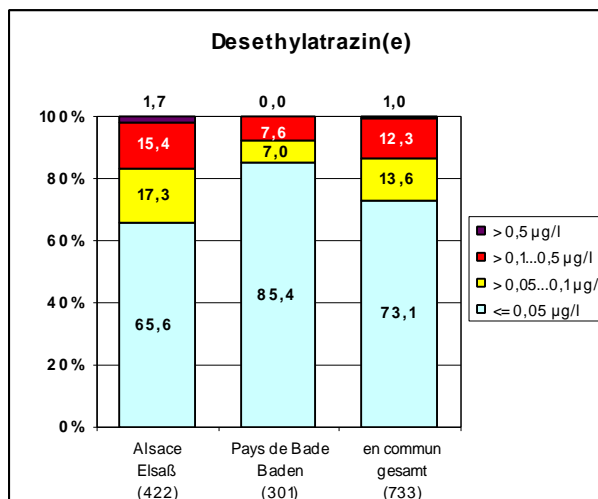


Fig. 3.3.4 : Répartition des concentrations en dé-éthylatrazine (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.4: Verteilung der Desethylatrazin-Konzentrationen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Avec respectivement 13,5 et 17,1 % des concentrations dépassant la limite de qualité pour l'eau potable en Alsace, l'atrazine et la dé-éthylatrazine apparaissent comme les deux principaux facteurs de déclassement de la qualité de l'eau de la nappe d'Alsace, précédant même les nitrates.

Mit 13,5 % bzw. 17,1 % Überschreitungen des Trinkwassergrenzwerts im Elsaß stellen Atrazin und Desethylatrazin die beiden Hauptfaktoren dar, die zur Verschlechterung der Grundwasserqualität im Elsaß führen, sie übertreffen sogar Nitrat.

Bien que les points de mesure, où les concentra-

Obwohl die Meßstellen, an denen die Konzentra-

tions en atrazine et en dé-éthylatrazine sont élevées, soient répartis uniformément sur l'ensemble de la nappe, des zones de pollution plus caractérisées peuvent être mises en évidence : essentiellement à l'aval hydraulique de Mulhouse, entre Molsheim et Blaesheim, et, dans une moindre mesure, dans la partie sud de la Hardt (de Bâle à Ottmarsheim) et au sud de Haguenau.

Outre ces points noirs et les zones de bordure de nappe, la généralisation de la contamination à l'ensemble de la plaine est particulièrement préoccupante. En particulier en centre plaine en Alsace, l'atrazine et la dé-éthylatrazine sont détectées dans la plupart des points de mesure, malgré la puissance de la nappe. La maïsiculture intensive y est ici directement mise en cause. En effet, il y a superposition assez exacte des zones contaminées et des zones de culture du maïs. Les pollutions d'origine urbaine doivent également être évoquées, en particulier au niveau de Mulhouse, Sélestat et Strasbourg, où le risque de pollution des eaux souterraines n'a pas été suffisamment pris en compte dans les pratiques d'entretien des espaces verts.

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

Dans la partie badoise de la vallée du Rhin Supérieur, les concentrations en atrazine supérieures à 0,1 µg/l sont localisées principalement dans la zone d'Offenburg/Lahr. Des concentrations élevées en dé-éthylatrazine ont été mesurées dans la basse vallée de Freiburg et dans une moindre mesure dans celle de Staufen, au nord du Kaiserstuhl et au sud de Baden-Baden. Dans la vallée de Staufen comme au nord du Kaiserstuhl, la culture du maïs est prédominante. Au sud de Kehl, des cultures spéciales comme le tabac sont pratiquées.

Evolution

La comparaison des analyses de 1992 et de 1997 en Alsace ne met pas évidence d'évolution significative concernant l'atrazine, il semble que l'état de la contamination reste stable. En 1991, sur les 120 points de mesure, 20,1 % révélaient une contamination par l'atrazine. En 1997, ce chiffre est de 59 %. Il faut cependant noter qu'entre 1991 et 1997, les méthodes de prélèvements et d'analyses utili-

ties an Atrazin und Desethylatrazin erhöht sind, flächenhaft über den gesamten Grundwasserleiter verteilt sind, können Bereiche besonders hoher Belastung festgestellt werden: vor allem im Abstrom von Mulhouse, zwischen Molsheim und Blaesheim, in geringerem Maße im südlichen Teil der Hardt (von Basel bis Ottmarsheim) und südlich von Haguenau.

Über diese Belastungsschwerpunkte und die Randbereiche des Aquifers hinaus ist die allgemeine großräumige Belastung des gesamten Grundwassers in der Oberrheinebene ziemlich besorgniserregend. Vor allem in der Mitte der elsässischen Rheinebene wurden Atrazin und Desethylatrazin trotz der großen Mächtigkeit des Grundwasserleiters an den meisten Meßstellen nachgewiesen. Der intensive Maisanbau macht sich hier unmittelbar bemerkbar, die belasteten Bereiche und die Maisanbaugebiete stimmen recht genau überein. Auch die Belastungen in Siedlungsgebieten müssen erwähnt werden. Diese Bereiche befinden sich vor allem bei Mulhouse, Sélestat und Straßburg, wo das Risiko für den Eintrag ins Grundwasser beim Unterhalt der Grünflächen nicht ausreichend berücksichtigt wurde.

In Deutschland ist Atrazin seit 1991 verboten. Aufgrund der hohen Stabilität des Stoffes und der langen Verweilzeit im Boden und im Grundwasser ist es jedoch immer noch im Grundwasser in zum Teil hohen Konzentrationen vorhanden.

Im badischen Teil des Oberrheingrabens sind Atrazinkonzentrationen über 0,1 µg/l vor allem im Bereich Offenburg/Lahr zu finden. Erhöhte Gehalte an Desethylatrazin wurden außerdem in der Freiburger, in geringerem Maße in der Staufener Bucht, nördlich des Kaiserstuhls und südlich von Baden-Baden nachgewiesen. In der Staufener Bucht sowie nördlich des Kaiserstuhls überwiegt der Maisanbau. In dem Gebiet südlich von Kehl werden vor allem Sonderkulturen (Tabak) angebaut.

Zeitliche Entwicklung

Der Vergleich der Atrazingehalte der Beprobungen im Elsaß von 1992 und 1997 läßt keine Aussagen über deren Entwicklung zu, der Belastungszustand scheint stabil zu bleiben. 1991 wurde an 20,1 % von 120 Meßstellen eine Belastung durch Atrazin nachgewiesen. 1997 beträgt der Anteil 59 %. Es muß jedoch erwähnt werden, daß zwischen 1991 und 1997 die Probennahme- und Analysemethoden

sées ne sont pas toujours comparables.

den nicht immer vergleichbar sind.

Il n'a pas pu être mis en évidence de diminution significative des concentrations en atrazine dans la vallée du Rhin Supérieur, contrairement à ce qui a été observé à l'échelle de l'ensemble du Land de Bade-Wurtemberg.

In Baden-Württemberg konnte im Gegensatz zum landesweiten Meßnetz im Oberrheingraben noch kein deutlicher Rückgang der Konzentrationen festgestellt werden.

3.3.2 Autres triazines et autres composés azotés

Généralités

La simazine, la terbutylazine, la sebutylazine, la propazine et la cyanazine sont des herbicides du groupe des triazines. L'ensemble de ces substances a été pris en compte dans le cadre de la campagne d'analyses, de même que leurs métabolites (déséthylterbutylazine, désisopropylatrazine).

En Allemagne, seul l'emploi de la terbutylazine est encore actuellement autorisé. En France, l'emploi de la cyanazine et de la terbutylazine est autorisé, l'utilisation de la simazine est soumise aux mêmes restrictions d'usage que l'atrazine.

Constat

Simazine

La simazine est essentiellement employée pour la protection de la vigne et des vergers, les usages non agricoles ayant été interdits en France en 1997. L'utilisation de la simazine est interdite en Allemagne depuis avril 1999. Après l'atrazine et ses métabolites (dé-éthylatrazine), la simazine est la triazine la plus couramment détectée. Côté alsacien, 23,9 % des analyses de simazine se sont révélées positives et 2,8 % des concentrations dépassent la limite de potabilité de 0,1 µg/l ; côté badois, 17,3 % des résultats d'analyses sont positifs et 1,3 % des concentrations dépassent la limite de qualité (fig. 3.3.5).

En Alsace, les fortes concentrations en simazine sont observées essentiellement en bordure de nappe et au niveau de certaines agglomérations comme Mulhouse, Sélestat et Strasbourg. Côté badois, de fortes concentrations en simazine sont également observées le long du piémont à Müllheim, Offenbourg et Achern.

Désisopropylatrazine

La désisopropylatrazine est un métabolite de l'atrazine et de la simazine. On la trouve dans 14,7 % des points de mesure en Alsace et dans 9,7 % des points de mesure badois. La limite de qualité est dépassée sur 3,6 % des points d'observation en Alsace et sur 2,2 % en Pays de Bade (fig. 3.3.5).

Terbutylazine

La terbutylazine est essentiellement utilisée dans la culture du maïs, comme produit de remplace-

3.3.2 Weitere Triazine und weitere stickstofforganische Substanzen

Allgemeines

Weitere PBSM aus der Wirkstoffgruppe der Triazine sind die Herbizide Simazin, Terbutylazin, Sebutylazin, Propazin und Cyanazin. Diese Wirkstoffe sowie die Metabolite Desethylterbutylazin und Desisopropylatrazin wurden im Rahmen der Analysenkampagnen untersucht.

In Deutschland ist derzeit nur Terbutylazin zugelassen. In Frankreich ist die Anwendung von Cyanazin und Terbutylazin erlaubt, für Simazin gelten dieselben Anwendungsbeschränkungen wie für Atrazin.

Ergebnisse

Simazin

Simazin wird vor allem im Wein- und Obstbau eingesetzt, die Verwendung auf Nichtkulturland wurde in Frankreich 1997 verboten. In Deutschland ist Simazin seit April 1999 nicht mehr zugelassen. Nach Atrazin und dessen Abbauprodukt (Desethylatrazin) wird Simazin als nächsthäufigstes Triazin gefunden. Auf elsässischer Seite stellt man 23,9 % Positivbefunde und 2,8 % Überschreitungen des Trinkwassergrenzwertes von 0,1 µg/l fest, auf badischer Seite 17,3 % Positivbefunde und 1,3 % Grenzwertüberschreitungen (Abb. 3.3.5).

Im Elsaß werden hohe Gehalte an Simazin vor allem in der Randzone und in der Nähe von manchen Städten wie Mulhouse, Sélestat und Straßburg beobachtet. Auf badischer Seite werden hohe Simazinkonzentrationen ebenfalls entlang der Vorbergzone bei Müllheim, Offenbourg und Achern gemessen.

Desisopropylatrazin

Das Abbauprodukt Desisopropylatrazin kann sowohl aus Atrazin als auch aus Simazin entstehen. Man findet es in 14,7 % der elsässischen und in 9,7 % der badischen Meßstellen. Der Grenzwert wird im Elsaß an 3,6 %, in Baden an 2,2 % der Meßstellen überschritten (Abb. 3.3.5).

Terbutylazin

Terbutylazin wird hauptsächlich im Mais eingesetzt, in Baden meist als Ersatzstoff für das nicht

ment de l'atrazine, interdite en Pays de Bade. La contamination de l'eau souterraine par la terbutylazine est faible comparativement à l'atrazine : 7,6 % de résultats sont positifs et 0,5 % des résultats d'analyses dépassent la limite de qualité en Alsace, contre 1,3 % et 0,3 % en Pays de Bade (fig. 3.3.5).

La **cyana-zine**, qui a été analysée seulement en Alsace, n'a été retrouvée que sur 5 points d'observation (soit 1,2 % des points) ; un seul point d'observation met en évidence un dépassement de la limite de qualité.

Trois autres composés, la déséthylterbutylazine (métabolite de la terbutylazine), la sebutylazine et la propazine n'ont été recherchés que du côté badois et n'ont été observés que sur un petit nombre de points de mesure : la déséthylterbutylazine a été retrouvée sur 11 points de mesure (3,9 %), la sebutylazine sur 6 points de mesure (2,0 %) et la propazine sur 8 points de mesure (2,8 %). La limite de qualité pour l'eau potable n'a été dépassée que sur un ou deux points de mesure selon le cas.

Somme des triazines

Sur les cartes ainsi que dans la figure 3.3.6 relatives à la « somme des concentrations en triazines et de leurs métabolites », seules les substances analysées à la fois en Alsace et en Pays de Bade ont été prises en compte : atrazine, simazine, terbutylazine ainsi que les métabolites (dé-éthylatrazine et désisopropylatrazine). Dans les tableaux statistiques, les résultats pour l'ensemble des substances analysées ont été répertoriés (chapitre 4).

La somme des concentrations en triazines sur l'ensemble de la zone étudiée est supérieure à la limite de qualité pour l'eau potable de 0,5 µg/l donnée pour la somme des phytosanitaires pour 4,9 % des points de mesure. En Alsace, 7,1 % des résultats d'analyses dépassent la valeur de 0,1 µg/l (limite de qualité pour un seul composé) et 39,2 % la valeur de 0,1 µg/l. En Pays de Bade, 19,8 % des résultats d'analyses dépassent 0,1 µg/l et 1,5 % dépassent la limite de qualité (fig. 3.3.6).

La contamination par les triazines est répartie sur l'ensemble de la zone étudiée. L'atrazine et la dé-éthylatrazine étant les principales responsables de la pollution par les triazines, on retrouve sensiblement le même type de répartition des classes de concentrations pour la somme des triazines que pour l'atrazine et la dé-éthylatrazine.

mehr zugelassene Atrazin. Die Belastung des Grundwassers mit Terbutylazin ist gegenüber Atrazin mit 7,6 % Positivbefunden und 0,5 % Grenzwertüberschreitungen im Elsaß und 1,3 % Positivbefunden und 0,3 % Werten über dem Grenzwert in Baden gering (Abb. 3.3.5).

Das nur auf elsässischer Seite gemessene **Cyana-zin** wurde nur an 5 Meßstellen (1,2 %) nachgewiesen, an einer Meßstelle wird der Grenzwert überschritten.

Drei weitere Wirkstoffe, **Desethylterbutylazin** (Abbauprodukt von Terbutylazin), **Sebutylazin** und **Propazin** wurden nur auf badischer Seite untersucht und nur an wenigen Meßstellen nachgewiesen: Desethylterbutylazin an 11 Meßstellen (3,9 %), Sebutylazin an 6 Meßstellen (2,0 %) und Propazin an 8 Meßstellen (2,8 %), nur an einer oder zwei Meßstellen wird jeweils der Grenzwert überschritten.

Summe der Triazine

Auf der folgenden Karte sowie in Abbildung 3.3.6 sind als "Summe der Triazine und ihrer Abbauprodukte" nur diejenigen Stoffe zusammengefaßt, die sowohl in Baden als auch im Elsaß gemessen wurden: Atrazin, Simazin, Terbutylazin sowie die Abbauprodukte Desethylatrazin und Desisopropylatrazin. In den Statistiktabelle (Kap. 4) sind die Ergebnisse für alle untersuchten Einzelstoffe aufgelistet.

Die Summe der Triazine im Projektgebiet liegt an insgesamt 4,9 % aller Meßstellen über dem Trinkwassergrenzwert für die Summe der PBSM von 0,5 µg/l. Im Elsaß überschreiten 39,2 % den Wert 0,1 µg/l (Grenzwert für den Einzelstoff) und 7,1 % den Summengrenzwert. Auf badischer Seite liegt die Summe der Triazine an 19,8 % der Meßstellen über 0,1 µg/l und an 1,5 % über dem Grenzwert (Abb. 3.3.6).

Belastungen mit Triazinen sind über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt. Da Atrazin und sein Abbauprodukt Desethylatrazin die Hauptbelastung durch Triazine ausmachen, entspricht die räumliche Verteilung der Summe der Triazine weitgehend der des Atrazin/Desethylatrazin, jedoch auf höherem Niveau.

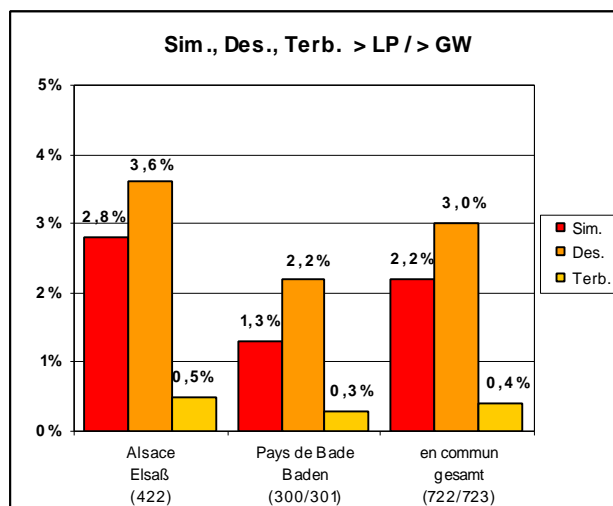


Fig. 3.3.5 : Pourcentage des concentrations en simazine, désisopropylatrazine et terbutylazine supérieures à la limite de qualité pour l'eau potable (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.5 : Anteil der Befunde an Simazin, Desisopropyl atrazin und Terbutylazin über dem Grenzwert (> GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En Alsace, il a été mis en évidence un important bruit de fond de contamination par les triazines. Cette contamination concerne autant le centre plaine que les zones de bordure. Seuls l'aquifère du Pliocène au nord de Haguenau et les secteurs situés le long de certaines rivières vosgiennes semblent quelque peu épargnés.

Côté badois, les dépassements de la limite de qualité sont plus rares, cependant il existe de larges secteurs où de fortes concentrations en triazines sont observées. La limite de qualité pour la somme des triazines de 0,5 µg/l est dépassée près d'Offenburg, d'Achern et au sud de Kehl.

Autres composés azotés

Les herbicides **métolachlore**, **métazachlore**, **bromacil** et **hexazinon**, ainsi que le **métalaxyl** (fongicide) sont regroupés sous le terme « autres composés organoazotés ». Ces substances n'ont été analysées que du côté badois.

L'utilisation des composés métolachlore, métazachlore et métalaxyl est autorisée en Allemagne alors que celle des herbicides totaux bromacil et hexazinon est interdite.

Le métazachlore n'a été détecté sur aucun des points d'observation. Le fongicide métalaxyl a été retrouvé sur 4 points de mesure au Pays de Bade

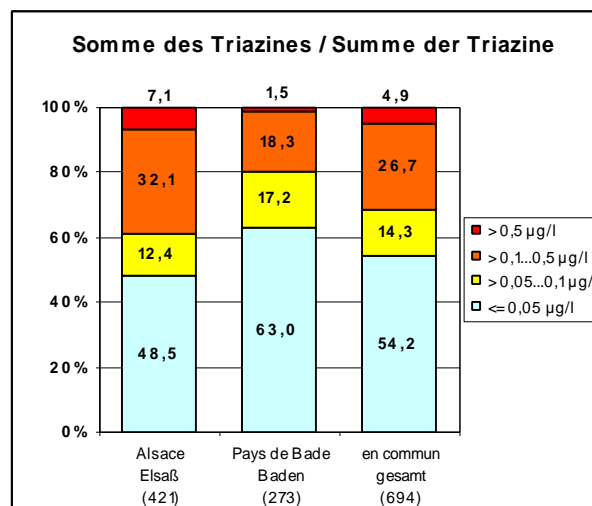


Fig. 3.3.6 : Répartition des valeurs pour la somme des concentrations en triazines (atrazine, dé-éthylatrazine, simazine, terbutylazine, désisopropylatrazine) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.6: Verteilung der Summe der Triazine (Atrazin, Desethylatrazin, Simazin, Terbutylazin, Desisopropylatrazin) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Im Elsaß konnte eine bedeutende „Grundlast“ an Triazinen festgestellt werden. Diese Belastung betrifft sowohl die Mitte der Rheinebene als auch die Randzonen. Nur in dem Aquifer im Pliozän sowie den Bereichen entlang mancher Fließgewässer aus den Vogesen werden weniger Befunde beobachtet.

Auf badischer Seite sind Grenzwertüberschreitungen zwar seltener, jedoch zeigen sich große Bereiche, wo Triazine in hohen Konzentrationen nachgewiesen wurden. Der Summengrenzwert von 0,5 µg/l wird bei Offenburg, Achern und südlich von Kehl überschritten.

Weitere stickstofforganische Substanzen

Unter dem Begriff "weitere stickstofforganische Substanzen" werden die Herbizide **Metolachlor**, **Metazachlor**, **Bromacil** und **Hexazinon** sowie das Fungizid **Metalaxyl** zusammengefaßt. Auf diese Stoffe wurde nur auf badischer Seite untersucht.

Zugelassen sind die Wirkstoffe Metolachlor, Metazachlor und Metalaxyl, die Totalherbizide Bromacil und Hexazinon sind in Deutschland inzwischen verboten.

Metazachlor wurde an keiner Meßstelle gefunden, das Fungizid Metalaxyl wurde an 4 Meßstellen in Baden (1,4 %) nachgewiesen.

(1,4 %).

Les résultats concernant la contamination par le métolachlore, le bromacile et l'hexazinon sont comparables : 16 à 22 points de mesures indiquent des résultats positifs (5 - 8 %), 5 à 12 points de mesure montrent des résultats supérieurs à la limite de qualité pour l'eau potable de 0,1 µg/l (2 - 4,5 %).

Le bromacil et l'hexazinon sont des herbicides totaux, principalement utilisés sur des surfaces non agricoles. Les principales pollutions sont observées en aval des voies ferrées et des gares.

Die Belastungen durch Metolachlor, Bromacil und Hexazinon liegen etwa in der gleichen Größenordnung mit 16 bis 22 Meßstellen (5 - 8 %) mit positiven Befunden und 5 bis 12 Meßstellen (2 - 4,5 %) über dem Trinkwassergrenzwert von 0,1 µg/l.

Bromacil und Hexazinon sind beides Totalherbizide, die hauptsächlich auf Nichtkulturland eingesetzt wurden. Insbesondere unterstromig von Bahngleisen und Bahnhöfen sind die meisten Belastungen festzustellen.

3.3.3 Urées substituées

Généralités

Les urées substituées sont essentiellement utilisées comme herbicides. Au sein du groupe des urées, le **diuron**, l'**isoproturon**, le **néburon** et le **flufénoxuron** ont été analysés dans le cadre de l'inventaire.

L'utilisation de l'ensemble des ces substances est autorisée en France alors qu'en Allemagne, seule l'utilisation du diuron et de l'isoproturon est autorisée. Il existe des limitations réglementaires d'utilisation du diuron en France et en Allemagne.

Constat

Pour les 725 points de mesure, 52 résultats d'analyses ont mis en évidence la présence de l'une au moins des 4 substances (soit 7,2 % des points d'observation) ; la limite de potabilité est dépassée pour 17 points (soit 2,3 % des points d'observation).

Diuron

Le diuron est la substance le plus souvent retrouvée dans les analyses. Le diuron est utilisé en viticulture et dans les cultures spéciales (les asperges, les fruits à noyau et à graine), mais aussi comme herbicide intégral sur les terrains non agricoles (parkings, zones industrielles et installations ferroviaires).

9,2 % des résultats d'analyses en Alsace sont positifs, 2 % côté badois et respectivement 3,6 % et 0,3 % des concentrations mesurées dépassent la valeur limite de 0,1 µg/l en Alsace et en Pays de Bade (fig. 3.3.9).

Isoproturon

L'isoproturon est utilisé dans les productions céréalières, en particulier celles du blé. Il est la deuxième substance la plus retrouvée ; côté alsacien, 5 mesures révèlent des résultats positifs (1,2 %) et une seule valeur dépasse la limite de potabilité ; côté badois, une seule mesure révèle un résultat positif, avec une valeur de l'ordre de la limite de qualité (fig. 3.3.9).

Néburon

Le néburon est utilisé pour le traitement des arbres décoratifs, du blé et des fraises mais il n'est pas autorisé en Allemagne. Pour le néburon, seul un résultat d'analyse est positif côté alsacien ; rien n'a été trouvé côté badois (fig. 3.3.9).

3.3.3 Phenylharnstoffe

Allgemeines

Phenylharnstoffe werden hauptsächlich als Herbizide eingesetzt. Aus dieser Wirkstoffklasse wurden im Rahmen der Bestandsaufnahme **Diuron**, **Isoproturon**, **Neburon** und **Flufenoxuron** untersucht.

In Frankreich sind alle genannten Substanzen zugelassen, in Deutschland nur Diuron und Isoproturon. Für Diuron gelten in Frankreich und in Deutschland Anwendungsbeschränkungen.

Ergebnisse

Von den auf die vier genannten Wirkstoffen untersuchten 725 Meßstellen im gesamten Untersuchungsgebiet sind 52 positive Befunde (7,2 % der Meßstellen) festzustellen, der Trinkwassergrenzwert wird an insgesamt 17 Meßstellen (2,3 % der Meßstellen) überschritten.

Diuron

Am häufigsten wird Diuron gefunden. Diuron findet im Weinbau, in Sonderkulturen wie Spargel, Kernobst und Steinobst, aber auch häufig als Totalherbizid auf Nichtkulturland wie Parkplätzen, Betriebsflächen und Bahnanlagen Verwendung.

Positivbefunde liegen an 9,2 % der Meßstellen auf elsässischer und an 2 % auf badischer Seite vor, davon wird an 3,6 % der Meßstellen bzw. an einer Meßstelle in Baden (0,3 %) der Wert von 0,1 µg/l überschritten (Abb. 3.3.9).

Isoproturon

Isoproturon wird im Getreideanbau, vor allem bei Weizen, angewandt. Es wird am zweithäufigsten angetroffen mit 5 Positivbefunden (1,2 %) und einer Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes auf elsässischer Seite und einem Positivbefund in Höhe des Trinkwassergrenzwertes auf badischer Seite (Abb. 3.3.9).

Neburon

Neburon wird in Ziergehölzen, Weizen und Erdbeeren verwendet, ist jedoch in Deutschland nicht zugelassen. Für Neburon liegt auf elsässischer Seite ein einziger positiver Befund vor, auf badischer Seite wurde es nicht gefunden (Abb. 3.3.9).

Flufénoxuron

Le flufénoxuron, qui a un effet insecticide et acaricide, est utilisé en France dans la culture du maïs et de la vigne et dans l'horticulture. Il n'a été mis en évidence ni du côté alsacien ni du côté badois.

Flufenoxuron

Flufenoxuron hat insektizide und akarizide Wirkung und wird hauptsächlich in Mais-, Wein- und Obstkulturen in Frankreich eingesetzt. Es wurde weder auf elsässischer noch auf badischer Seite nachgewiesen.

Somme des urées substituées

La somme des urées substituées est composée des quatre substances citées plus haut. Dans l'ensemble de la vallée du Rhin Supérieur, 2,4 % des résultats sont supérieurs à 0,1 µg/l, 0,6 % dépassent la limite de qualité pour l'eau potable pour la somme des produits phytosanitaires de 0,5 µg/l. Côté alsacien, la limite de qualité est dépassée pour 4 points de mesure (1 %) et elle n'est dépassée sur aucun point côté badois (fig. 3.3.10).

Summe der Phenylharnstoffe

Die Summe der Phenylharnstoffe wird aus genannten vier Einzelstoffen gebildet. Im gesamten Oberrheingraben liegen 2,4 % aller Wert über 0,1 µg/l, 0,6 % überschreiten den Trinkwassergrenzwert für die Summe der PBSM von 0,5 µg/l. Auf elsässischer Seite wird der Grenzwert an 4 Meßstellen (1 %) überschritten, in Baden an keiner Meßstelle (Abb. 3.3.10).

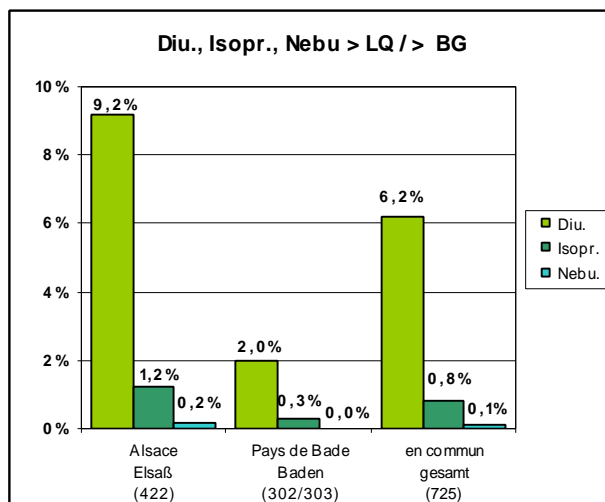


Fig. 3.3.9 : Pourcentage des concentrations en diuron, l'isoproturon et le néburon supérieures à la limite de quantification (> LQ) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.9 : Anteil der Befunde an Diuron, Isoproturon und Neburon über der Bestimmungsgrenze (> BG) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Parmi les urées substituées, seul le diuron a été détecté de façon vraiment significative en Alsace, en particulier à l'aval hydraulique de Mulhouse et dans les zones de bordure de nappe. Son utilisation en viticulture et pour le désherbage des zones urbaines explique sans doute en grande partie la répartition des valeurs trouvées.

En Pays de Bade, la limite de quantification la plus élevée de 0,05 µg/l pour la somme des urées substituées n'est dépassée que pour 3 points. Les deux

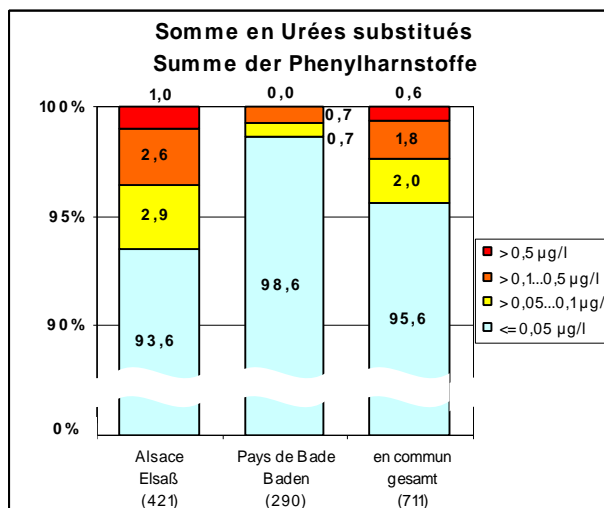


Fig. 3.3.10 : Répartition des valeurs pour la somme des concentrations en urées substituées (diuron, isoproturon, néburon et flufenoxuron) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.10: Verteilung der Summe der Phenylharnstoffe (Diuron, Isoproturon, Neburon und Flufenoxuron) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Aus der Gruppe der Phenylharnstoffe wurde nur Diuron in bedeutsamen Mengen im Elsaß nachgewiesen, vor allem im Abstrom von Mulhouse und in den Aquiferrandzonen. Der Einsatz im Weinbau und zur Entkrautung im städtischen Bereich erklärt ohne Zweifel zum großen Teil die Verteilung der gefundenen Werte.

In Baden wird die größte vorkommende Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l von der Summe der Phenylharnstoffe nur an 3 Meßstellen überschrit-

points de mesure où les concentrations les plus élevées (respectivement 0,08 et 0,14 µg/l) ont été mesurées, se trouvent au nord d'Offenburg et au sud-est du Kaiserstuhl, et se situent respectivement à 100 et 150 m à l'aval d'une voie ferrée. Il est possible que cette contamination soit liée à des usages anciens, car l'emploi du diuron n'est plus autorisé pour le traitement des voies ferrées depuis le début de l'année 1997. L'isoproturon a été détecté au sud du Kaiserstuhl, sur un point de mesure qui se trouve à l'aval hydraulique d'une voie ferrée.

ten. Die beiden Meßstellen mit den höchsten Diuron-Befunden (0,08 bzw. 0,14 µg/l) auf badischer Seite nördlich von Offenburg und südöstlich des Kaiserstuhls liegen jeweils rund 100 bzw. 150 m unterstromig von Bahngleisen. Es dürfte sich hierbei noch um Befunde aus älteren Anwendungen handeln, da Diuron für die Anwendung auf Gleisanlagen seit Anfang 1997 nicht mehr zugelassen ist. An der Meßstelle südlich des Kaiserstuhls wurde Isoproturon nachgewiesen, sie befindet sich ebenfalls im Abstrom von Bahngleisen.

3.3.4 Composés organo-phosphorés

Généralités

Les composés organo-phosphorés sont généralement utilisés comme insecticides ou acaricides sélectifs. Dans le cadre du présent inventaire qualité, les substances retenues sont les suivantes : **disulfoton, formothion, éthylparathion (E605), chlorpyrifos et diazinon**. En outre, côté badois, le **malathion** et le **glyphosate**, utilisé comme herbicide, ont été analysés. Ces substances sont en général facilement biodégradables dans les eaux souterraines.

En Allemagne, seul l'emploi de l'éthylparathion, du chlorpyrifos-éthyl et du glyphosate est actuellement autorisé. Par ailleurs, le glyphosate est le seul herbicide dont l'emploi est autorisé pour le traitement des installations ferroviaires en Allemagne. En France, tous les produits cités sont autorisés mais seuls l'éthyl-parathion et le chlorpyrifos-éthyl sont utilisés de façon significative en Alsace.

Les organophosphorés tels que le propétamphos et l'étrimphos, non détectés dans le cadre des précédents inventaires qualité, et dont la présence dans les eaux souterraines résultait du déversement des produits dans le Rhin lors de l'incendie d'un entrepôt de Sandoz en 1986, n'ont pas été pris en compte dans le cadre du présent inventaire qualité.

Constat

Dans la vallée du Rhin Supérieur, très peu de ces composés ont été mis en évidence. En Alsace, des résultats positifs isolés ont été observés, sur un seul point de mesure pour le disulfoton et l'éthylparathion (soit 0,2 % des points d'observation) et sur 5 points pour le diazinon (soit 1,2 % des points d'observation). Côté badois, les composés organo-phosphorés n'ont été détectés sur aucun des points de mesure (fig. 3.3.7).

Somme des organophosphorés

Pour la somme des organophosphorés (disulfoton, formothion, éthylparathion, chlorpyrifos et diazinon), 15 points de mesure (3,6 %) en Alsace indiquent un résultat supérieur à la limite de quantification, aucun point n'indique cependant de résultat supérieur à la limite de qualité pour la somme des organophosphorés de 0,5 µg/l (fig. 3.3.8).

3.3.4 Phosphororganische Substanzen

Allgemeines

Phosphorhaltige Wirkstoffe werden meist als selektive Insektizide oder Akarizide verwendet. Im Projektgebiet wurden die Stoffe **Disulfoton, Formothion, Parathion-Ethyl (E605), Chlorpyrifos** und **Diazinon** untersucht. Darüber hinaus wurde auf badischer Seite noch auf **Malathion** und die als Herbizid verwendete Phosphonsäure **Glyphosat** untersucht. Diese Substanzen sind in der Regel gut abbaubar.

In Deutschland sind derzeit nur Parathion-Ethyl, Chlorpyrifos und Glyphosat zugelassen. Glyphosat ist außerdem in Deutschland das einzige Herbizid, das derzeit für die Bewuchskontrolle auf Gleislagen eine Zulassung hat. In Frankreich sind alle genannten Wirkstoffe zugelassen, jedoch werden nur Parathion-Ethyl und Chlorpyrifos in nennenswerten Mengen im Elsaß eingesetzt.

Die phosphororganischen Substanzen wie Propétamphos und Etrimophos gelangten durch einen Brand in einem Sandoz-Lager im Jahr 1986 in den Rhein. Da diese Stoffe bei vorangegangenen Bestandsaufnahmen der Grundwasserqualität nicht nachgewiesen wurden, wurden sie auch bei dieser Bestandsaufnahme nicht berücksichtigt.

Ergebnisse

Im Oberrheingraben liegen insgesamt sehr wenig Befunde für phosphororganische Wirkstoffe vor. Auf elsässischer Seite gibt es einzelne positive Befunde für Disulfoton und Ethylparathion an je einer Meßstelle (0,2 % aller Meßstellen) und für Diazinon an 5 Meßstellen (1,2 % aller Meßstellen). Auf badischer Seite wurden die genannten phosphorhaltigen Wirkstoffe an keiner untersuchten Meßstelle gefunden (Abb. 3.3.7).

Summe der phosphororganischen Substanzen

Bei der Summe der phosphororganischen Substanzen (Disulfoton, Formothion, Parathion-Ethyl, Chlorpyrifos und Diazinon) liegen im Elsaß 15 Meßstellen (3,6 %) über der Bestimmungsgrenze, jedoch wird an keiner Meßstelle der Summenwert von 0,5 µg/l überschritten (Abb. 3.3.8).

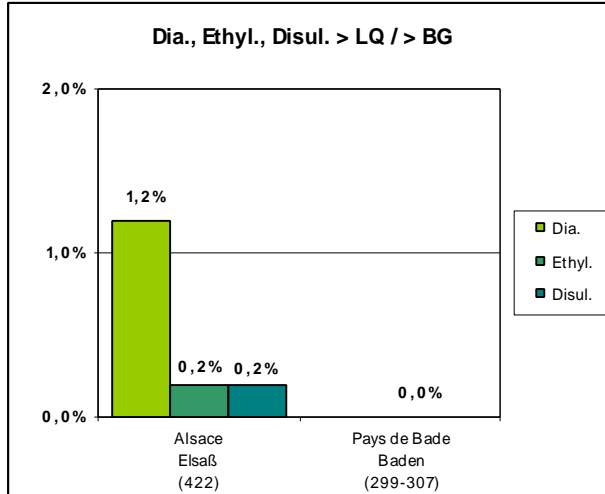


Fig. 3.3.7 : Pourcentage des concentrations en diazinon, éthylparathion et disulfoton supérieures à la limite de quantification (> LQ) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.7 : Anteil der Befunde an Diazinon, Parathion-Ethyl und Disulfoton über der Bestimmungsgrenze (> BG) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

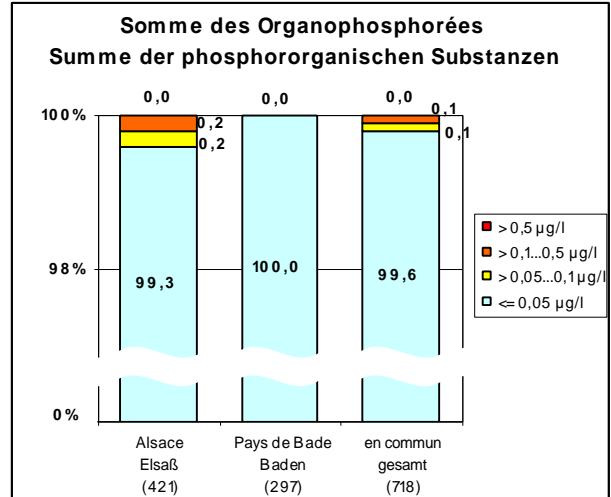


Fig. 3.3.6 : Répartition des valeurs pour la somme des concentrations en composés organo-phosphorés (diazinon, éthylparathion, disulfoton, chlorpyrifos et formothion) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.6: Verteilung der Summe der phosphororganischen Substanzen (Diazinon, Parathion-Ethyl, Disulfoton, Chlorpyrifos und Formothion) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

3.3.5 Composés organo-chlorés

Généralités

Les composés organo-chlorés ont été, par le passé, essentiellement utilisés comme insecticides. L'utilisation de la plupart d'entre eux a été interdite après qu'il fut démontré que ces composés étaient difficilement dégradables et qu'ils se concentraient dans la chaîne alimentaire (ex. : le Dichlorodiphényl-trichloroéthane ou DDT – l'emploi du DDT est interdit).

Le lindane est le nom courant donné au gamma-hexachlorocyclohexane (γ HCH). Lors de la fabrication de ce produit, on obtient un mélange de plusieurs formes isomères : α HCH, β HCH, δ HCH, ϵ HCH et seulement de 10 à 18 % de γ HCH, appelé « HCH technique ». Ce mélange est interdit d'utilisation dans la plupart des pays industrialisés.

L'utilisation du lindane est interdite en France depuis le 1^{er} juillet 1998. En Allemagne, seul le lindane pur (au moins 99 % de γ HCH) est autorisé.

Dans le cadre du projet, les différentes formes isomères α -, β -, γ - et δ HCH ainsi que l'alachlore ont été analysés côté français. Ils n'ont pas été pris en compte côté badois dans le cadre du présent inventaire qualité.

Constat

Le lindane (γ HCH) a été mis en évidence sur 9 points de mesure (2,1 %) en Alsace. Les résultats d'analyses se sont révélés positifs sur 3 points de mesure (0,7 %) pour l' α -HCH, sur 4 points (1 %), pour le δ -HCH et sur 5 points (1,2 %) pour l'alachlore. La limite de potabilité n'est dépassée que pour 2 points de mesure (0,5 %) pour le β -HCH.

La contamination de la nappe par les composés organo-chlorés a été mise en évidence à l'aval hydraulique immédiat de Bâle, autour de Mulhouse, à l'est de Sélestat et sur un point de mesure à Buhl dans le Pliocène de Haguenau.

3.3.5 Organochlorierte Substanzen

Allgemeines

Substanzen aus dieser Wirkstoffklasse wurden in der Vergangenheit hauptsächlich als Insektizide verwendet. Nachdem sich jedoch gezeigt hatte, daß diese Stoffe schwer abbaubar sind und sich in der Nahrungskette anreichern (z.B. Dichlorodiphenyl-trichlorethan oder DDT, das heute verboten ist), wurden die meisten von ihnen verboten.

Lindan ist die geläufige Bezeichnung für Gamma-Hexachlorcyclohexan (γ -HCH). Bei der Herstellung von Lindan entsteht ein Gemisch aus verschiedenen Isomeren: : α -HCH, β -HCH, δ -HCH, ϵ -HCH und nur zu 10-18 % γ -HCH. Diese Mischung, auch "Technisches HCH" genannt, ist in den meisten Industrienationen verboten.

Die Anwendung von Lindan ist in Frankreich seit 1. Juli 1998 verboten. In Deutschland darf nur reines Lindan (mind. 99 % γ -HCH) eingesetzt werden.

Im Rahmen des Projekts wurde auf französischer Seite auf die Isomere α -, β -, γ - und δ -HCH sowie auf Alachlor untersucht. Auf badischer Seite erfolgten im Rahmen dieser Bestandsaufnahme keine Untersuchungen.

Ergebnisse

Lindan (γ -HCH) wurde im Elsaß an 9 Meßstellen (2,1 %) nachgewiesen. Positive Befunde liegen außerdem für α -HCH an 3 Meßstellen (0,7 %), für β -HCH an 4 Meßstellen (1 %), für δ -HCH und Alachlor jeweils an 5 Meßstellen (1,2 %) vor. Der Grenzwert für Trinkwasser von 0,1 μ g/l wird nur von β -HCH an 2 Meßstellen (0,5 %) überschritten.

Eine Belastung des Grundwassers durch organochlorierte Substanzen wurde unmittelbar im Abstrom von Basel nachgewiesen, bei Mulhouse, im Osten von Sélestat und an einer Meßstelle bei Buhl im Pliozän von Haguenau.

3.3.6 Autres produits phytosanitaires

Outre les produits phytosanitaires déjà présentés, les substances suivantes : **trifluraline**, **aldicarbe**, **mercaptodiméthur (méthiocarbe)**, **diméthoate**, **dichlobénile** et son métabolite **2,6-dichlorbenzamid**, ainsi que le **pendiméthaline** ont également été pris en compte dans le cadre du présent inventaire qualité.

Constat

La trifluraline, herbicide analysé des deux côtés du Rhin n'a été mise en évidence que sur un seul point de mesure en Alsace et sur aucun en Pays de Bade.

L'aldicarbe, utilisé contre les insectes et les vers, ainsi que le mercaptodiméthur, utilisé contre les insectes et les gastéropodes, n'ont été recherchés qu'en Alsace. L'aldicarbe a été détecté sur 2 points de mesure (0,5 %) et le mercaptodiméthur sur 8 points de mesure (1,9 %), pour lesquels 2 valeurs dépassent la limite de potabilité.

Le diméthoate (insecticide), le dichlobénile (herbicide) et son métabolite le 2,6-dichlorbenzamide, ainsi que le pendiméthaline (herbicide) n'ont été recherchés que du côté badois. Seul le 2,6-dichlorbenzamide a été mis en évidence, sur 12 points (4,1 %) ; la limite de potabilité de 0,1 µg/l étant dépassée sur trois points de mesure. Une concentration maximale de 1,03 µg/l a été mesurée dans un jardin à Freiburg.

3.3.6 Weitere PBSM

Außer den bereits vorgestellten PBSM-Wirkstoffen wurde im Rahmen dieser Bestandsaufnahme noch auf **Trifluralin**, **Aldicarb**, **Mercaptodiméthur (Methiocarb)**, **Dimethoat**, **Dichlobenil** und sein Abbauprodukt **2,6-Dichlorbenzamid** sowie auf **Pendimethalin** untersucht.

Ergebnisse

Auf das Herbizid Trifluralin wurde auf beiden Seiten des Rheins analysiert. Es wurde nur an einer Meßstelle im Elsaß gefunden, in Baden waren alle Befunde negativ.

Aldicarb, das gegen Insekten und Würmer eingesetzt wird, und Mercaptodiméthur, gegen Insekten und Schnecken, wurden nur im Elsaß untersucht. Aldicarb wurde an 2 Meßstellen (0,5 %), Mercaptodiméthur an 8 Meßstellen (1,9 %) gefunden. Davon wird von letzterem der Grenzwert für Trinkwasser an 2 Meßstellen überschritten.

Nur auf badischer Seite wurden das Insektizid Dimethoat, das Herbizid Dichlobenil und sein Abbauprodukt 2,6-Dichlorbenzamid, sowie das Herbizid Pendimethalin untersucht. Von diesen Wirkstoffen wurde nur 2,6-Dichlorbenzamid an 12 Meßstellen (4,1 %) nachgewiesen, an 3 Meßstellen wird der Trinkwassergrenzwert von 0,1 µg/l überschritten. Der Maximalwert von 1,03 µg/l wurde in Freiburg in einer Gartenanlage gemessen.

3.3.7 Somme des produits phytosanitaires

Généralités

La somme des concentrations en produits phytosanitaires résulte de l'addition des concentrations des trois principaux groupes de produits analysés des deux côtés du Rhin : les triazines, les urées substituées et les organo-phosphorés. Quand la somme d'un groupe n'était pas disponible sur un point, la somme globale a été calculée à partir des groupes disponibles. Ceci signifie que sur un point de mesure, la somme de tous les phytosanitaires pourrait être encore plus élevée. C'est le cas pour environ 30 points de mesure côté badois et deux points de mesure côté alsacien, pour lesquels la somme des produits phytosanitaires a été calculée sans la somme des triazines.

Résultats

Avec un dépassement du seuil de quantification dans 60,7 % des points de mesures, la pollution par les phytosanitaires peut être considérée comme une pollution diffuse sur la majeure partie de la Vallée du Rhin Supérieur avec une répartition sensiblement plus défavorable côté alsacien avec 68,6 % contre 50,0 % de dépassement du seuil de quantification côté badois. De même, la répartition des dépassements de la limite de qualité, qui est de 0,5 µg/l pour la somme des phytosanitaires, marque une différence nette entre les deux rives du Rhin avec 9,2 % de dépassement côté alsacien contre 1,6 % côté badois.

En effet, la pollution par les phytosanitaires est diffuse et généralisée sur la Plaine d'Alsace, avec un panache de concentrations élevées à l'aval de Mulhouse. En revanche, la pollution le long du piémont et au sud du Pliocène de Haguenau apparaît de façon plus ponctuelle mais avec des concentrations élevées. Les zones non contaminées sont celles situées sous l'influence directe des rivières vosgiennes.

Côté badois, la répartition est plus ponctuelle. La limite de qualité est localement dépassée dans la zone d'Offenburg-Kehl-Achern. Par ailleurs, des zones contaminées se trouvent dans les basses vallées du Staufen et de Freiburg et au nord de Lahr, là où le maïs et des cultures spéciales sont cultivées.

3.3.7 Summe der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)

Allgemeines

Die Summe der Konzentrationen der PBSM ergibt sich aus der Addition der Hauptgruppen der auf beiden Seiten des Rheins untersuchten Stoffe: Triazine, Phenylharnstoffe und phosphororganische Substanzen. Sofern die Summe einer Gruppe an einer Meßstelle nicht vorlag, wurde die Summe aus den vorhandenen Gruppen gebildet. Das bedeutet, daß an einer Meßstelle die Summe aller PBSM noch höher sein könnte. Dies trifft auf etwa 30 Meßstellen in Baden und 2 Meßstellen im Elsaß zu, für die die Summe aller PBSM ohne die Summe der Triazine berechnet wurde.

Ergebnisse

An 60,7 % aller Meßstellen wird die Bestimmungsgrenze überschritten. Die Belastung mit Pflanzenschutzmittel kann im größten Teil der Oberrheinebene als diffuse Belastung bezeichnet werden. Die Situation ist im Elsaß mit 68,6 % positiven Befunden noch deutlich ungünstiger als auf badischer Seite mit 50,0 % positiven Befunden. Der Unterschied beiderseits des Rheins läßt sich gleichermaßen an den Grenzwertüberschreitungen erkennen. Der Grenzwert für die Summe der PBSM von 0,5 µg/l wird im Elsaß an 9,2 % der Meßstellen überschritten, in Baden an 1,6 %.

In der elsässischen Rheinebene ist die diffuse Belastung mit PBSM großflächig vorhanden. Eine Fahne erhöhter Konzentrationen ist im Abstrom von Mulhous festzustellen. Hingegen ist die Belastung entlang der Vorberge und im Süden des Pliozäns von Haguenau eher lokal, jedoch in hohen Konzentrationen. Nichtbelastete Bereiche befinden sich in den durch infiltrierende Vogesenflüsse beeinflussten Gebieten.

Auf badischer Seite tritt die Belastung punktuell auf. Vereinzelt wird der Grenzwert im Bereich Offenburg-Kehl-Achern überschritten. Belastete Bereiche befinden sich außerdem in der Staufener und Freiburger Bucht und nördlich von Lahr, wo Mais und Sonderkulturen angebaut werden.

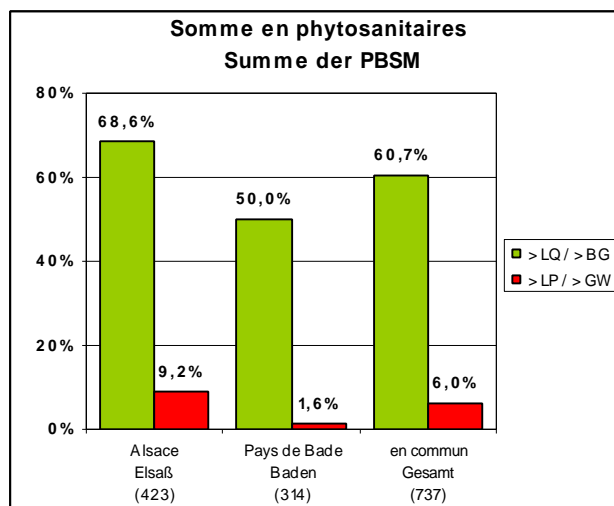


Fig. 3.3.7 : Pourcentage des valeurs pour la somme des teneurs en phytosanitaires supérieures à la limite de quantification (LQ) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.7 : Anteil der Befunde der PBSM über der Bestimmungsgrenze (BG) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Cette distribution résulte essentiellement de la répartition des triazines, en particulier de l'atrazine et de ses métabolites, et, dans une moindre mesure, du diuron le long du piémont alsacien. Ceci peut expliquer pourquoi la différence entre les deux rives du Rhin est aussi importante, puisque l'atrazine est interdite en Allemagne depuis 1991 et que la culture du maïs y est moins développée.

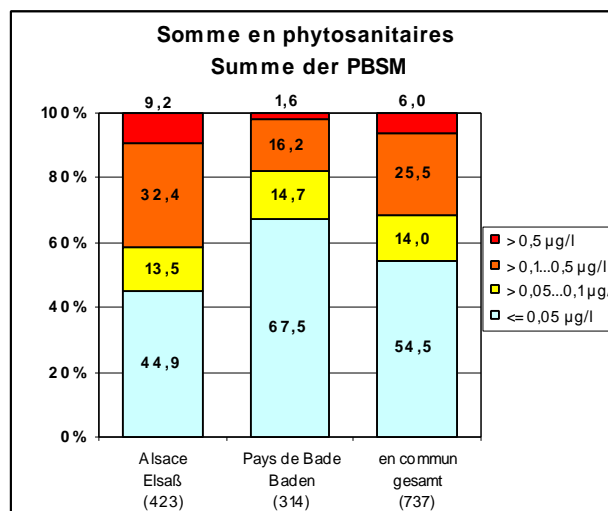


Fig. 3.3.6 : Répartition des valeurs pour la somme des teneurs en phytosanitaires (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.3.6: Verteilung der Summe der PBSM (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Die Verteilung der Summe aller Pflanzenschutzmittel resultiert vor allem aus der Verteilung der Triazine, besonders des Atrazins und seiner Abbauprodukte, in geringerem Maße aus der des Diurons entlang der elsässischen Vorbergzone. Dies kann den deutlichen Unterschied beiderseits des Rheins erklären. Atrazin ist in Deutschland seit 1991 verboten, außerdem ist der Maisanbau in Baden weniger ausgeprägt.

3.3.8 Bilan général

Du fait de l'utilisation intensive de la vallée du Rhin supérieur pour l'agriculture et l'horticulture et du traitement des surfaces urbaines, industrielles ou des voies de communication, les apports de produits phytosanitaires dans la nappe phréatique rhénane sont très importants. Le transfert de ces substances vers les eaux souterraines est favorisé localement par la faible épaisseur du sol, une faible profondeur de la nappe et par l'irrigation des surfaces cultivées.

Les produits phytosanitaires peuvent être classés en 5 catégories (tab. 3.3.1) en fonction de leur fréquence et de leur concentration dans les eaux souterraines

Le **groupe 1** rassemble les produits dont la présence n'a pas été mise en évidence dans les eaux souterraines. Ces substances sont décomposées en partie par hydrolyse.

Le **groupe 2** regroupe les produits pour lesquels les résultats d'analyses sont toujours inférieurs à la limite de qualité. Il concerne avant tout les insecticides (composés organo-phosphorés, quelques urées substituées et la plupart des composés organo-chlorés).

Dans le **groupe 3** sont rassemblées les substances pour lesquelles moins de 1 % des concentrations sont supérieures à la limite de qualité. Il comprend notamment quelques triazines, L'isoproturon et également l'isomère β -HCH recherché seulement côté alsacien. Pour l'isoproturon, les dépassements de la limite de qualité sont observés surtout en Alsace.

Le **groupe 4** regroupe les substances pour lesquelles 1 à 3 % des concentrations observées ont dépassé la limite de qualité. Ce groupe comprend les triazines simazine et désisopropylatrazine ainsi que le diuron, qui sont tous des herbicides. Pour le diuron aussi, la limite de qualité pour l'eau potable est dépassée surtout en Alsace.

Le **groupe 5** rassemble les composés les plus problématiques, pour lesquels plus de 3 % des concentrations mesurées dépassent la limite de potabilité de 0,1 $\mu\text{g/l}$. Les produits concernés sont : les triazines, avec l'atrazine (9,5 % des points de mesure) et la dé-éthylatrazine (13,2 %), ainsi que le bromacil, (4,2 %) et l'héxazinon (3,8 %) analysés uniquement en Pays de Bade.

3.3.8 Fazit

Durch die intensive landwirtschaftliche und gartenbauliche Nutzung der Oberrheinebene sowie durch die Behandlung von städtischen und industriellen Flächen oder Verkehrswegen werden im Projektgebiet eine Vielzahl an PSM in das Grundwasser eingetragen. Der Eintrag der Substanzen wird begünstigt durch zum Teil geringmächtige Deckschichten, einen geringen Grundwasserflurabstand und durch Beregnung der Äcker.

Die PSM lassen sich hinsichtlich der Häufigkeit ihres Vorkommens und ihrer Konzentration im Grundwasser in fünf Gruppen einteilen (Tab. 3.3.1).

Die Wirkstoffe in **Gruppe 1** wurden im Grundwasser überhaupt nicht nachgewiesen. Sie werden zum Teil durch Hydrolyse abgebaut.

In **Gruppe 2** befinden sich die Wirkstoffe, für die an keiner Meßstelle der Grenzwert von 0,1 $\mu\text{g/l}$ überschritten wird. Dies trifft vor allem für Insektizide (phosphororganischen Substanzen, manche Phenylharnstoffe und die meisten organochlorierten Substanzen) zu.

In **Gruppe 3** wird der Grenzwert an weniger als 1 % aller Meßstellen überschritten. Sie umfaßt vor allem einige Triazine, Isoproturon, außerdem das nur im Elsaß untersuchte Isomer β -HCH. Für Isoproturon wurden Grenzwertüberschreitungen hauptsächlich im Elsaß beobachtet.

In **Gruppe 4** sind die Substanzen aufgeführt, für die an 1 % bis 3 % aller Meßstellen der Grenzwert überschritten wird. Hier sind die Triazine Simazin und Desisopropylatrazin sowie Diuron, alles Herbizide, zu finden. Auch für Diuron wurde der Grenzwert für Trinkwasser vor allem im Elsaß überschritten.

Am problematischsten sind die Wirkstoffe der **Gruppe 5**, für die an mehr als 3 % aller untersuchten Meßstellen der Trinkwassergrenzwert von 0,1 $\mu\text{g/l}$ überschritten wird. Dies sind die Triazine Atrazin (an 9,5 % aller Meßstellen) und Desethylatrazin (an 13,2 %) sowie die nur in Baden gemessenen Wirkstoffe Bromacil (an 4,2 %) und Hexazinon (an 3,8 %).

Tab : 3.3.1. Fréquences et concentrations des résultats d'analyses pour les concentrations en produits phytosanitaires sur les points de mesure (environ 720 points pour l'ensemble du secteur étudié, environ 422 points côté alsacien, environ 300 points côté badois)

Tab. 3.3.1 : Häufigkeit und Konzentration der Befunde von PBSM-Wirkstoffen in den untersuchten Meßstellen (im gesamten Gebiet etwa 720 Meßstellen, im Elsaß etwa 422 Meßstellen, in Baden etwa 300 Meßstellen)

Groupe 1 Gruppe 1	Groupe 2 Gruppe 2	Groupe 3 Gruppe 3	Groupe 4 Gruppe 4	Groupe 4 Gruppe 4
Résultats d'analyses négatifs sur tous les points de mesure	Résultats d'analyses positifs, mais concentrations inférieures à 0,1 µg/l	Résultats d'analyses positifs, moins de 1 % des points révélant une concentration supérieure à 0,1 µg/l	Résultats d'analyses positifs, de 1 à 3 % des points révélant une concentration supérieure à 0,1 µg/l	Résultats d'analyses positifs, plus de 3 % des points révélant une concentration supérieure à 0,1 µg/l
Negative Befunde an allen Meßstellen	Positive Befunde, an allen Meßstellen Konzentrationen unter 0,1 µg/l	Positive Befunde, an weniger als 1 % der Meßstellen Konzentrationen über 0,1 µg/l	Positive Befunde, an 1 bis 3 % der Meßstellen Konzentrationen über 0,1 µg/l	Positive Befunde, an mehr als 3 % der Meßstellen Konzentrationen über 0,1 µg/l
<i>Substances recherchées sur l'ensemble de la vallée du Rhin Supérieur / Im gesamten Oberrheingraben untersuchte Wirkstoffe</i>				
Formothion Chlorpyrifosethyl Flufenoxuron	Disulfoton Parathionethyl Neburon Trifluralin(e)	Terbutylazin(e) Diazinon Isoproturon	Simazin(e) Desisopropylatrazin(e) Diuron	Atrazin(e) Desethylatrazin(e)
<i>Substances recherchées seulement en Alsace / Nur im Elsaß untersuchte Wirkstoffe</i>				
	Gamma-HCH (Lindane) Alpha-HCH Delta-HCH Alachlore Aldicarbe	Cyanazine Beta-HCH Mercaptodiméthur		
<i>Substances recherchées seulement en pays de Bade / Nur in Baden untersuchte Wirkstoffe</i>				
Metazachlor Malathion Glyphosat Dimethoat Dichlobenil Pendimethalin	Metalaxyl	Desethylterbutylazin Propazin Sebutylazin 2,6 Dichlorbenzamid	Metolachlor	Bromacil Hexazinon

En considérant les groupes de substances discutés dans les chapitres précédents, on peut faire les observations suivantes :

Les **triazines** se situent toutes dans les groupes 3 à 5. La limite de qualité est dépassée pour chaque triazine pour au moins un point de mesure.

Les **autres composés azotés**, uniquement recherchés du côté badois, se situent dans les groupes 1 à 5. Pour le bromacil, 4,2 % des points de mesure indiquent un résultat supérieur à la limite de qualité, 3,8 % pour l'hexazinon.

Les **4 urées substituées**, recherchées de part et

Für die einzelnen im Text diskutierten Wirkstoffgruppen lassen sich folgende Aussagen treffen:

Die **Triazine** befinden sich alle in den Gruppen 3 bis 5, an mindestens einer Meßstelle wird jeweils der Grenzwert überschritten.

Die nur in Baden untersuchten weiteren **stickstofforganischen Substanzen** sind in Gruppe 1 bis 5 vertreten, für Bromacil wird an 4,2 % aller Meßstellen, für Hexazinon an 3,8 % der Meßstellen der Grenzwert überschritten

Die vier auf beiden Seiten untersuchten **Phenyl-**

d'autre du Rhin, apparaissent dans les groupes 1 à 4. Le flufenoxuron est rapidement hydrolysé et n'est observé sur aucun point de mesure. Le néburon et l'isoproturon se trouvent respectivement dans les groupes 2 et 3. Pour le diuron, 3,6 % des points de mesure indiquent un résultat supérieur à la limite de qualité ; ce composé se trouve dans le groupe 4 (2,2 %) dans l'exploitation commune des résultats.

Les **composés organo-phosphorés** se situent en majorité dans le groupe 1, quelques-uns aussi dans le groupe 2. La limite de qualité est dépassée sur un point (groupe 3) pour le seul diazinon.

Les **composés organo-chlorés**, analysés seulement en Alsace, ont tous été détectés, mais seul le β -HCH a dépassé la limite de qualité sur 2 points de mesure.

Les **autres produits phytosanitaires** se trouvent essentiellement dans les groupes 1 et 2, des dépassements n'ayant été observés que pour le mercaptodiméthure (analysé uniquement en Alsace) sur 2 points de mesure et pour le 2,6 dichlorbenzamid (analysé en Pays de Bade) sur 3 points de mesure.

harnstoffe kommen in den Gruppen 1 bis 4 vor. Flufenoxuron wird schnell hydrolysiert und wurde an keiner Meßstelle nachgewiesen, Neburon und Isoproturon befinden sich in den Gruppen 2 bzw. 3. Für Diuron wurde im Elsaß an 3,6 % aller Meßstellen der Grenzwert überschritten, bei der gemeinsamen Auswertung befindet sich der Wirkstoff in Gruppe 4 (2,2 %).

Die **phosphororganischen Substanzen** befinden sich zum großen Teil in Gruppe 1, manche auch in Gruppe 2, nur für Diazinon wird an einer Meßstelle der Grenzwert überschritten (Gruppe 3).

Die nur im Elsaß untersuchten **organochlorierten Substanzen** konnten zwar alle nachgewiesen werden, doch wird der Grenzwert nur für Beta-HCH an 2 Meßstellen überschritten.

Die **sonstigen PSM** befinden sich meist in den Gruppen 1 und 2, Grenzwertüberschreitungen wurden nur für Mercaptodimethur an 2 Meßstellen (nur im Elsaß analysiert) und für 2,6 Dichlorbenzamid an 3 Meßstellen (nur in Baden analysiert) nachgewiesen.

3.4 Organo-halogénés volatils (OHV)

Généralités

Les organo-halogénés volatils (OHV) sont des substances organiques qui n'existent pas à l'état naturel mais sont synthétisés industriellement à partir d'hydrocarbures. Leur présence dans les eaux souterraines indique donc une influence anthropique. Beaucoup de cas de pollution par les OHV ont été constatés dans les années 1970, ce qui attira l'attention du grand public sur ce type de pollution.

Dans le cadre du présent inventaire transfrontalier, seuls les composés organo-chlorés ont été analysés. Les produits les plus connus de ce groupe sont le **trichloroéthylène** et le **tétrachloroéthylène**. Le **1,1,1 trichloroéthane**, le **dichlorométhane**, le **cis-1,2 dichloroéthylène** et le **tétrachlorométhane (ou tétrachlorure de carbone)** ont également été analysés dans le cadre de cet inventaire. Tous ces produits sont utilisés comme solvants pour le dégraissage des métaux et pour le nettoyage à sec. On les retrouve dans les détachants et les dissolvants à usage domestique.

Du fait de leurs nombreuses applications en tant que solvants volatils, on les retrouve en grande quantité dans l'atmosphère et, sous l'action des précipitations, ils sont entraînés dans le sol puis dans les eaux souterraines, par infiltration. Les OHV sont des molécules très stables, qui ne peuvent être que très peu dégradées biologiquement, et très mobiles dans l'eau. Par contre, du fait de leur volatilité élevée, les OHV peuvent également migrer de l'eau vers la zone non saturée du sol.

A côté de cette source de contamination diffuse, les OHV peuvent également être entraînés ponctuellement dans les eaux souterraines essentiellement lors de pollutions accidentelles (réservoirs ou canalisations non étanches) et via les eaux usées des industries et des petites entreprises. Les statistiques sur les sites pollués montrent que 65 % des pollutions connues sont dues à la présence d'OHV. Les principaux responsables sont les industries des métaux (43 %) et de la chimie (15 %) (LfU, 1997).

En raison de la grande volatilité des OHV, le prélèvement des échantillons d'eau de nappe doit être effectué avec beaucoup de précaution. Lors de l'analyse, la séparation des diverses substances est réalisée par chromatographie en phase gazeuse ; l'identification et la quantification sont menées avec un détecteur approprié. Les concentrations en

3.4 Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)

Allgemeines

Die Leichtflüchtigen Halogen-Kohlenwasserstoffe (LHKW) sind organische Stoffe, die natürlicherweise nicht vorkommen, sondern industriell aus Kohlenwasserstoffen synthetisiert werden. Ihr Auftreten im Grundwasser weist demnach immer auf eine anthropogene Beeinflussung hin. In den 70er Jahren wurden häufig LHKW-Schadensfälle festgestellt, wodurch diese Art an Verschmutzung Interesse bei der breiten Öffentlichkeit fand.

In der gemeinsamen Beprobung wurden aus der Gruppe der LHKW ausschließlich chlorierte Kohlenwasserstoffe untersucht. Die bekanntesten Vertreter dieser Gruppe sind **Trichlorethen** ("Tri") und **Tetrachlorethen** ("Per"). Außerdem wurden im Rahmen der Bestandsaufnahme die Stoffe **1,1,1-Trichlorethan**, **Dichlormethan**, **cis-1,2-Dichlorethen** und **Tetrachlormethan** (Tetrachlorkohlenstoff) untersucht. Diese LHKW werden u.a. bei der Metallentfettung und in chemischen Reinigungen als Lösemittel eingesetzt. Im Haushalt kommen LHKW in Fleckentfernern und Pinselreinigern vor.

Infolge der vielfältigen Anwendungen als leichtflüchtige Lösemittel gelangen sie in größeren Mengen in die Atmosphäre, wo sie über den Niederschlag in den Boden und durch Sickerwasser ins Grundwasser eingetragen werden können. LHKW sind stabile Moleküle, die biologisch kaum abgebaut werden und im Grundwasser sehr mobil sind. LHKW können auch durch ihre hohe Flüchtigkeit aus dem Grundwasser in die ungesättigte Zone (Bodenluft) gelangen.

Neben dem diffusen Eintrag von LHKW über die Atmosphäre gelangen die Stoffe vor allem bei Schadensfällen (undichte Tanks, undichte Leitungen) und durch industrielle und gewerbliche Abwässer punktuell ins Grundwasser. Erhebungen aus dem Altlastenbereich zeigten, daß 65 % aller bekannten Grundwasserschadensfälle auf LHKW zurückzuführen sind. Die Hauptverursacher sind zu 43 % metallverarbeitende Betriebe und zu 15 % die Chemieindustrie (LfU, 1997).

Durch die hohe Flüchtigkeit der LHKW muß die Entnahme von Grundwasserproben mit großer Sorgfalt durchgeführt werden. Bei der Analytik erfolgt die Auftrennung der einzelnen Stoffe mit Hilfe der Gaschromatographie (GC), die Identifizierung und Quantifizierung wird mit einem geeigneten Detektor vorgenommen. Da die LHKW im

OHV dans les eaux souterraines étant généralement de l'ordre du $\mu\text{g/l}$, une incertitude de l'ordre de 40 % est acceptée.

Résultats

Les substances les plus souvent mises en évidence sont le tétrachloroéthylène et le trichloroéthylène

En Alsace, le **tétrachloroéthylène** a été détecté sur 20,9 % des points de mesure et sur 36,4 % au Pays de Bade (fig. 3.4.1). Parmi ceux-ci, 2,8 % dépassent la valeur de 10 $\mu\text{g/l}$ en Alsace, 0,7 % dépassent le seuil de l'OMS de 40 $\mu\text{g/l}$. Côté badois, 3,4 % des points de mesure dépassent la valeur de 10 $\mu\text{g/l}$ et 0,9 % dépassent le seuil de l'OMS.

Pour le **trichloroéthylène**, 19,0 % des résultats sont positifs en Alsace contre 27,8 % côté badois (fig. 3.4.1). La valeur de 10 $\mu\text{g/l}$ est dépassée pour 2,5 % des points de mesure en Alsace, dont 0,9 % indiquent un résultat d'analyse supérieur au seuil de l'OMS de 70 $\mu\text{g/l}$. Côté badois, 1,9 % des points de mesure dépassent la valeur de 10 $\mu\text{g/l}$ et 0,6 % le seuil de l'OMS.

Des deux côtés du Rhin, le tétrachloroéthylène a été plus souvent détecté que le trichloroéthylène. Il y a plus de résultats d'analyses positifs pour ces deux substances en Pays de Bade qu'en Alsace.

Le **1,1,1 trichloroéthane** a été détecté pour 16,6 % des points de mesure en Alsace et pour 8,9 % en Pays de Bade (fig. 3.4.1). La concentration de 10 $\mu\text{g/l}$ n'est dépassée que pour un seul point de mesure au Pays de Bade.

Il n'y a pas eu de résultat d'analyse positif pour le **dichlorométhane** sur l'ensemble de la zone d'étude.

Les résultats d'analyses pour le **tétrachlorure de carbone** sont positifs pour 2,4 % des points en Alsace et pour 1,2 % des points en Pays de Bade. La réglementation allemande fixe une limite de potabilité de 3 $\mu\text{g/l}$ pour le tétrachlorure de carbone. Celle-ci n'est dépassée qu'en Alsace, avec une concentration de 2600 $\mu\text{g/l}$ à l'aval de Benfeld.

Le **cis-1,2 dichloroéthylène** a été détecté sur seulement 2,1 % des points de mesure en Alsace, et sur 1,9 % des points en Pays de Bade.

μg -Bereich im Wasser vorkommen, muß mit Bestimmungsunschärfen in der Größenordnung von 40 % gerechnet werden.

Ergebnisse

Die am häufigsten nachgewiesenen Substanzen sind Tetrachlorethen und Trichlorethen.

Im Elsaß wurde **Tetrachlorethen** an 20,9 % aller Meßstellen nachgewiesen, in Baden an 36,4 % (Abb. 3.4.1). Davon liegen im Elsaß 2,8 % der Werte über 10 $\mu\text{g/l}$, 0,7 % sogar über dem WHO-Richtwert von 40 $\mu\text{g/l}$. In Baden überschreiten 3,4 % aller Meßstellen 10 $\mu\text{g/l}$, 0,9 % liegen über dem WHO-Richtwert.

Für **Trichlorethen** liegen im Elsaß an 19,0 % aller Meßstellen, auf badischer Seite an 27,8 % positive Befunde vor (Abb. 3.4.1). Die Konzentration von 10 $\mu\text{g/l}$ wird im Elsaß an 2,5 % der Meßstellen überschritten, davon liegen 0,9 % über dem WHO-Richtwert von 70 $\mu\text{g/l}$, in Baden überschreiten 1,9 % die 10 $\mu\text{g/l}$ und 0,6 % den WHO-Richtwert.

Auf beiden Seiten wurde häufiger Tetrachlorethen als Trichlorethen nachgewiesen, wobei auf badischer Seite für beide Substanzen mehr positive Befunde als im Elsaß vorliegen.

1,1,1-Trichlorethan wurde im Elsaß an 16,6 % aller Meßstellen nachgewiesen, in Baden an 8,9 % (Abb. 3.4.1). Davon wird nur in Baden an einer Meßstelle die Konzentration von 10 $\mu\text{g/l}$ überschritten.

Für **Dichlormethan** liegen im gesamten Untersuchungsgebiet keine positiven Befunde vor.

Für **Tetrachlormethan** liegen an 2,4 % der Meßstellen im Elsaß und an 1,2 % in Baden positive Befunde vor. In der deutschen Trinkwasserverordnung wird für Tetrachlormethan ein Grenzwert von 3 $\mu\text{g/l}$ festgesetzt. Dieser wird nur im Elsaß überschritten, jedoch mit einer Konzentration von 2600 $\mu\text{g/l}$ im Abstrom von Benfeld.

Cis-1,2 Dichlorethen wurde im Elsaß nur an 2,1 % der Meßstellen, in Baden an 1,9 % nachgewiesen.

Somme des concentrations en OHV

Une limite de qualité de 10 µg/l est donnée dans la directive sur l'eau potable en Allemagne pour la somme des OHV (trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 1,1,1 trichloroéthane et dichlorométhane). Dans la figure 3.4.2, la répartition des valeurs pour la somme des concentrations en OHV est obtenue à partir de ces substances.

Pour la somme des concentrations en OHV telle que retenue dans la loi allemande, 38,3 % des points de mesure sur la zone d'étude révèlent la présence de solvants. 30,1 % des résultats d'analyses sont positifs en Alsace et 5,6 % des concentrations (23 mesures) dépassent la limite de potabilité allemande de 10 µg/l. Côté badois, 41,8 % des résultats d'analyses sont positifs et 5,4 % des concentrations (17 mesures) dépassent la valeur limite de 10 µg/l (fig. 3.4.2).

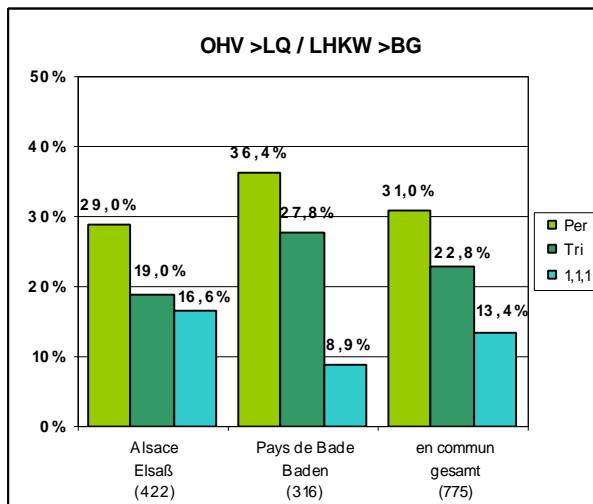


Fig. 3.4.1 : Répartition des résultats d'analyses pour le tétrachloroéthylène (Per), le trichloroéthylène (Tri) et le 1,1,1 trichloroéthane (1,1,1) au-dessus de la limite de quantification (LQ) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.4.1: Anteil der Befunde von Tetrachlorethen (Per), Trichlorethen (Tri) und 1,1,1-Trichlorethan (1,1,1) über Bestimmungsgrenze (BG) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Par ailleurs, la nouvelle directive européenne sur la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine du 3 novembre 1998 prévoit une valeur de paramètre de 10 µg/l pour la somme du trichloroéthylène et du tétrachloroéthylène.

Sur l'ensemble de la vallée du Rhin supérieur, les valeurs les plus élevées pour la somme des concentrations en OHV ont été mesurées dans les zones urbaines. Ceci s'explique principalement par l'utilisation abusive des solvants qui était faite au-

Summe der LHKW

In Deutschland ist für die "Summe LHKW nach Trinkwasserverordnung", die Trichlorethen, Tetrachlorethen, 1,1,1-Trichlorethan und Dichlormethan umfaßt, ein Grenzwert von 10 µg/l vorgeschrieben. In Abbildung 3.4.2 ist die Verteilung der Summe aus diesen Stoffen dargestellt.

Für die Summe LHKW nach Trinkwasserverordnung liegen im gesamten Untersuchungsgebiet an 38,3 % aller Meßstellen positive Befunde vor. Im Elsaß wurden an 30,1 % der Meßstellen positive Befunde nachgewiesen, an 5,6 % (23 Meßstellen) liegt die Summe der LHKW über dem deutschen Grenzwert für Trinkwasser von 10 µg/l. Auf badoischer Seite liegen an 41,8 % der Meßstellen positive Befunde vor, an 5,4 % (17 Meßstellen) wird der Grenzwert von 10 µg/l überschritten (Abb. 3.4.2).

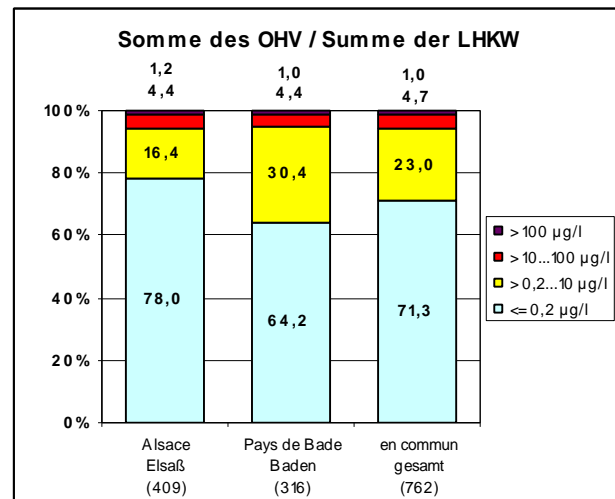


Fig. 3.4.2. : Répartition des valeurs pour la somme des concentrations en OHV (tétrachloroéthylène, trichloroéthylène, 1,1,1 trichloroéthane) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.4.2: Verteilung der Summe der LHKW (Tetrachlorethen, Trichlorethen, 1,1,1-Trichlorethan) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Die neue europäische Richtlinie zur „Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ vom 3. November 1998 gibt einen Parameterwert von 10 µg/l für die Summe aus Trichlorethen und Tetrachlorethen an.

Im gesamten Oberrheingraben wurden erhöhte Konzentrationen der Summe der LHKW vor allem in städtischen Gebieten nachgewiesen. Der unsachgemäße Umgang mit diesen Lösungsmitteln in der Metall- und Chemieindustrie in der Vergan-

trefois dans les industries métallurgiques et chimiques.

En Alsace, les concentrations les plus élevées en OHV sont essentiellement mesurées dans les agglomérations ou à proximité des sites industriels (métallurgie, chimie...) à Strasbourg, Sélestat, Molsheim, Obernai, Colmar, Haguenau, Mulhouse, Chalampé et à l'aval de Bâle. On retrouve souvent une contamination simultanée sur le même point de mesure par le trichloroéthylène et le tétrachloro-éthylène ; la répartition de la pollution par ces deux substances est donc sensiblement la même. Il faut toutefois constater une pollution diffuse au niveau de la forêt de la Hardt, dont l'origine reste à préciser. La pollution par le tétrachlorure de carbone, dû au renversement accidentel d'un camion citerne en 1972, est toujours visible à l'aval de Benfeld.

Côté badois, des concentrations élevées ont été mesurées dans la zone de Lörrach/Bâle, de Müllheim, dans le bassin de Freiburg et dans le secteur de Baden-Baden/ Rastatt. Beaucoup de ces points se situent dans des zones industrielles, voire directement dans l'enceinte des usines. Près de Lörrach, 2 points de mesure où les concentrations dépassent la limite de qualité se trouvent à proximité d'industries chimiques. A Freiburg, les dépassements de limite de qualité se situent principalement sur le site d'industries métallurgiques. Près d'Achern, le seuil de l'OMS pour le tétrachloroéthylène est dépassé pour un point situé à proximité d'une industrie chimique ; près de Bühl, de fortes concentrations de trichloroéthylène sont observées à proximité d'une usine métallurgique.

Il est étonnant de noter le nombre de points de mesure indiquant de faibles concentrations en OHV. Outre les pollutions ponctuelles par les sites de pollutions historiques et les décharges, les dépôts atmosphériques et les réseaux d'eaux usées défectueux jouent un rôle non négligeable dans la pollution diffuse par les OHV, en particulier dans les zones urbanisées.

Bilan

De nombreuses mesures ont été prises depuis les 10 ou 20 dernières années, pour rendre l'utilisation des OHV plus sûre et pour éviter de nouvelles pollutions. Dans la pratique, de nouvelles pollutions accidentelles ne résultent que d'accidents et peuvent, en règle générale, être tout de suite maîtrisées. Les OHV sont retrouvés sur plus du tiers des points analysés. Ceci montre combien de temps ces substances peuvent rester dans les eaux

genheit ist meistens die Ursache.

Im Elsaß sind die höchsten Konzentrationen vor allem in den Siedlungsgebieten und in der Nähe von Industriegebieten (Metallverarbeitung, chemische Industrie,...) bei Straßburg, Sélestat, Molsheim, Obernai, Colmar, Haguenau, Mulhouse, Chalampé und im Abstrom von Basel gemessen worden. Man findet oft an einer Meßstelle eine Belastung von Trichlorethen und Tetrachlorethen gleichzeitig. Die Verteilung der Belastung durch diese beiden Stoffe ist also recht ähnlich. Es läßt sich außerdem eine diffuse Belastung im Bereich des Hardtwalds feststellen, deren Ursache noch genauer untersucht werden muß. Die Verschmutzung durch Tetrachlormethan bei Benfeld, wo 1972 der Stoff bei einen LKW-Unfall auslief, ist immer noch erkennbar.

Auf badischer Seite wurden erhöhte LHKW-Gehalte im Raum Lörrach/Basel, Müllheim, in der Freiburger Bucht und im Raum Baden-Baden/ Rastatt nachgewiesen. Viele dieser Meßstellen liegen in Industriegebieten, zum Teil direkt auf den Firmengeländen. Bei Lörrach befinden sich zwei Meßstellen, an denen der Grenzwert überschritten wird, neben chemischen Industriebetrieben. In Freiburg treten die Grenzwertüberschreitungen vor allem auf dem Gelände metallverarbeitender Betriebe auf. Bei Achern wird neben einer chemischen Reinigung der WHO-Richtwert für Tetrachlorethen überschritten, bei Bühl wurde Trichlorethen im Bereich eines metallverarbeitenden Betriebes in großen Mengen nachgewiesen.

Auffällig ist die hohe Anzahl von Meßstellen mit geringen Konzentrationen an LHKW. Außer punktuellen Belastungen durch Altlasten und Depositionen spielen die atmosphärischen Depositionen und defekte Abwasserkanäle bei der diffusen Belastung vor allem in städtischen Gebieten eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Fazit

In den letzten 10 bis 20 Jahren wurden viele Maßnahmen ergriffen, um den Umgang mit LHKW sicherer zu machen und weitere Einträge zu vermeiden. Neue Schadensfälle entstehen praktisch nur durch Unfälle und können in der Regel sofort saniert werden. Trotzdem werden an einem Drittel der untersuchten Meßstellen LHKW gefunden. Dies zeigt, wie lange diese Stoffe im Grundwasser verbleiben können. Die Summe LHKW liegt an

souterraines. La somme des concentrations en OHV se situe pour 5,7 % des points analysés au-dessus de la limite de 10 µg/l. insgesamt 5,7 % aller Meßstellen über dem Grenzwert von 10 µg/l.

3.5 Autres substances organochlorées

Généralités

L'**hexachlorobenzène** (fongicide) et l'**hexachlorobutadiène** (solvant) sont les autres substances organochlorées recherchées en Alsace dans le cadre du présent inventaire.

En effet, ces deux substances, qui figurent dans la liste des produits à rechercher dans les eaux souterraines établie par le Ministère de la santé français, ont été détectées lors des précédents inventaires réalisés en Alsace.

Résultats

L'hexachlorobenzène a été détecté sur 2 points de mesure (0,5 %), et l'hexachlorobutadiène sur 26 points de mesure (6,2 %). Aucune des concentrations pour ces deux paramètres ne dépasse la limite de potabilité qui est respectivement de 0,01 µg/l pour l'hexachlorobenzène et de 0,1 µg/l pour l'hexachlorobutadiène.

3.5 Weitere organochlorierte Substanzen

Allgemeines

Als weitere organochlorierte Substanzen wurden im Rahmen des Projekts auf elsässischer Seite das Fungizid **Hexachlorbenzol** und das Lösemittel **Hexachlorbutadien** untersucht.

Diese beiden Substanzen sind in der Liste der im Grundwasser zu untersuchenden Stoffe enthalten, die vom französischen Umweltministerium festgelegt wurde. Sie wurden bei vorangegangenen Bestandsaufnahmen im Elsaß gefunden. In Baden wurden beide Stoffe nicht analysiert.

Ergebnisse

Hexachlorbenzol wurde an 2 Meßstellen (0,5 %) nachgewiesen, Hexachlorbutadien an 26 Meßstellen (6,2 %). Keiner der beiden Parameter überschreitet den Grenzwert für Trinkwasser von 0,01 µg/l für Hexachlorbenzol und 0,1 µg/l für Hexachlorbutadien.

3.6 Métaux lourds et autres métaux

Les métaux lourds (mercure, chrome, nickel, cadmium, plomb et zinc) ainsi que le métalloïde arsenic ont été recherchés dans le cadre du présent inventaire. Par ailleurs, des analyses du cuivre et de l'aluminium ont été réalisées côté badois.

Les métaux sont des composants naturels répandus sur terre. Cependant, suite aux activités industrielles, ces substances existent dans l'environnement à des concentrations élevées, qui peuvent entraîner des effets toxiques sur les végétaux, les animaux et sur l'homme. De fortes concentrations peuvent être à l'origine d'effets cancérigènes ou mutagènes.

L'estimation de la toxicité et la valeur guide pour l'eau potable définies par l'OMS sont mentionnées dans l'exposé des résultats de chacune des substances. La toxicité est calculée à partir de la dose journalière admissible que peut absorber un homme sans conséquence sur la santé. Un coefficient de sécurité est pris en compte dans le calcul.

Non biodégradables, les métaux se concentrent dans les matières en suspension et les sédiments. Leur solubilité dépend du pH et de la concentration en oxygène dissous. En présence de valeurs de pH basses et de concentrations en oxygène faibles, les métaux du sol ou de la matrice des roches sont rendus mobiles et peuvent être transportés dans l'eau souterraine.

Les concentrations en métaux peuvent donc être naturellement élevées dans les tourbières et les marais. La présence d'acide humique renforce leur mobilité par la formation de complexes. Les eaux souterraines ou thermales, profondes et bien minéralisées, sous l'influence des roches calcaires ou argileuses du Keuper, du Lias et du Dogger, présentent souvent de fortes concentrations en métaux. Les métaux peuvent également être présents dans les eaux souterraines par dissolution des couches de charbon ou des filons métallifères.

Les activités industrielles et les rejets de leurs eaux usées sont à l'origine des apports anthropiques de métaux dans les eaux souterraines. Les métaux lourds peuvent également provenir de sites d'anciennes usines de munitions ou de décharges. Les déblais miniers, anciens ou récents, peuvent également être mis en cause. L'exploitation minière des métaux dans la Forêt Noire et les Vosges entraîne leur lessivage puis leur transport par les rivières : ils parviennent ainsi dans les sédiments

3.6 Schwermetalle und andere Metalle

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden die Schwermetalle Quecksilber, Chrom, Nickel, Cadmium, Blei und Zink sowie das Halbmetall Arsen untersucht. Auf badischer Seite wurden außerdem Kupfer und Aluminium analysiert.

Metalle kommen überall auf der Erde als Bestandteile des Naturhaushalts vor. Durch industrielle Tätigkeiten gelangen die Stoffe jedoch in stark erhöhten Konzentrationen in die Umwelt. Sie können auf pflanzliche und tierische Organismen sowie auf den Menschen toxische Wirkungen haben. Hohe Konzentrationen im Trinkwasser können krebsfördernd sein oder Mutationen bewirken.

In der Beschreibung der einzelnen Stoffe wird die Gefährdungseinschätzung und der Richtwert für Trinkwasser der WHO aufgeführt. Dieser wird aus der tolerierbaren täglichen Dosis, die ein Mensch langfristig ohne gesundheitliche Beeinträchtigungen aufnehmen kann, berechnet. In der Berechnung ist ein Unsicherheitsfaktor berücksichtigt.

Metalle werden nicht biologisch abgebaut und reichern sich in Schwebstoffen und Sedimenten an. Ihre Löslichkeit ist abhängig vom pH-Wert und dem Sauerstoffgehalt. Bei niedrigen pH-Werten und Sauerstoffarmut werden Metalle aus dem Boden oder aus der Gesteinsmatrix mobilisiert und können ins Grundwasser gelangen.

In moorigen oder anmoorigen Bereichen kann daher der Metallgehalt natürlicherweise erhöht sein. Vorhandene Huminsäuren verstärken ihre Mobilität durch die Bildung von Komplexen. Auch tiefe, gut mineralisierte Grundwässer oder Thermalwässer, die von Kalk- und Tongesteinen des Keupers, Lias oder Doggers beeinflusst sind, weisen oft höhere Metallgehalte auf. Aus Steinkohleformationen oder Erzgängen können ebenfalls höhere Konzentrationen an Schwermetallen in Lösung gehen.

Anthropogene Einträge erfolgen durch Industrieanlagen und deren Abwässer. Auch ehemalige Munitionsfabriken und Deponien sind eine Quelle für Schwermetalle. Auch durch Abraumhalden aus neuzeitlichem oder mittelalterlichem Bergbau werden Metalle ins Grundwasser eingetragen. Durch den Bergbau im Schwarzwald und den Vogesen sind Metalle durch Auswaschung und Transport durch die Bäche in den Bachsedimenten sowie in den Schwemmfächern enthalten. Wie bei

et les alluvions des rivières. De même que pour le manganèse et le fer (chap. 3.2.17, 3.2.18), les tubages métalliques des points de mesure peuvent être à l'origine d'une contamination de l'échantillon par les métaux lourds.

Les éléments traces pré-cités ont été dosés par spectroscopie d'absorption atomique ou par technique de couplage à plasma induit (méthode ICP). La précision des mesures, donnée par l'écart-type obtenu lors des essais interlaboratoires réalisés côté badois, est de l'ordre de plus ou moins 5 à 20 % ; cette incertitude est un peu plus élevée pour l'aluminium.

En ce qui concerne les métaux, la proportion des résultats d'analyses positifs (supérieurs à la limite de quantification) et la proportion des dépassements de limite de qualité ont été exprimées en pourcentage des points d'observation. Pour l'interprétation des résultats d'analyses positifs, il faut tenir compte des différences entre les limites de quantification, qui peuvent être très importantes de part et d'autre du Rhin (cf. annexe A4). Les valeurs moyennes et médianes sont peu significatives du fait de l'importance de la forte proportion de résultats d'analyses négatifs (cf. annexe A3).

Eisen und Mangan (Kap. 3.2.17, 3.2.18) können auch die mit Metallrohren ausgebauten Meßstellen selbst eine Ursache für Schwermetallgehalte in der Wasserprobe sein.

Die Analytik der genannten Spurenstoffe erfolgt mit der AAS (Atom-Absorptionsspektroskopie) oder mit der ICP (inductive coupled plasma). Aus Ringversuchen in Baden-Württemberg ist bekannt, daß die Meßungenauigkeit, ausgedrückt als einfache prozentuale Standardabweichung, meist in der Größenordnung von 5-20 % liegt, für Aluminium etwas höher.

Für die einzelnen Metalle werden im folgenden die Anteile der positiven Befunde (größer Bestimmungsgrenze) und Grenzwertüberschreitungen in Prozent angegeben. Bei der Interpretation der Anzahl der positiven Befunde ist zu berücksichtigen, daß die Bestimmungsgrenzen auf beiden Seiten des Rheins zum Teil sehr unterschiedlich sind (s. Anhang A4). Die Angabe von Mittelwert und Median ist bei den Spurenstoffen weniger zweckmäßig, da die Anzahl der negativen Befunde sehr groß ist (s. Anhang A3).

3.6.1 Arsenic

Généralités

L'arsenic est présent sous forme de traces presque partout dans la nature. Il est un composant naturel des argiles ferrugineuses (schistes à posidonies), des marnes et grès ainsi que des eaux minérales ou des eaux provenant de champs pétrolifères. Il est présent en général sous forme de sulfures dans la croûte terrestre.

Jusqu'au début des années 1980, les composés de l'arsenic ont été utilisés comme produits phytosanitaires et comme produits de protection du bois. C'est pourquoi il peut encore être présent dans les zones viticoles à de fortes concentrations. Les rejets atmosphériques des industries métallurgiques, des centrales thermiques au charbon et de l'industrie du verre peuvent également contenir des composés arseniés et être à l'origine de dépôts secs ou humides dans les sols. L'arsenic est également entraîné dans la nappe par l'intermédiaire des eaux usées industrielles ou par lessivage des déblais miniers ou des décharges de gravats et de cendres.

L'OMS attribue à l'arsenic des effets cancérigènes et définit un seuil pour l'eau potable de 10 µg/l. La directive européenne ainsi que la réglementation française considèrent une limite de potabilité de 50 µg/l. Dans la réglementation allemande la limite est de 10 µg/l.

Résultats

La présence d'arsenic a été détectée sur 55,1 % des points de mesures, sur l'ensemble de la zone d'étude. Côté alsacien, 12,5 % des résultats d'analyses dépassent la limite de quantification, la limite de potabilité européenne de 50 µg/l n'est jamais dépassée. Côté badois, 82,3 % des points de mesure présentent des résultats positifs et la limite de potabilité est dépassée sur un point (0,3 %). La valeur guide de l'OMS de 10 µg/l est dépassée sur 4 points de mesure en Alsace et sur 11 points de mesure au Pays de Bade (fig 3.6.1, fig 3.6.2).

La grande différence observée pour le nombre de résultats d'analyses positifs, de part et d'autre du Rhin, s'explique en partie par la différence entre les valeurs des limites de quantification données par les différents laboratoires (cf. annexe A4). En Alsace, la limite de quantification la plus faible est de 1 µg/l, alors qu'elle est de 0,2 µg/l en Pays de

3.6.1 Arsen

Allgemeines

Arsen ist in Spuren fast überall in der Umwelt vorhanden. In eisenhaltigen Tonen (Posidonien-schiefer), Mergeln und Sandsteinen sowie in Mineral- oder Ölfeldwässern ist Arsen natürlicherweise enthalten. Es kommt in der Erdkruste meist sulfidisch gebunden vor.

Bis Anfang der 80er Jahre fand Arsentrioxid als Pflanzen- und Holzschutzmittel Verwendung. In Weinbaugebieten findet man manchmal noch erhöhte Arsengehalte im Boden gefunden werden. Arsenverbindungen gelangen bei der Verhüttung von Metallen, durch Kohlekraftwerke und die glasverarbeitende Industrie in die Atmosphäre und über trockene und nasse Depositionen in den Boden. In das Grundwasser gelangt Arsen außerdem über arsenhaltige industrielle Abwässer oder durch die Auslaugung von Abraumhalden aus dem Bergbau oder von Schutt- und Aschedeponien.

In der WHO-Richtlinie wird Arsen als krebserregend eingestuft und ein Richtwert für Trinkwasser von 10 µg/l festgesetzt. Die EU-Richtlinie sowie die französische Trinkwasserverordnung geben einen Grenzwert für Trinkwasser von 50 µg/l an. In der deutschen Trinkwasserverordnung beträgt der Grenzwert 10 µg/l.

Ergebnisse

Im gesamten Untersuchungsgebiet wurde an 55,1 % aller untersuchten Meßstellen Arsen nachgewiesen. Auf elsässischer Seite wurden an 12,5 % aller Meßstellen Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze gemessen, der EU-Grenzwert für Trinkwasser von 50 µg/l wird an keiner Meßstelle überschritten. In Baden liegen an 82,3 % aller Meßstellen positive Befunde vor, an einer Meßstelle (0,3 %) wird der Grenzwert überschritten. Der WHO-Richtwert von 10 µg/l wird im Elsaß an 4, in Baden an 11 Meßstellen überschritten (Abb. 3.6.1, Abb. 3.6.2).

Der große Unterschied der Anzahl der positiven Befunde beiderseits des Rheins ist zum Teil auf die unterschiedlichen von den Laboratorien angegebenen Bestimmungsgrenzen zurückzuführen (s. Anhang A4). Im Elsaß beträgt die niedrigste Bestimmungsgrenze 1 µg/l, in Baden 0,2 µg/l. Die recht hohe Anzahl der positiven Befunde ist auf

Bade. Le nombre élevé de résultats d'analyses positifs n'est pas visible sur la carte, car la première classe de qualité est bornée par la valeur la plus élevée des limites de quantification (5 µg/l).

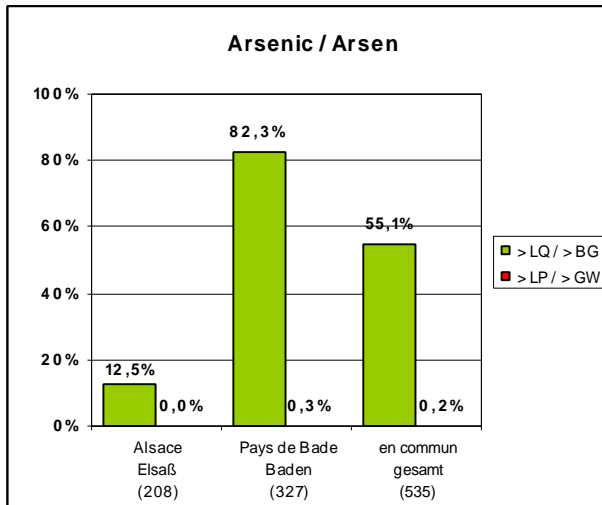


Fig. 3.6.1 : Pourcentage de résultats d'analyses pour l'arsenic au-dessus de la limite de quantification (LQ) et au-dessus de la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.1: Anteil der Arsenbefunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

L'arsenic est souvent présent à l'état de traces sur l'ensemble de la nappe mais les concentrations dépassent rarement 5 µg/l.

Avec seulement 5 résultats d'analyses supérieurs à 5 µg/l, la pollution de la nappe d'Alsace par l'arsenic reste marginale. Trois de ces points de contamination se trouvent au niveau du Pliocène de Haguenau ; la présence simultanée du nickel montre que son origine y est probablement naturelle. La présence d'arsenic à de fortes concentrations au niveau de la Fecht, résultant de l'exploitation ancienne de gisements d'antimoine dans le secteur de Walbach, est également connue. Le point de mesure sur la Scheer, mettant en évidence une contamination par l'arsenic, se trouve dans une zone hydromorphe réductrice où l'arsenic, présent dans le sol, peut être retrouvé à l'état dissous.

En Pays de Bade, des concentrations élevées en arsenic sont plus souvent observées, principalement dans la zone de Müllheim, entre Offenburg et Kehl et dans la zone de Rastatt. La valeur limite de 50 µg/l est dépassée au sud de Lörrach, à proximité d'une usine chimique.

der Karte nicht ersichtlich, da die unterste Klassengrenze durch die höchste vorkommende Bestimmungsgrenze von 5 µg/l festgelegt ist.

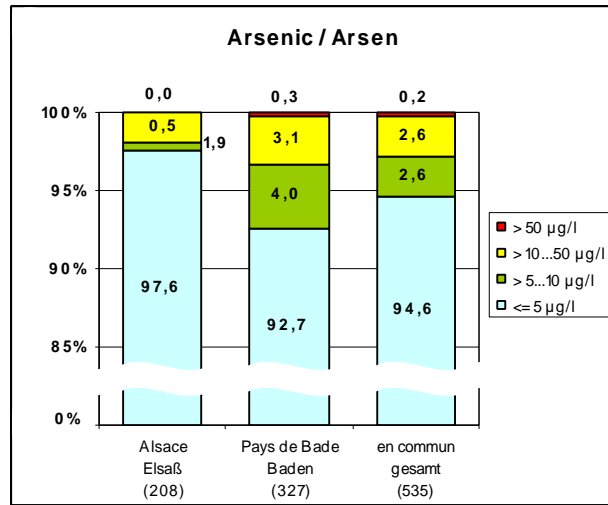


Fig. 3.6.2 : Répartition des concentrations en arsenic (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.2: Verteilung von Arsen (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Arsenic est souvent présent à l'état de traces sur l'ensemble de la nappe mais les concentrations dépassent rarement 5 µg/l.

Mit nur 5 Meßwerten über 5 µg/l ist die Belastung des elsässischen Grundwassers durch Arsen nicht sehr hoch. Drei dieser belasteten Meßstellen befinden sich im Bereich des Pliozäns von Haguenau. Die gleichzeitige Anwesenheit von Nickel zeigt, daß Arsen hier vermutlich natürlichen Ursprungs ist. Die hohen Arsenkonzentrationen an der Fecht werden auf den Abbau von Antimonlagerstätten zurückgeführt und sind ebenfalls bekannt. Die Meßstelle an der Scheer, wo eine Belastung durch Arsen nachgewiesen wurde, befindet sich in einem hydromorphen Bereich mit reduzierendem Milieu. Im Boden vorhandenes Arsen wird hier gelöst.

In Baden treten erhöhte Arsenkonzentrationen häufiger auf, vor allem im Raum Müllheim, zwischen Offenburg und Kehl und im Raum Rastatt. Der Grenzwert von 50 µg/l wird südlich von Lörrach im Bereich einer chemischen Industrieanlage überschritten.

Un point de mesure avec de fortes concentrations en arsenic est situé à l'aval des terrils de Buggingen. La concentration en chlorures à cet endroit, de même que sur les deux points de mesure situés plus au nord, est également très élevée ; les résidus de l'exploitation de la potasse stockés sur ce site, qui sont à l'origine de cette contamination, contiennent probablement des traces d'arsenic.

Entre Kehl et Offenburg, la concentration en oxygène dissous dans l'eau souterraine est très faible, ce qui favorise la dissolution de l'arsenic, provenant probablement de matériaux organiques (tourbe, débris végétaux) présents dans le sous-sol ou de la matrice rocheuse. Dans cette zone, l'arsenic peut également provenir de remontées d'eau profonde vers les zones superficielles de l'aquifère. Le point de contamination près d'Offenburg est situé sur un terrain militaire et montre aussi des concentrations élevées en manganèse, en bore et en métaux lourds. Un autre point de contamination se trouve au sud-est de Kehl, sur le site d'une usine chimique. Près de Rastatt, on observe des concentrations élevées en arsenic à proximité d'anciennes usines métallurgiques.

Eine Meßstelle mit erhöhten Arsenkonzentrationen befindet sich im Abstrom der Abraumhalde Buggingen. Hier und an den beiden nördlich gelegenen Meßstellen ist auch der Chloridgehalt stark erhöht, verursacht durch die hier abgelagerten Rückstände aus dem Kaliabbau, die womöglich auch Arsen in Spuren enthalten.

Zwischen Kehl und Offenburg ist der Sauerstoffgehalt im Grundwasser sehr niedrig, was die Lösung von Arsen aus organischem Material im Untergrund (Torf, Holzstücke) oder aus der Gesteinsmatrix begünstigt. Außerdem könnte Arsen in diesem Bereich über aufsteigende Tiefenwässer in oberflächennahe Bereiche des Aquifers gelangen. Eine Meßstelle bei Offenburg befindet sich auf einem Militärgelände, hier wurden auch erhöhte Mangan-, Bor- und andere Schwermetallgehalte nachgewiesen. Eine andere Meßstelle südöstlich Kehl liegt auf dem Gelände eines Chemiebetriebes. Bei Rastatt werden erhöhte Werte im Bereich ehemaliger Metallhütten nachgewiesen.

3.6.2 Mercure

Généralités

Le mercure est un métal lourd que l'on trouve dans la croûte terrestre, essentiellement sous forme de sulfure (cinabre) et très rarement, à l'état natif, sous forme de gouttelettes. Il est plus fréquent dans les zones volcaniques.

Du fait de sa grande volatilité le mercure peut être largement répandu dans la nature sous forme de traces. Il se concentre souvent sur les particules en suspension dans l'eau ou la matière organique ; on le retrouve, de ce fait, dans les sédiments des rivières.

La présence de mercure dans l'eau souterraine est essentiellement d'origine anthropique. Le mercure est rejeté dans l'atmosphère lors de la combustion du charbon, du gaz, du pétrole ou des déchets et est transporté vers le sol et la nappe par l'intermédiaire des pluies. Le mercure peut être directement introduit dans les sols lors de l'utilisation de pesticides contenant du mercure (interdits depuis 1981 en France comme en Allemagne), par des poteaux en bois traités et lors de l'épandage des boues de stations d'épuration en partie d'origine industrielle. Par ailleurs, les eaux usées industrielles et les eaux d'infiltration des décharges peuvent contenir du mercure.

Le mercure, et en particulier ses composés organiques, sont très toxiques. L'OMS définit une valeur seuil de 1 µg/l, qui est donnée comme limite de qualité pour l'eau potable dans la directive européenne.

Résultats

10,1 % des résultats d'analyses sont positifs en Alsace. En Pays de Bade, toutes les valeurs relatives aux 24 points de mesure analysés, sont inférieures à la limite de quantification. La limite de potabilité de 1 µg/l n'est dépassée sur aucun point.

En raison du faible nombre de résultats positifs, la répartition statistique n'est pas représentée graphiquement. En Alsace, seuls 3 points de mesure sur 208 mettent en évidence des concentrations supérieures à la limite de quantification la plus élevée (0,2 µg/l), la valeur maximale étant de 0,55 µg/l.

La légère contamination au mercure relevée en Alsace se situe à l'aval de Thann, résultant d'une pollution historique dans ce secteur.

3.6.2 Quecksilber

Allgemeines

Das Schwermetall Quecksilber tritt in der Erdkruste meist in sulfidischer Bindung (Zinnober) oder elementar in Form von Tröpfchen im Gestein nur selten auf. In Vulkangebieten ist es häufiger anzutreffen.

Aufgrund seiner hohen Flüchtigkeit kann Quecksilber in Spuren in der Natur weit verbreitet sein. Es reichert sich oft an Schwebstoffen oder organischem Material an und ist daher auch in Sedimenten der Fließgewässer zu finden.

Der Eintrag ins Grundwasser erfolgt vor allem anthropogen. Durch die Verbrennung von Kohle, Erdgas, Öl oder Müll gelangt Quecksilber in die Atmosphäre und wird über den Niederschlag in den Boden und ins Grundwasser transportiert. Durch quecksilberhaltige Schädlingsbekämpfungsmittel (seit 1981 in Deutschland und Frankreich verboten), durch Imprägnierung von Holzpfählen oder das Ausbringen von Klärschlamm, zum Teil industrieller Herkunft, kann Quecksilber direkt in den Boden eingetragen werden. Außerdem können industrielle Abwässer und Sickerwässer aus Depo-nien Quecksilber enthalten.

Quecksilber ist sehr toxisch, insbesondere seine organischen Verbindungen. Von der WHO wird ein Richtwert von 1 µg/l angegeben, der in der EU-Richtlinie als Grenzwert für Trinkwasser übernommen wurde.

Ergebnisse

Im Elsaß liegen an 10,1 % der Meßstellen positive Befunde vor. Der Grenzwert für Trinkwasser von 1 µg/l wird an keiner Meßstelle überschritten. In Baden wurde nur an 24 Meßstellen Quecksilber analysiert, alle Werte liegen unter der Bestimmungsgrenze.

Aufgrund der kleinen Anzahl von positiven Befunden wird die Verteilung von Quecksilber nicht graphisch dargestellt. Im Elsaß liegen von insgesamt 208 Meßstellen drei Werte über der größten vorkommenden Bestimmungsgrenze von 0,2 µg/l, das Maximum beträgt 0,55 µg/l.

Die erhöhten Quecksilberkonzentrationen im Elsaß befinden sich unterhalb von Thann und sind auf eine Altlast in diesem Bereich zurückzuführen.

3.6.3 Chrome

Généralités

Le chrome est présent naturellement dans les roches magmatiques et dans les sédiments calcaires et argileux. Dans les eaux souterraines, il peut provenir essentiellement des filons métallifères.

Le chrome est essentiellement utilisé en métallurgie comme revêtement protecteur (chromage) ou comme composant d'alliages (acier inoxydable). Il est également utilisé dans les pigments, les produits de tannage et les produits de traitement du bois. Il peut être rejeté dans la nature avec les eaux usées des industries utilisant du chrome, la poussière chromée ou à partir des décharges. Le chrome est assez largement répandu sous forme de traces.

En matière de toxicité, il convient de distinguer le chrome hexavalent (chrome VI), considéré comme cancérogène, et le chrome trivalent (chrome III), non pris en compte dans la classification des composés à risque. Pour le chrome total, l'OMS définit un seuil de 50 µg/l, qui est donné comme limite de qualité pour l'eau potable par la directive européenne.

Résultats

Sur l'ensemble de la zone d'étude, le chrome a été détecté sur 37,1 % des points de mesure. La limite de potabilité est dépassée sur 1 point de mesure en Alsace et 13,5 % des résultats d'analyses sont positifs ; en Pays de Bade, 2 valeurs sur 52,0 % de résultats d'analyses positifs dépassent la limite de potabilité (fig. 3.6.3, fig. 3.6.4).

La plupart des résultats positifs dans la vallée du Rhin supérieur se situent dans la classe des teneurs les plus faibles. Très peu de concentrations dépassent la limite de quantification la plus élevée de 5 µg/l.

En Alsace, les pollutions par le chrome sont rares et probablement liées au traitement de surface des métaux au niveau de la Zorn à Dettwiller, ou à des activités de récupération des métaux, à Biblisheim sur la Sauer.

3.6.3 Chrom

Allgemeines

Chrom ist natürlicherweise in Magmatiten, Kalk- und Tonablagerungen vorhanden. Vor allem aus Erzgängen kann Chrom ins Grundwasser eingetragen werden.

Es wird hauptsächlich in der Metallindustrie als Schutzüberzug auf anderen Metallen (Verchromen) oder als Legierungsbestandteil (Edelstahl) verwendet. Daneben ist Chrom in Farbpigmenten, Gerbstoffen und Holzimprägniermitteln enthalten. Es kann über industrielle Abwässer der chromverarbeitenden Industrien, über chromhaltige Stäube oder aus Deponien in die Umwelt gelangen. In Spuren ist Chrom relativ weit verbreitet.

Bezüglich der Toxizität von Chrom muß zwischen sechswertigem Chrom (Chrom VI) und dreiwertigem Chrom (Chrom III) unterschieden werden, wobei sechswertiges Chrom als krebserregend eingestuft wird. Für Gesamtchrom gibt die WHO einen Richtwert von 50 µg/l an, der dem EU-Grenzwert für Trinkwasser entspricht.

Ergebnisse

Im gesamten Untersuchungsgebiet wurde Chrom an 37,1 % aller Meßstellen nachgewiesen. Der Grenzwert für Trinkwasser wird im Elsaß an einer Meßstelle überschritten, 13,5 % der Werte sind Positivbefunde, in Baden wird er an 2 Meßstellen bei 52,0 % Positivbefunden überschritten (Abb. 3.6.3, Abb. 3.6.4).

Die meisten positiven Befunde im Oberrheingraben liegen im untersten Konzentrationsbereich, Werte über der höchsten vorkommenden Bestimmungsgrenze von 5 µg/l kommen nur selten vor.

Im Elsaß sind Belastungen mit Chrom selten und wahrscheinlich auf die Behandlung von Metalloberflächen im Bereich der Zorn bei Dettwiller oder auf die Metallrückgewinnung bei Biblisheim an der Sauer zurückzuführen.

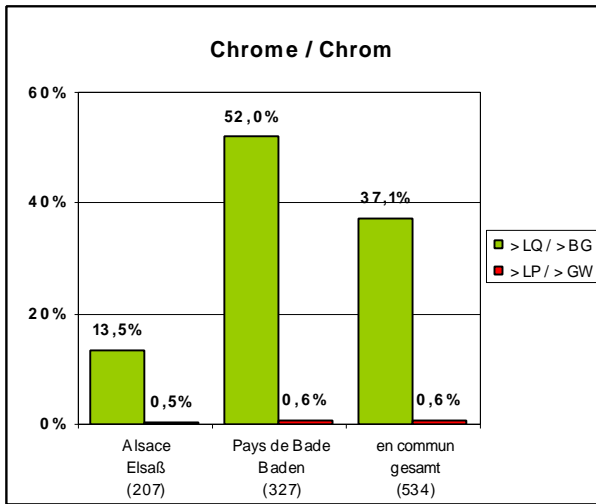


Fig. 3.6.3 : Pourcentage des résultats d'analyses pour le chrome au-dessus de la limite de quantification (LQ) et au-dessus de la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.3: Anteil der Chrombefunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

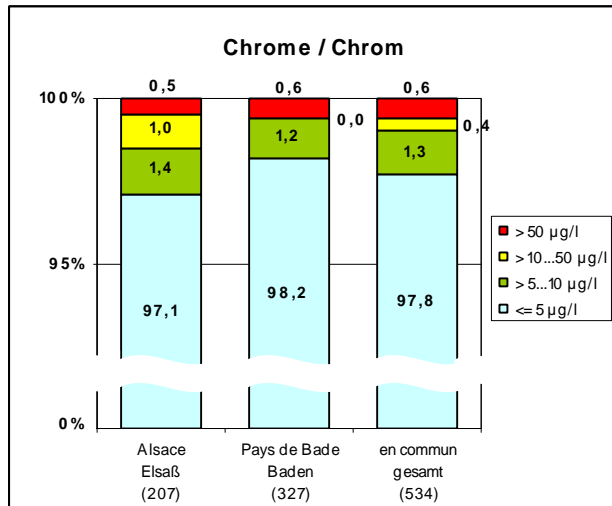


Fig. 3.6.4 : Répartition des concentrations en chrome (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.4: Verteilung von Chrom (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En Pays de Bade, sur un point de mesure à Lahr, le dépassement de la limite de qualité est très important puisque la valeur mesurée est de 130 µg/l. D'autres métaux lourds comme le plomb, le zinc ainsi que l'ammonium et le bore ont été trouvés avec des concentrations importantes sur ce même point. L'origine de ces valeurs élevées est pour l'instant inconnue. Près de Kehl, la limite est dépassée sur un point de mesure situé au niveau du port, à proximité de citernes de stockage et de plusieurs décharges.

On trouve 4 points de mesure pour lesquels les concentrations se situent entre 5 et 10 µg/l. Ces concentrations élevées ont probablement une origine anthropique. Au sud de la zone d'étude, près de Lörrach, un point de contamination, se situe à proximité immédiate d'un collecteur principal d'eaux usées, un autre se trouve à l'aval d'une décharge abandonnée. Près de Lahr, les points de contamination se trouvent près d'une usine chimique et en bordure d'une base aérienne.

In Baden wird der Grenzwert an einer Meßstelle in Lahr um fast das Dreifache überschritten, der Meßwert beträgt 130 µg/l. Auch andere Schwermetalle, vor allem Zink und Blei, wie auch Ammonium und Bor wurden dort ebenfalls in stark erhöhten Konzentrationen nachgewiesen. Die Ursache der hohen Werte wird derzeit noch überprüft. Bei Kehl wird der Grenzwert an einer Meßstelle im Hafen überschritten. In der Nähe befinden sich Tanklager und mehrere Deponien.

An vier Meßstellen liegen Konzentrationen zwischen 5 und 10 µg/l vor, die wahrscheinlich auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen sind. Im Süden des Untersuchungsgebiets bei Lörrach liegt eine Meßstelle direkt neben einem Hauptabwassersammler, eine andere Meßstelle im Abstrom einer stillgelegten Deponie. Bei Lahr befinden sich die Meßstellen unweit eines Chemiebetriebes und am Rande eines Flugplatzes.

3.6.4 Nickel

Généralités

Le nickel est présent sous forme de traces dans la croûte terrestre, dans les roches magmatiques ferro-magnésiques comme les basaltes ou les gabbros et les minerais sulfurés. Il apparaît en plus forte concentration dans des roches du Jurassique (schistes à posidonies). Peu soluble, le nickel libéré des roches par érosion n'est présent dans l'eau qu'à très faible concentration. La solubilité est plus importante dans des conditions réductrices et de pH faible, et en présence de composés organiques.

Le nickel entre dans la composition des alliages. Les apports anthropiques peuvent provenir des rejets de la métallurgie, de l'industrie électrotechnique, des centrales thermiques et des incinérateurs d'ordures. Le charbon, le pétrole et l'essence contiennent du nickel qui est libéré dans l'atmosphère lors de leur combustion et qui est entraîné par les pluies dans les sols et les eaux souterraines. La présence de nickel dans la nappe a également pour origine les fuites dans les réseaux d'assainissement ou le matériau d'équipement du point de mesure.

L'OMS définit une valeur guide de 20 µg/l ; en Europe, la directive fixe une limite de 50 µg/l. La nouvelle directive européenne de 1998 fixe une valeur paramétrique de 20 µg/l, mais elle n'a pas pu être prise en compte dans cette étude.

Résultats

Sur l'ensemble de la zone étudiée, le nickel a été mis en évidence sur 48,9 % des points de mesure. En Alsace, 17,4 % des points de mesure ont révélé des résultats d'analyses positifs (dont 11,1 % au dessus de la valeur de 5 µg/l, limite de quantification la plus élevée), la limite de potabilité de 50 µg/l est dépassée sur 4 points de mesure (1,9 %). Sur la rive droite du Rhin 68,9 % des points de mesure ont mis en évidence des résultats d'analyses positifs (dont 2,1 % au dessus de 5 µg/l), la limite de potabilité est dépassée sur un point (0,3%). La valeur guide de l'OMS de 20 µg/l est dépassée par 4,8 % des points en Alsace, et par un point en Pays de Bade (fig. 3.6.5, fig. 3.6.6).

La grande différence observée pour le nombre de résultats d'analyses positifs de part et d'autre du Rhin est liée aux différentes valeurs de limite de quantification données, pour cet élément, par les

3.6.4 Nickel

Allgemeines

Nickel ist in der Erdkruste in Spuren enthalten, überwiegend in silikatarmen magmatische Gesteinen wie Basalt oder Gabbro und in sulfidischen Erzen. In höheren Konzentrationen kommt es in Gesteinen des Jura (Posidonieschiefer) vor. Durch Verwitterung wird Nickel aus den Gesteinen freigesetzt, es ist jedoch schwer löslich und somit nur in Spuren im Wasser enthalten. Die Löslichkeit erhöht sich bei niedrigem pH-Wert, bei Vorhandensein organischer Verbindungen und unter reduzierenden Verhältnissen.

Nickel ist in vielen Legierungen enthalten. Ein anthropogener Eintrag kann durch die metallverarbeitende Industrie, die Elektroindustrie, durch Großfeuerungs- oder Müllverbrennungsanlagen erfolgen. Nickel ist außerdem in Kohle, Erdöl und Benzin enthalten und wird durch Verbrennung in die Atmosphäre und über Niederschläge in den Boden und ins Grundwasser eingetragen. Außerdem kann Nickel durch defekte Abwasserkanäle oder durch das Ausbaumaterial der Meßstellen ins Grundwasser gelangen.

Für Nickel wird von der WHO ein Richtwert von 20 µg/l festgesetzt, in der EU-Richtlinie gilt ein Grenzwert von 50 µg/l. In der neuen EU-Richtlinie von 1998, die im Rahmen dieser Auswertung nicht berücksichtigt werden konnte, wird ein Parameterwert von 20 µg/l festgesetzt.

Ergebnisse

Im gesamten Untersuchungsgebiet wurde an 48,9 % aller Meßstellen Nickel nachgewiesen. Auf elsässischer Seite liegen an 17,4 % der Meßstellen positive Befunde vor (davon liegen 11,1 % über der größten vorkommenden Bestimmungsgrenze von 5 µg/l) an 4 Meßstellen (1,9 %) wird der Grenzwert für Trinkwasser von 50 µg/l überschritten. Rechtsrheinisch liegen an 68,9 % aller Meßstellen positive Befunde vor (davon liegen 2,1 % über 5 µg/l), an einer Meßstelle (0,3 %) wird der Grenzwert überschritten. Der WHO-Richtwert von 20 µg/l wird im Elsaß an 4,8 % der Meßstellen überschritten, in Baden an einer Meßstelle (Abb. 3.6.5, Abb. 3.6.6).

Der große Unterschied der Anzahl der Befunde beiderseits des Rheins ist wiederum auf unterschiedliche Bestimmungsgrenzen, die von den verschiedenen Laboratorien angegeben wurden, zu-

différents laboratoires (Annexe 4).

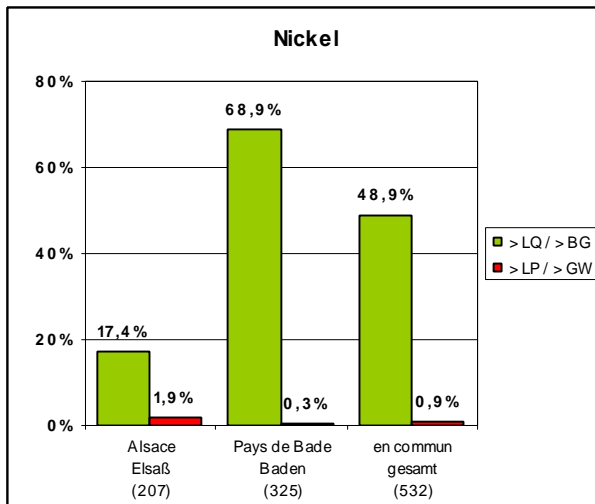


Fig. 3.6.5 : Pourcentage des résultats d'analyses pour le nickel au-dessus de la limite de quantification (LQ) et au-dessus de la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.5: Anteil der Nickelbefunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En Alsace, les concentrations les plus importantes en nickel sont mises en évidence sur les points de mesure contaminés par le chrome, sur la Zorn et la Sauer, à Haguenau (à l'aval d'une usine métallurgique), à Huningue (à l'aval de la zone industrielle), à l'aval de Mulhouse et à Wittelsheim (à l'aval des zones industrielles de Thann et Cernay).

En Pays de Bade, le dépassement de seuil est observé à Lahr sur le point de mesure également contaminé à de fortes concentrations par le chrome. Le point de contamination, situé à Kehl, dans le port, est à proximité immédiate d'une décharge de déchets industriels spéciaux.

Trois des six points de mesure où les mesures sont supérieures à 5 µg/l sont équipés avec un tubage métallique (au nord du Kaiserstuhl et au nord de Lahr). Les concentrations en nickel peuvent provenir de la corrosion des matériaux d'équipement des piézomètres.

rückzuführen, (s. Anhang 4).

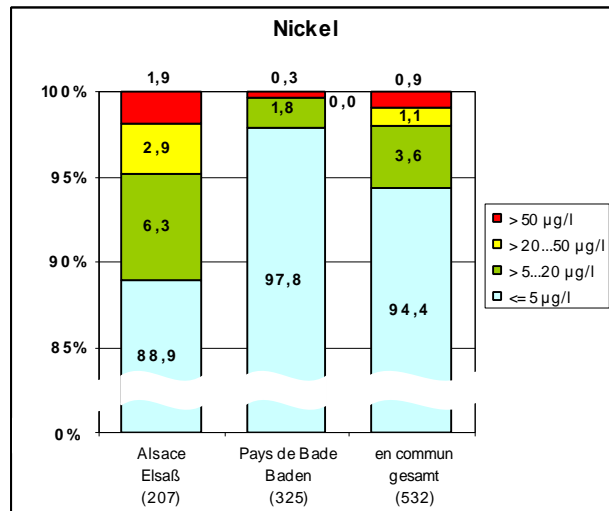


Fig. 3.6.6 : Répartition des concentrations en nickel (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.6: Verteilung von Nickel (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Im Elsaß wurden die höchsten Nickelkonzentrationen an den Meßstellen gefunden, an denen auch Chrom nachgewiesen wurde, an der Zorn und der Sauer, bei Haguenau (im Abstrom eines metallverarbeitenden Betriebs), bei Hünningen (im Abstrom eines Industriegebiets), unterhalb von Mulhouse und bei Wittelsheim (bei den Industriegebiete von Thann und Cernay).

In Baden wird der Grenzwert bei Lahr an derselben Meßstelle überschritten, an der auch Chrom in hohen Konzentrationen gefunden wurde, außerdem im Kehler Hafen in unmittelbarer Nähe einer Deponie für industriellen Sondermüll.

Drei der sechs Meßstellen, an denen Werte über 5 µg/l gemessen wurden, sind mit Metallrohren ausgebaut (nördlich des Kaiserstuhls und nördlich Lahr). Die Nickelgehalte könnten hier durch korrodiertes Ausbaumaterial hervorgerufen werden.

3.6.5 Cadmium

Généralités

Le cadmium est un métal lourd peu répandu dans la croûte terrestre. Il est présent dans les roches sédimentaires comme les calcaires et les marnes à posidonies du Jurassique.

Le cadmium est un sous-produit de l'extraction du zinc, et se trouve ainsi dans les déblais miniers. Les sédiments de nombreux ruisseaux du sud de la Forêt Noire sont contaminés par d'anciennes exploitations minières.

Les apports anthropiques proviennent également des rejets industriels : industries automobiles (garnitures de freins), industries métallurgiques, usines de matières plastiques ; le cadmium est un composant des piles électriques et est rejeté dans l'atmosphère lors de la combustion des carburants fossiles et des ordures. Dans les agglomérations, la contamination par le cadmium est en général plus élevée. Le cadmium est entraîné dans l'eau souterraine par les eaux usées ou les retombées atmosphériques, combinées au lessivage des sols. L'épandage d'engrais phosphorés ou de boues de stations d'épuration contribue également à la contamination des sols par le cadmium. La corrosion des équipements des points de mesure peut également être à l'origine de concentrations élevées.

La directive OMS définit le cadmium comme «probablement cancérigène» et délimite un seuil de 3 µg/l. La communauté européenne définit une limite de potabilité de 5 µg/l.

Résultats

Sur l'ensemble de la vallée du Rhin supérieur, 6,2 % des points de mesure présentent des résultats d'analyses positifs. En Alsace, 5,8 % des points de mesure indiquent des analyses positives et 7,3 % côté badois. La limite de potabilité de 5 µg/l ainsi que le seuil OMS de 3 µg/l sont dépassées sur un point de mesure en Alsace et un point de mesure en Pays de Bade (fig. 3.6.7, fig. 3.6.8).

En Alsace, les traces de contamination par le cadmium sont très localisées, à l'aval de la Thur, le long du Landgraben à Weyersheim, à l'aval de Haguenau ; elles sont probablement d'origine industrielle. On observe toujours un point contaminé le long de la Sauer, ainsi que sur un ancien site militaire à Niederhausbergen. La plus forte concentration est observée à Bernolsheim.

3.6.5 Cadmium

Allgemeines

Das Schwermetall Cadmium kommt in der Erdkruste selten vor. In Sedimentgesteinen ist es in Kalksteinen und Posidonien-schiefer des Jura enthalten.

Cadmium ist ein Nebenprodukt bei der Zinkgewinnung und daher Bestandteil des Abraums aus dem Bergbau. Manche Bachsedimente sind durch den früheren Bergbau im Südschwarzwald mit Cadmium belastet.

Anthropogene Einträge erfolgen außerdem durch die Auto- (Bremsbeläge), Metall-, und Kunststoffindustrie, Cadmium ist in Batterien enthalten und wird durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen und Müll in die Atmosphäre eingetragen. In Ballungsräumen ist die Belastung der Umwelt mit Cadmium in der Regel höher. Durch Abwässer oder atmosphärische Depositionen in Verbindung mit einer Auswaschung aus dem Boden kann Cadmium ins Grundwasser gelangen. Als Bestandteil von Phosphordüngern und Klärschlämmen wird es in den Boden einbracht. Korrodierte Rohre können ebenfalls die Ursache von erhöhten Gehalten in einer Meßstelle sein.

Cadmium wird in der WHO-Richtlinie als "wahrscheinlich krebserregend" eingestuft. Es gilt ein Richtwert von 3 µg/l. Die EU-Richtlinie legt einen Grenzwert für Trinkwasser von 5 µg/l fest.

Ergebnisse

Im gesamten Oberrheingraben liegen an 6,2 % aller Meßstellen positive Befunde vor. Auf elsässischer Seite wurde an 5,8 % aller Meßstellen Cadmium nachgewiesen, in Baden an 7,3 %. Der Trinkwassergrenzwert von 5 µg/l sowie der WHO-Richtwert von 3 µg/l wird im Elsaß und Baden jeweils an einer Meßstelle überschritten (Abb. 3.6.7, Abb. 3.6.8).

Im Elsaß sind Spuren von Cadmium nur punktuell zu finden, am Unterlauf der Thur, entlang des Landgrabens bei Weyersheim und bei Haguenau. Wahrscheinlich ist die Belastung industriellen Ursprungs. Eine weitere belastete Meßstelle befindet sich an der Sauer, eine andere auf einem ehemaligen Militärgelände bei Niederhausbergen. Die höchste Cadmiumkonzentration wird bei Bernols-

heim beobachtet.

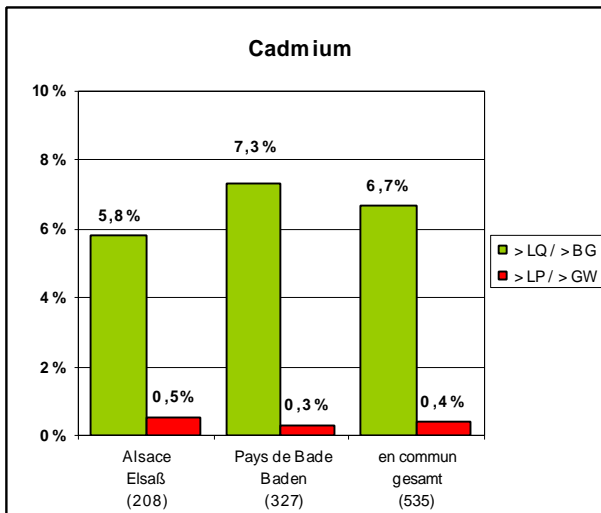


Fig. 3.6.7 : Pourcentage des résultats d'analyses pour le cadmium au-dessus de la limite de quantification (LQ) et au-dessus de la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.7: Anteil der Cadmiumbefunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En Pays de Bade, 6 des 7 points de mesure contaminés, avec des concentrations supérieures à la limite de quantification la plus élevée de 0,5 µg/l, sont situés dans les zones industrielles ou les agglomérations.

Le point de contamination situé près de Lahr est caractérisé par des valeurs élevées pour presque tous les métaux lourds. La valeur maximale de 311 µg/l pour le cadmium y est observée.

Au sud-est du Kaiserstuhl, le cadmium a été détecté, simultanément avec d'autres métaux lourds, sur 5 points de mesure. Il est probable qu'un apport local ait eu lieu au niveau de cette zone d'activités industrielles diverses (métallurgie avec galvanisation, fabrication de matières plastiques, centrale à béton), ou via des réseaux d'assainissement défectueux. La présence d'organo-halogénés volatils (OHV) confirme l'influence anthropique. Sur 3 de ces points de mesure, le matériel d'équipement du puits (fonte, acier) peut également contribuer à l'apport de métaux lourds, d'autant plus que des conditions réductrices prédominent dans cette zone. Les fortes concentrations observées près de Baden-Baden peuvent s'expliquer par la présence d'installations militaires.

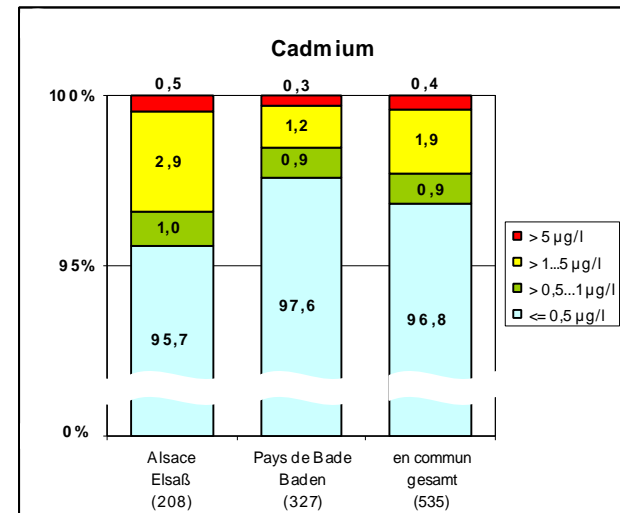


Fig. 3.6.8 : Répartition des concentrations en cadmium (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.8: Verteilung von Cadmium (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

In Baden liegen 6 der 7 Werte, welche die höchste vorkommende Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/l überschreiten, in Industrie- und Siedlungsgebieten.

Bei Lahr fällt wiederum die Meßstelle mit erhöhten Werten fast aller Schwermetalle auf. Das Maximum für Cadmium liegt dort bei 311 µg/l

Südöstlich des Kaiserstuhls wurde an 5 Meßstellen Cadmium neben anderen Schwermetallen nachgewiesen. Hier erfolgt womöglich ein lokaler Eintrag auf dem Gelände verschiedener Industriebetriebe (Metallverarbeitung mit Galvanik, Kunststoffherstellung, Betonwerk) oder durch defekte Abwasserkanäle. Zum Teil weisen auch Befunde an Leichtflüchtigen Halogen-Kohlenwasserstoffen (LHKW) auf den anthropogenen Einfluß hin. Bei drei dieser Meßstellen kann auch das Ausbaumaterial (Gußeisen, Stahl) zum Eintrag von Schwermetallen führen, zumal in diesem Bereich reduzierende Verhältnisse vorherrschen. Bei Baden-Baden könnten militärische Anlagen die erhöhten Werte verursachen.

3.6.6 Plomb

Généralités

Le plomb est un élément trace très répandu dans la nature, puisqu'il a trouvé depuis longtemps de nombreuses applications industrielles. Il est présent dans les minerais principalement sous forme de galène, mais on le trouve également sous forme de traces dans les calcaires jurassiques, dans les marnes à posidonies et le Keuper. On le retrouve dans les eaux d'infiltrations des déblais miniers. Les sédiments des affluents du Rhin, provenant de la Forêt Noire, ont de fortes concentrations en plomb résultant de l'activité d'anciennes exploitations d'argent (LfU, 1996).

Les principales sources d'émission de plomb dans la nature sont les industries du plomb, les usines d'incinération et surtout le trafic routier, qui est toujours la source principale (Seyfahrt, Soiné, 1997). Par le passé, le plomb a également été utilisé dans la fabrication des produits phytosanitaires. La présence de plomb dans l'eau distribuée pour la consommation humaine peut provenir de tuyauteries anciennes contenant du plomb (côté badois). Il peut être présent dans les eaux usées industrielles et domestiques.

Dans la directive européenne du 15 juillet 1980 ainsi que dans la réglementation française la limite de potabilité est fixée à 50 µg/l alors que dans la réglementation allemande la limite de potabilité est de 40 µg/l. La nouvelle directive européenne du 3 novembre 1998 fixe une limite de potabilité de 10 µg/l à respecter dans un délai de 15 ans.

L'OMS qualifie le plomb de « probablement cancérogène » et définit un seuil de 10 µg/l.

Résultats

Sur la zone d'étude, le plomb a été détecté sur 27,7 % des points de mesure. En Alsace, 34,1 % des points de mesure révèlent des résultats positifs (dont 12,5 % sont supérieurs à 5 µg/l) et sur un point de mesure, la limite européenne de potabilité de 50 µg/l est dépassée. Côté badois, 23,5 % des résultats d'analyses sont positifs (dont 2,1 % au dessus de 5 µg/l), et la limite européenne de potabilité est dépassée sur un point de mesure (0,3 %). En Alsace, 2,9 % des points de mesure et 0,9 % en Pays de Bade dépassent le seuil de l'OMS de 10 µg/l (fig. 3.6.9, fig. 3.6.10).

3.6.6 Blei

Allgemeines

Blei ist ein allgegenwärtiges Spurenelement in der Umwelt, da es schon lange Zeit industrielle Verwendung findet. In Erzen liegt es meist als Bleiglantz vor, außerdem kommt es in Spuren in Kalkgesteinen des Jura, Posidonieschiefer und im Keuper vor. Durch frühere Bergbautätigkeiten gelangt es über den Abraum in die Gewässer. Bachsedimente der Rheinzuflüsse aus dem Schwarzwald weisen erhöhte Bleigehalte auf, die auf ehemaligen Silberbergbau zurückzuführen sind (LfU, 1996).

Blei-Emittenten sind bleiverarbeitende Betriebe, Verbrennungsanlagen und der KfZ-Verkehr, durch den zur Zeit noch am meisten Blei in die Umwelt gelangt (Seyfahrt, Soiné, 1997). Früher war Blei auch in Pflanzenschutzmitteln enthalten. Die Anwesenheit von Blei im Trinkwasser beim Verbraucher kann durch Bleiinstallationen (auf badischer Seite) in Altbauten bedingt sein. Es ist in häuslichen und industriellen Abwässern zu finden.

In der EU-Richtlinie vom 15. Juli 1980 sowie in der französischen Gesetzgebung beträgt der Grenzwert für Trinkwasser 50 µg/l, in der deutschen Trinkwasserverordnung gilt ein Grenzwert von 40 µg/l. Die neue EU-Richtlinie vom 3. November 1998 legt einen Grenzwert für Trinkwasser von 10 µg/l fest, der innerhalb eines Zeitraums von 15 Jahren eingehalten werden muß.

Die WHO stuft Blei als "möglicherweise krebserregend" ein und legt einen Richtwert von 10 µg/l fest.

Ergebnisse

Im Projektgebiet wurde Blei an 27,7 % aller Meßstellen nachgewiesen. Im Elsaß liegen an 34,1 % der Meßstellen positive Befunde vor (davon liegen 12,5 % über 5 µg/l), an einer Meßstelle (0,5 %) wird der EU-Grenzwert für Trinkwasser von 50 µg/l überschritten. Auf badischer Seite liegen an 23,5 % der Meßstellen Bleibefunde vor (davon liegen 2,1 % über 5 µg/l), der EU-Grenzwert wird ebenfalls an einer Meßstelle (0,3 %) überschritten. Über dem WHO-Richtwert von 10 µg/l liegen 2,9 % der Meßstellen im Elsaß und 0,9 % in Baden (Abb. 3.6.9, Abb. 3.6.10).

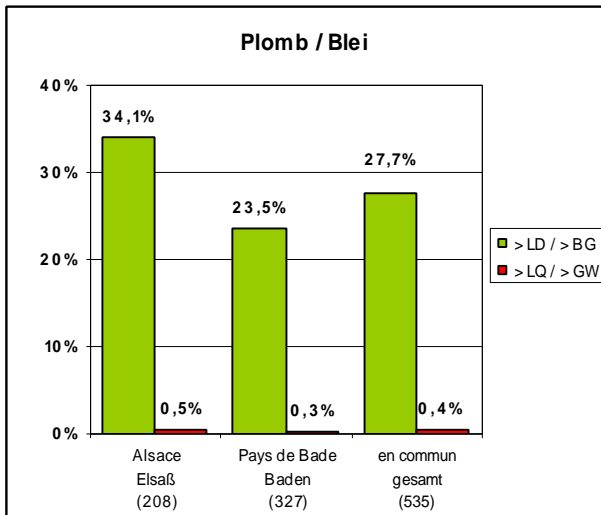


Fig. 3.6.9 : Pourcentage des résultats d'analyses pour le plomb au-dessus de la limite de quantification (LQ) et au-dessus de la limite de potabilité (LP) (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.9: Anteil der Bleibefunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Grenzwert (GW) (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Les résultats d'analyses positifs pour le plomb sont fréquents et répartis sur l'ensemble de la zone d'étude.

En Alsace, la concentration la plus élevée a été observée sur un point de mesure situé près de la Sauer à l'aval de Biblisheim mais on trouve également du plomb à des concentrations importantes à l'aval des zones industrielles de la Thur et à hauteur de Saint-Louis.

Sur la rive droite du Rhin, les points de mesure où les concentrations en plomb dépassent la valeur de 5 µg/l se trouvent au sud du Kaiserstuhl, près de Freiburg, près de Lahr et au Nord de Kehl. La plupart de ces points sont situés dans des zones d'habitation ou des zones industrielles (usine à gaz, métallurgie). Les eaux usées domestiques ou industrielles ont probablement contaminé l'eau souterraine en raison de fuites sur des réseaux d'assainissement défectueux ou de dépôts de plomb issus du trafic routier. La valeur la plus élevée, 3083 µg/l, est atteinte à Lahr, de même que pour le nickel.

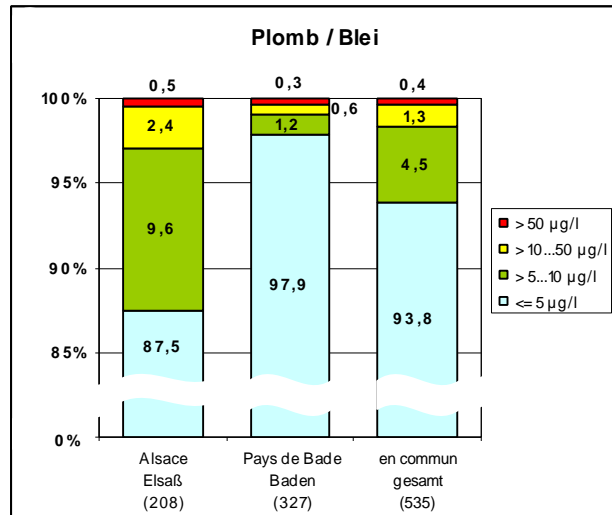


Fig. 3.6.10 : Répartition des concentrations en plomb (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.10: Verteilung von Blei (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

Bleibefunde über 5 µg/l sind relativ häufig und über das Untersuchungsgebiet verstreut.

Im Elsaß wurde die höchste Konzentration an einer Meßstelle nahe der Sauer unterhalb Biblisheim gefunden. Auch im Abstrom von Industriegebieten an der Thur und auf der Höhe von Saint-Louis wurden erhöhte Konzentrationen gemessen.

Auf der rechten Seite des Rheins liegen die Meßstellen mit Bleikonzentrationen über 5 µg/l südlich des Kaiserstuhls und bei Freiburg, bei Lahr und nördlich Kehl. Die meisten Meßstellen befinden sich in Siedlungs- oder Industriegebieten (Gaswerk, metallverarbeitende Industrie). Hier könnten bleihaltige kommunale oder industrielle Abwässer über defekte Kanäle oder bleihaltige Depositionen aus den Verkehr ins Grundwasser gelangen. Die Meßstelle in Lahr weist wie bei Nickel eine Maximalkonzentration von 3083 µg/l auf.

3.6.7 Zinc

Le zinc est un métal relativement courant, présent dans les filons métallifères, essentiellement sous forme de blende. On le trouve également dans le charbon, les bitumes, et le pétrole. Il est couramment présent dans les zones minières et les terrils. Avec les substances organiques, il donne des complexes peu solubles et est adsorbé sur les minéraux argileux.

Le zinc est souvent utilisé dans l'industrie (galvanisation, tannage, papeterie, médecine, produits de traitement du bois) et par conséquent se trouve souvent dans les eaux usées et les déchets industriels. Les tubages zingués de certains piézomètres peuvent être à l'origine de la présence de cet élément dans l'eau stagnante d'un point de mesure.

Il existe plusieurs valeurs guides ou valeurs limites pour le zinc. La directive européenne définit une valeur guide de 100 µg/l pour les eaux traitées ou en sortie de pompe. Pour les eaux distribuées ayant séjourné plusieurs heures dans des conduites métalliques à base de zinc, la directive européenne ainsi que la réglementation allemande donnent une valeur guide de 5000 µg/l, identique à la limite de qualité définie en France pour l'eau potable.

Selon l'OMS, le zinc n'a aucune incidence négative sur la santé humaine. Le seuil de 3000 µg/l ne doit pas être dépassé pour des raisons de goût.

Résultats

La présence de zinc a été mise en évidence sur les trois quarts des points de mesure dans la vallée du Rhin supérieur. En Alsace, 57,7 % des résultats d'analyses sont positifs et 87,2 % en Pays de Bade. Globalement, sur 16,5 % des points de mesure, les concentrations en zinc sont supérieures à 100 µg/l, soit 14,4 % en Alsace et 17,6 % en Pays de Bade. La valeur de 5000 µg/l n'est dépassée que sur 2 points de mesure en Pays de Bade. (fig. 3.6.11, fig. 3.6.12).

Des concentrations en zinc faiblement élevées apparaissent assez couramment dans la zone d'étude.

En Alsace, un seul point de mesure dépasse la valeur de 1000 µg/l à Ensisheim, sans que la raison en soit connue. Les autres valeurs élevées peuvent être expliquées par l'utilisation courante du zinc dans la fabrication des tubages. En effet, les eaux les plus agressives ont présenté les plus fortes concentrations en zinc.

3.6.7 Zink

Zink ist ein relativ häufiges Metall, es kommt in Erzlagerstätten vor allem als Zinkblende vor, außerdem in Kohle, Bitumen und Öl. In Bergbaugebieten und Abraumhalden ist es häufig vertreten. Mit organischer Substanz bildet Zink schlecht lösliche Komplexe, an Tonmineralen sorbiert es.

Zink wird oft als Werkstoff verwendet (Galvanik, Gerbereien, Papierfabriken, Medizin, Holzimprägniermittel) und ist folglich auch häufig in industriellen Abwässern und Abfallstoffen enthalten. Auch durch verzinkte Metallrohre kann Zink in das Standwasser einer Grundwassermeßstelle gelangen.

Für Zink gibt es mehrere Richt- und Grenzwerte. In der EU-Richtlinie für Trinkwasser ist eine Richtzahl für Wasser beim Austritt aus Pump- oder Aufbereitungsanlagen von 100 µg/l angegeben. Für Trinkwasser beim Verbraucher, das mehrere Stunden in verzinkten Leitungen verweilt, gilt in der EU-Richtlinie sowie in der deutschen Trinkwasserverordnung eine Richtzahl bzw. ein Richtwert, in Frankreich ein Grenzwert von 5000 µg/l.

Nach der WHO-Richtlinie hat Zink keine negativen Wirkungen auf den Menschen, der Richtwert von 3000 µg/l sollte aus geschmacklichen Gründen nicht überschritten werden.

Ergebnisse

An drei Viertel aller Meßstellen im gesamten Oberrheingraben wurde Zink nachgewiesen. Positive Befunde liegen im Elsaß an 57,7 % aller Meßstellen, in Baden an 87,2 % aller Meßstellen vor. An insgesamt 16,5 % aller Meßstellen wurde eine Zinkkonzentration im Grundwasser über 100 µg/l nachgewiesen, im Elsaß an 14,4 % und in Baden an 17,6 %. Der Wert von 5000 µg/l wird nur in Baden an 2 Meßstellen überschritten (Abb. 3.6.11, Abb. 3.6.12).

Leicht erhöhte Zinkgehalte treten recht häufig im Untersuchungsgebiet auf.

Im Elsaß wird an einer Meßstellen bei Ensisheim der Wert von 1000 µg/l überschritten, der Grund hierfür ist nicht bekannt. Die anderen erhöhten Werte lassen sich durch die häufigen Verwendung von Zink in den Rohrleitungen erklären. Die höchsten Zinkgehalte wurden in aggressivem Wasser gemessen.

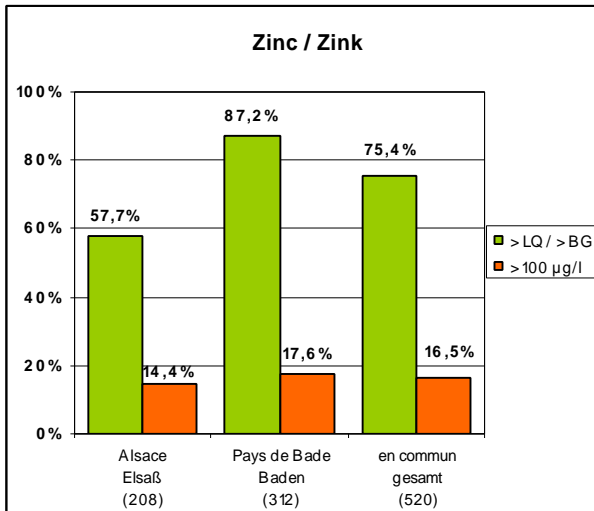


Fig. 3.6.11 : Pourcentage des résultats d'analyses pour le zinc au-dessus de la limite de quantification (LQ) et au-dessus de la valeur guide de 100 µg/l (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.11: Anteil der Zinkbefunde über der Bestimmungsgrenze (BG) und über dem Richtwert von 100 µg/l (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

En Pays de Bade, la plus grande part des fortes concentrations en zinc est liée à la nature des matériaux d'équipement des points de mesure. Quelques points de mesure dans le Markgräfler Land, au sud et au nord du Kaiserstuhl, au nord de Lahr et au nord de Kehl jusqu'à Rastatt sont équipés de tuyaux métalliques, principalement constitués de zinc.

Les 2 points de mesure, pour lesquels les résultats dépassent la valeur guide de 5000 µg/l, montrent également des résultats étonnamment élevés pour les autres métaux lourds. Le point de mesure situé près de Lahr montre des concentrations élevées sur presque tous les métaux lourds. Le point de mesure de Baden-Baden caractérisé par une forte concentration en cadmium, se trouve dans une zone d'habitation à proximité d'un égout.

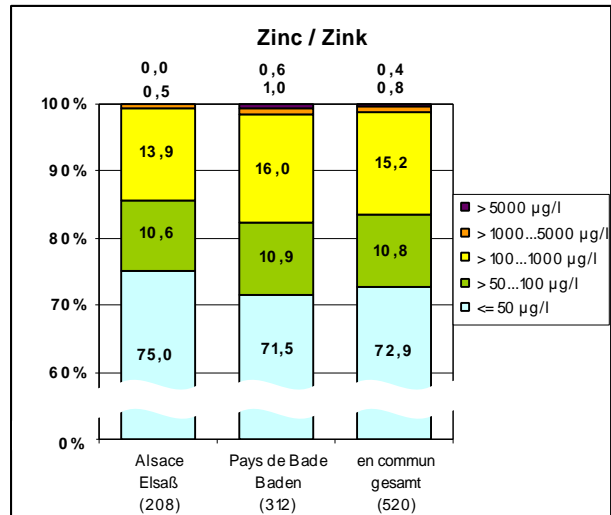


Fig. 3.6.12 : Répartition des concentrations en zinc (avec indication du nombre de points de mesure)

Abb. 3.6.12: Verteilung von Zink (mit Anzahl der untersuchten Meßstellen)

In Baden ist der größte Teil der erhöhten Zinkkonzentrationen auf das Ausbaumaterial der Meßstellen zurückzuführen. Einige Meßstellen im Markgräfler Land, südlich und nördlich des Kaiserstuhls, nördlich von Lahr, und nördlich von Kehl bis Rastatt sind mit Metallrohren, vor allem mit verzinkten Stahlrohren, ausgebaut.

Beide Meßstellen, an denen der Richtwert von 5000 µg/l überschritten wird, weisen auch bei anderen Schwermetallen auffällige Befunde auf. An der Meßstelle bei Lahr liegen fast alle Schwermetallkonzentrationen sehr hoch. Die Meßstelle bei Baden-Baden fiel durch erhöhte Cadmiumkonzentrationen auf, sie befindet sich in einer Siedlung neben einem Abwasserkanal.

3.6.8 Cuivre

Généralités

On retrouve le cuivre assez fréquemment dans la nature, par exemple sous forme de chalcopryrite ou de tétraédrite dans les minerais. Il est le métal non ferreux le plus souvent utilisé et intervient dans de nombreux alliages (laiton, bronze). Il est utilisé dans l'industrie électrique, la galvanisation, la fabrication de tuyaux et de conduites sanitaires et comme agent décapant. En outre, le cuivre est utilisé pour lutter contre les algues dans les lacs et comme fongicide en viticulture. Le cuivre présent dans les eaux superficielles est un indicateur de pollution par des rejets d'eaux usées.

Comme pour le zinc, il existe pour le cuivre plusieurs limites de qualité pour l'eau potable. A la sortie de l'usine de distribution d'eau, l'eau ne doit pas contenir plus de 100 µg/l de cuivre, niveau guide de l'union européenne. Après passage ou stagnation dans des conduites contenant du cuivre, la concentration en cuivre ne doit pas dépasser le niveau guide de la directive européenne et la valeur guide du décret allemand pour l'eau potable de 3000 µg/l ; en France, une limite de qualité de 1000 µg/l a été fixée.

Une valeur seuil provisoire de 2000 µg/l a été définie par l'OMS.

Résultats

Le cuivre n'a été analysé que du côté badois. Il a été détecté dans 40,6 % des points de mesure, la valeur de 1000 µg/l n'ayant été dépassée que pour un seul point d'observation. Le cuivre n'ayant été recherché que d'un seul côté du Rhin, la répartition des concentrations n'a pas été représentée graphiquement.

Une grande densité de points à concentrations relativement élevées en cuivre est observée près de Freiburg, au nord du Kaiserstuhl et près de Rastatt. Ces concentrations peuvent être expliquées en partie par l'utilisation dans les zones de viticulture de fongicides à base de cuivre. Comme pour le zinc, la nature des équipements des points de mesure est en grande partie responsable de la présence de cuivre dans les échantillons d'eau prélevés.

Comme pour les autres métaux lourds, la concentration la plus élevée (114 µg/l) a été observée à Lahr.

3.6.8 Kupfer

Allgemeines

Kupfer kommt relativ häufig z.B. als Kupferglanz oder Kupferkies in Erzen vor. Es ist das am häufigsten verwendete Nichteisenmetall und ist in zahlreichen Legierungen enthalten (Messing, Bronze). Es findet in der Elektroindustrie, bei der Galvanisierung, bei der Herstellung von Rohren und Leitungen und als Heizmittel Verwendung. Außerdem wird Kupfer zur Algenbekämpfung in Seen und als Fungizid im Weinbau verwendet. Kupfer in Gewässern ist ein Indikator für die Einleitung von Abwasser.

Wie bei Zink gelten für Kupfer verschiedene Richtwerte für Trinkwasser. Beim Austritt aus dem Wasserwerk soll das Trinkwasser gemäß der EU-Richtzahl nicht mehr als 100 µg/l Kupfer enthalten. Nach dem Durchfließen oder der Stagnation in kupferhaltigen Rohren soll die Konzentration nach der EU-Richtlinie und der deutschen Trinkwasserverordnung die Richtzahl bzw. den Richtwert von 3000 µg/l nicht überschreiten, in Frankreich wird hierfür ein Grenzwert von 1000 µg/l angegeben.

In der WHO-Richtlinie wird ein vorläufiger Richtwert von 2000 µg/l angegeben.

Ergebnisse

Kupfer wurde nur in Baden analysiert. An 40,6 % aller Meßstellen wurde es nachgewiesen, nur an einer Meßstelle wird in Baden der Wert von 1000 µg/l überschritten. Da Kupfer nur auf einer Seite des Rheins untersucht wurde, wird die Verteilung nicht grafisch dargestellt.

Eine Häufung von leicht erhöhten Kupfergehalten wurde bei Freiburg, nördlich des Kaiserstuhls und bei Rastatt festgestellt. Zum Teil könnten die Befunde durch den Einsatz kupferhaltiger Fungizide in den Weinbaugebieten hervorgerufen werden. Jedoch ist wie bei Zink das Ausbaumaterial der Meßstellen meistens die Ursache von Kupferbefunden.

Der Maximalwert (114 µg/l) wurde wieder an der Meßstelle in Lahr gemessen, an der fast alle Schwermetallgehalte erhöht sind.

3.6.9 Aluminium

Généralités

L'aluminium est l'un des principaux constituants de l'écorce terrestre. On le retrouve dans les feldspaths et les micas, ainsi que dans leurs produits d'altération, les argiles. A de faibles valeurs de pH (dans les marécages ou lors d'une acidification d'origine anthropique), l'aluminium peut être relâché des sols et s'infiltrer dans les eaux souterraines. Il est cependant très peu mobile dans le sol ou dans les eaux souterraines.

L'aluminium est extrait de la bauxite et très utilisé en métallurgie (composant d'alliages, couche de protection pour l'acier) ou comme matériel d'emballage., L'oxyde d'aluminium est employé comme additif dans la fabrication du ciment. De plus, il est utilisé dans le traitement des eaux destinées à l'alimentation en eau potable et dans les stations d'épuration comme agent flocculant, pour précipiter les phosphates. L'aluminium parvient au milieu naturel via les eaux usées et les rejets atmosphériques.

Selon l'OMS, l'aluminium est peu assimilé par l'organisme humain et, de ce fait, n'a pas d'effet négatif sur la santé. Il est cependant fait mention dans de nombreuses études du lien de la maladie d'Alzheimer avec l'aluminium, ce qui n'a pas encore pu être confirmé. L'OMS n'établit pas de valeur guide fondée sur des critères sanitaires. L'OMS définit un seuil de 200 µg/l, fondé sur des raisons techniques. Dans la directive européenne du 15 juillet 1980 ainsi que dans la réglementation allemande, la limite de qualité est fixée à 200 µg/l.

Résultats

L'aluminium n'a été recherché que du côté badois. Il a été mis en évidence sur plus de la moitié des points de mesure (56,3 %) ; deux concentrations dépassent 50 µg/l. La limite de qualité de 200 µg/l n'est dépassée sur aucun point de mesure.

De fortes concentrations en aluminium ont été détectées en grande quantité dans le Markgräfler Land, au nord du Kaiserstuhl et près de Rastatt. Il n'a pas été mis en évidence de lien entre les fortes concentrations en aluminium et la forte acidité du milieu L'aquifère, grâce à son contenu calcaire,

3.6.9 Aluminium

Allgemeines

Aluminium ist das am häufigsten am Aufbau der Erdkruste beteiligte Metall. Es kommt in Aluminiumverbindungen in Feldspäten und Glimmern sowie in deren Verwitterungsprodukt, den Tonerden, vor. Bei niedrigen pH-Werten (in Sümpfen und Mooren oder durch anthropogen verursachte Versauerung) kann Aluminium aus dem Boden freigesetzt werden und über das Sickerwasser ins Grundwasser eingetragen werden. Es ist im Boden oder Grundwasserleiter aber nur gering beweglich.

Aus Bauxit wird elementares Aluminium gewonnen, das häufig in der Metallindustrie (Legierungsbestandteil, Deckschicht für Stahl) oder als Verpackungsmaterial verwendet wird. Bei der Zementherstellung wird Aluminiumoxid als Zuschlagsstoff eingesetzt. Außerdem wird Aluminium bei der Wasseraufbereitung sowie in Kläranlagen als Flockungsmittel zur Phosphatfällung eingesetzt. Über Abwässer und Emissionen gelangt Aluminium in die Umwelt.

Gemäß der WHO-Richtlinie reichert sich Aluminium im Körper kaum an und hat daher keine gesundheitsschädliche Wirkung. Manchen Studien bringen jedoch die Alzheimer Krankheit mit Aluminium in Verbindung, was aber noch nicht mit Sicherheit bestätigt werden konnte. Die WHO legt keinen Richtwert aus gesundheitlichen Aspekten fest. Der technisch begründet WHO-Richtwert beträgt 200 µg/l. In der europäischen Richtlinie von 15. Juli 1980 sowie in der deutschen Gesetzgebung beträgt der Grenzwert ebenfalls 200 µg/l.

Ergebnisse

Aluminium wurde nur auf badischer Seite untersucht. An über der Hälfte aller Meßstellen (56,3 %) konnte es nachgewiesen werden, davon liegen 2 Werte über 50 µg/l. Der Grenzwert für Trinkwasser von 200 µg/l wird an keiner Meßstelle überschritten.

Häufungen leicht erhöhter Aluminiumgehalte treten im Markgräfler Land, nördlich des Kaiserstuhls und bei Rastatt auf. Erhöhte Aluminiumgehalte aufgrund der Versauerung konnten im Untersuchungsgebiet nicht festgestellt werden. Der kalkhaltige Grundwasserleiter besitzt ein großes

joue un rôle tampon important, atténuant les influences acides.

La concentration maximale de 74 µg/l a été observée à l'ouest de Kehl. Sur ce même point de mesure, une forte concentration en nickel, des concentrations relativement élevées en bore et en phosphate, ainsi qu'un pH relativement bas de 6,1 et une absence d'oxygène dissous ont par ailleurs été mis en évidence. Il semblerait ici que les eaux souterraines soient contaminées par des rejets d'eaux usées.

Le grand nombre de résultats d'analyses positifs s'explique en partie par des causes géologiques. L'aluminium contenu dans les roches cristallines de la Forêt Noire et les alluvions des rivières de la Forêt Noire peut être solubilisé. On rencontre ainsi de fortes concentrations en aluminium, supérieures à 10 µg/l, le long de la Wiese, de l'Elz et de plus petites rivières.

Puffervermögen gegenüber sauren Einflüssen.

Das Maximum von 74 µg/l wurde östlich von Kehl nachgewiesen. An dieser Meßstelle wurden auch erhöhte Nickelgehalte, leicht erhöhte Bor- und Phosphorgehalte sowie ein relativ niedriger pH-Wert von 6,1 und kein Sauerstoff gemessen. Möglicherweise ist das Grundwasser hier durch Abwasser beeinflusst.

Die hohe Anzahl positiver Befunde ist unter anderem auf geogene Ursachen zurückzuführen. Aluminium kann aus dem kristallinen Gestein des Schwarzwalds und den Schwemmfächern der Schwarzwaldtäler gelöst werden. So treten vereinzelt entlang der Wiese, der Elz und kleinerer Fließgewässer leicht erhöhte Aluminiumgehalte über 10 µg/l auf.

3.6.10 Bilan général

A l'opposé des autres éléments analysés, comme les produits phytosanitaires, la présence de métaux à faible concentration est principalement d'origine naturelle. Leur présence à l'état de trace peut également provenir des rejets polluants des industries dans les sols et les eaux souterraines. De faibles concentrations dans l'eau potable ne sont pas nécessairement considérées comme dangereuses, des éléments traces étant souvent nécessaires pour le métabolisme humain.

De fortes concentrations en métaux sont tout de même observées, qui, dans la zone d'étude, sont presque toujours d'origine anthropique. La plupart des éléments ont un effet toxique à forte dose. La figure 3.6.13 présente les métaux recherchés de part et d'autre du Rhin, avec la part de résultats positifs, les dépassements du seuil OMS et de la limite de qualité européenne pour l'eau potable, classés en fonction de la fréquence de dépassement du seuil OMS.

Pour l'**arsenic**, le seuil de 10 µg/l défini par l'OMS est assez souvent dépassé. Les résultats positifs sont répartis sur l'ensemble de la zone d'étude ; dans la région d'Offenburg-Kehl, le seuil est dépassé 4 fois. La plupart des points de mesure concernés sont situés à proximité d'entreprises industrielles.

Pour le **nickel**, 2 % des points de mesure dépassent le seuil de 20 µg/l de l'OMS. Les concentrations les plus élevées ont été principalement observées dans le pliocène de Haguenau.

Les concentrations en **plomb** dépassent assez fréquemment le seuil de 10 µg/l donné par l'OMS. Il est dépassé pour 1,7 % des points de mesure. Beaucoup de ces points sont situés dans des zones industrielles.

Pour le **chrome**, 3 points de mesure indiquent une concentration supérieure au seuil OMS et à la limite européenne de 50 µg/l. Les fortes concentrations s'expliquent souvent par la présence de décharges sauvages ou d'industries.

Pour le **cadmium**, le seuil de 3 µg/l défini par l'OMS n'est dépassé que pour 2 points de mesure, à Lahr et à Haguenau. Les fortes concentrations sont souvent liées à la présence d'industries (métallurgie). Au sud-ouest du Kaiserstuhl, de fortes concentrations en cadmium ont été observées pour

3.6.10 Fazit

Im Gegensatz zu anderen untersuchten Wasserinhaltsstoffen, wie z.B. PBSM, sind Metalle in geringen Konzentrationen meist natürlichen Ursprungs. Spuren können aber auch über Emissionen der Industrie in den Boden oder ins Grundwasser gelangen. Geringe Konzentrationen sind im Trinkwasser nicht unbedingt als gefährlich anzusehen, als Spurenstoffe sind sie oft nötig für den menschlichen Stoffwechsel.

Von Bedeutung sind allerdings erhöhte Konzentrationen dieser Metallionen, die im Untersuchungsgebiet fast immer anthropogenen Ursprungs sind. Die meisten Stoffe wirken in hohen Konzentrationen toxisch. In Abbildung 3.6.13 sind die auf beiden Seiten des Rheins untersuchten Metalle mit dem jeweiligen Anteil der positiven Befunde, den Überschreitungen des WHO-Richtwerts und des EU-Grenzwerts aufgeführt, sortiert nach der Überschreitungshäufigkeit des gesundheitsrelevanten WHO-Richtwerts.

Für **Arsen** wird der WHO-Richtwert von 10 µg/l recht häufig überschritten. Einzelne erhöhte Befunde sind über das Untersuchungsgebiet verstreut, im Raum Offenburg-Kehl wird der Richtwert viermal überschritten. Die meisten dieser Meßstellen befinden sich in der Nähe von Industriebetrieben.

Für **Nickel** überschreiten 2 % aller Meßstellen den WHO-Richtwert von 20 µg/l. Vor allem im Pliozän von Haguenau wurden erhöhte Werte nachgewiesen.

Recht häufig überschreiten die **Bleikonzentrationen** den WHO-Richtwert von 10 µg/l. An 1,7 % aller Meßstellen wurde ein höherer Wert gemessen. Viele Meßstellen liegen in Industriegebieten.

Bei **Chrom** liegen insgesamt 3 Meßstellen über dem Richtwert der WHO und dem EU-Grenzwert von 50 µg/l. Erhöhte Werte lassen sich oft auf ungeordnete Deponien oder die Industrie zurückführen.

Der WHO-Richtwert für **Cadmium** von 3 µg/l wird nur an 2 Meßstellen überschritten, bei Lahr und bei Haguenau. Erhöhte Werte werden meist ebenfalls durch die Industrie (Metallverarbeitung) verursacht. Südöstlich des Kaiserstuhls wurden an 5 Meßstellen erhöhte Cadmiumkonzentrationen

5 points de mesure.

Les concentrations en **mercure** ne dépassent sur aucun point de mesure le seuil de l'OMS et la limite européenne de potabilité de 1 µg/l. De fortes concentrations, supérieures à 0,2 µg/l, n'ont été observées que sur 4 points de mesure.

nachgewiesen.

Die **Quecksilber**konzentrationen überschreiten an keiner Meßstelle den WHO-Richtwert und EU-Grenzwert von 1 µg/l. Nur an 4 Meßstellen wurden erhöhte Konzentrationen über 0,2 µg/l nachgewiesen.

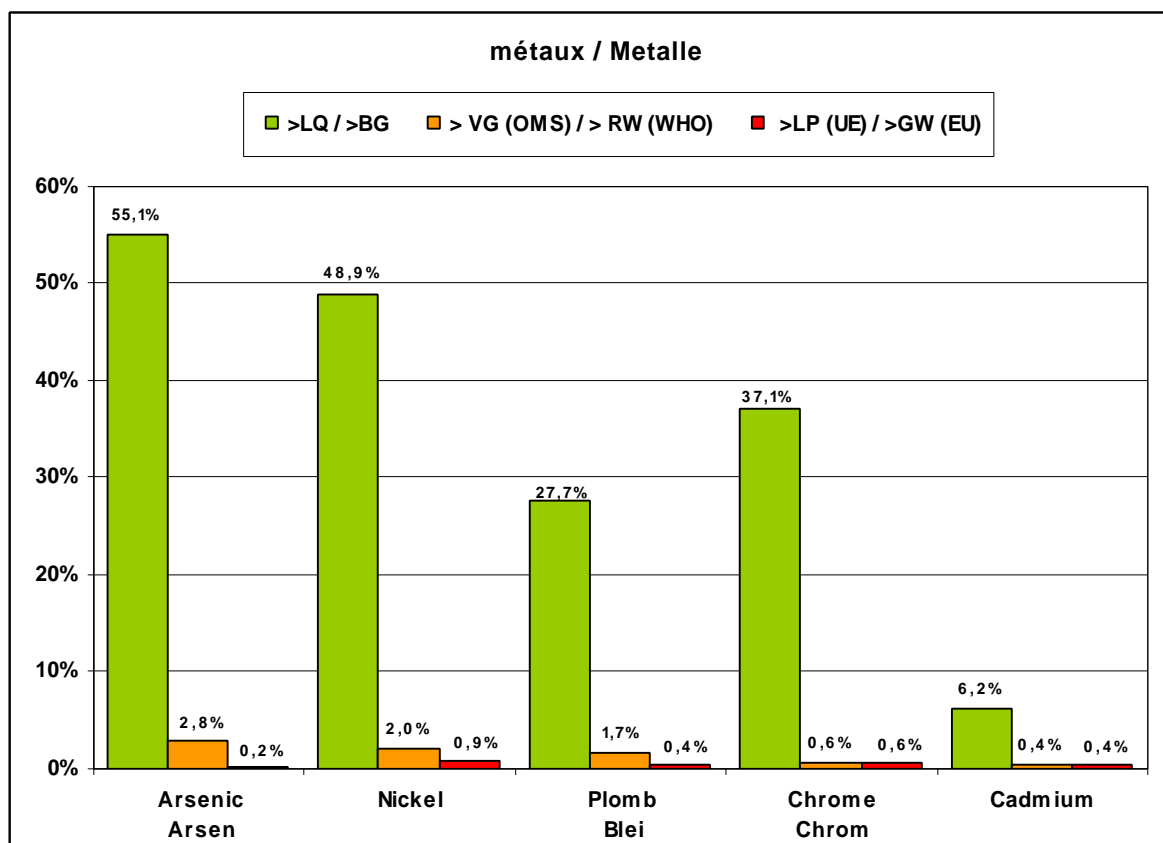


Fig. 3.6.13 : Pourcentage des résultats d'analyses positifs (> LQ), des dépassements de la limite OMS (> VG (OMS)) et de la limite européenne de potabilité (> LP (UE)) pour l'ensemble des points de mesure de la zone d'étude

Abb. 3.6.13: Anteil der positiven Befunde (>BG), der Überschreitungen des WHO-Richtwerts (>RW (WHO)) und des EU-Grenzwerts (>GW (EU)) in % aller Meßstellen im gesamten Untersuchungsgebiet

Le **zinc** présent dans l'eau n'est pas toxique pour l'homme. De fortes concentrations donnent cependant un goût amer à l'eau. Les fortes concentrations en zinc mesurées dans la zone d'étude sont principalement liées à la nature des matériaux d'équipement des points de mesure.

Zink im Trinkwasser ist für den Menschen nicht schädlich. Hohe Konzentrationen führen allerdings zu einem bitteren Geschmack. Die erhöhten Zinkgehalte im Untersuchungsgebiet sind meist auf zinkhaltiges Ausbaumaterial der Meßstellen zurückzuführen.

Le **cuivre** a été recherché seulement côté badois. Le seuil provisoire de 2000 µg/l de l'OMS n'est dépassé sur aucun point de mesure ; seul un point d'observation indique une concentration supérieure à la limite européenne de 100 µg/l donnée pour l'eau potable après traitement.

Kupfer wurde nur in Baden untersucht. Der vorläufige WHO-Richtwert von 2000 µg/l wird an keiner Meßstelle überschritten, nur eine Meßstelle überschreitet die EU-Richtzahl für Trinkwasser nach der Aufbereitung im Wasserwerk von 100 µg/l.

L'aluminium a également été recherché seule-

Auch **Aluminium** wurde nur auf badischer Seite

ment du côté badois. La limite européenne de 200 µg/l n'est dépassée sur aucun point de mesure. Il n'existe pas de seuil OMS fondée sur des critères sanitaires.

Conclusion

Le nombre de résultats positifs dans la vallée du Rhin supérieur, souvent d'origine naturelle, est élevé pour quelques métaux ; les dépassements des limites de qualité, principalement d'origine anthropique, restent faibles dans l'ensemble. La plupart des points de fortes contaminations, observées simultanément sur l'ensemble de ces paramètres, est située à l'aval de sites industriels ou de décharges.

Les limites européennes de potabilité de 1980 ne sont dépassées au maximum que sur 2 points de mesures pour chaque paramètre considéré. Les dépassements des seuils de l'OMS, qui correspondent en partie aux valeurs prescrites par la nouvelle directive européenne pour l'eau potable de 1998, sont plus fréquents. L'arsenic, le nickel et le plomb posent le plus de problème au regard des objectifs de la nouvelle directive européenne. Pour ces paramètres, la nouvelle directive européenne reprend les seuils fixés par l'OMS. Ceux-ci sont dépassés par 2,8 % des points de mesure pour l'arsenic, 2,0 % pour le nickel et 1,7 % pour le plomb.

untersucht. Der EU-Grenzwert von 200 µg/l wird an keiner Meßstelle überschritten. Einen WHO-Grenzwert aus gesundheitlichen Aspekten gibt es nicht.

Schlußfolgerung

Der Anteil der positiven Befunde im Oberrheingraben, oft natürlichen Ursprungs, ist bei einigen Metallen sehr hoch, Grenzwertüberschreitungen, meist anthropogen verursacht, sind aber insgesamt nicht sehr häufig. Ein großer Teil der stark belasteten Meßstellen, an denen gleichzeitige mehrere Stoffe gefunden wurden, liegen im Abstrom von Industriegebieten oder Deponien.

Die EU-Grenzwerte für Trinkwasser von 1980 werden für jeden Parameter jeweils an maximal 2 Meßstellen überschritten. Überschreitungen der WHO-Richtwerte, die zum Teil den Parameterwerten der neuen EU-Trinkwasserverordnung von 1998 entsprechen, kommen häufiger vor. In diesem Sinne sind vor allem die Befunde für Arsen, Nickel und Blei problematisch. Für diese Parameter wurde in der neuen Trinkwasser-Richtlinie der WHO-Wert übernommen. Arsen überschreitet an 2,8 % aller untersuchten Meßstellen den WHO-Richtwert, Nickel an 2,0 % und Blei an 1,7 %.

3.7 Polychlorobiphényles (PCB)

Généralités

Les polychlorobiphényles (PCB) n'existent pas sous forme naturelle. Il existe, en théorie, 209 isomères, mais seulement une centaine peuvent se former lors de la fabrication par la chloration du biphényle.

Les produits commerciaux correspondent à des mélanges complexes de certaines catégories d'isomères, la variation du taux de chlore permettant d'obtenir des propriétés physiques particulières. Ces produits sont utilisés essentiellement comme isolants diélectriques dans les transformateurs et les condensateurs par exemple.

Les PCB présentent une grande stabilité thermique mais leur pyrolyse peut engendrer la formation de substances toxiques. La toxicité aiguë est faible, mais les PCB ont tendance à s'accumuler biologiquement dans la chaîne alimentaire et peuvent avoir des effets nocifs sur la reproduction et la cancérogenèse en cas d'absorption en forte concentration à long terme.

L'utilisation des PCB étant interdite en France depuis 1987, en Allemagne depuis 1989, ceux-ci ne sont présents que dans les anciennes installations électriques et dans les décharges. Leur faible solubilité dans l'eau (0,007 à 5,9 mg/l) limite leur transfert vers les eaux souterraines.

Constat

Sur la nappe d'Alsace, il n'y avait jamais eu de campagne d'analyses systématique des PCB avant le présent inventaire. Cet inventaire a donc été l'occasion de faire un « point 0 » sur ces paramètres. Des analyses ont été réalisées pour les concentrations de 8 de ces composés (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) sur 304 échantillons d'eau. Les PCB n'ont pas été analysés côté badois. Côté alsacien, les analyses se sont toutes révélées négatives.

Même si ce constat est rassurant, des analyses récentes ont décelé la présence de PCB dans les sédiments de certains cours d'eau alsaciens ; la vigilance reste donc de mise.

3.7 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Allgemeines

Die polychlorierten Biphenyle kommen natürlicherweise nicht vor. Theoretisch gibt es 209 Isomere, jedoch lassen sich nur etwa 100 durch die Chlorierung von Biphenyl herstellen.

Die Handelsprodukte sind komplexe Isomergemische, je nach Chlorgehalt lassen sich bestimmte physikalische Eigenschaften erzielen. Diese Produkte werden hauptsächlich als dielektrische Isolierflüssigkeiten z.B. in Transformatoren und Kondensatoren verwendet.

PCB besitzen eine hohe thermische Stabilität, doch können durch Pyrolyse toxische Substanzen entstehen. Die akute Toxizität ist gering, jedoch reichern sich PCB in lebenden Organismen über die Nahrungskette an und können bei langfristiger Aufnahme höherer Konzentrationen Schädigungen des reproduktiven Systems verursachen und krebserregend wirken.

Die Verwendung von PCB ist in Frankreich seit 1987, in Deutschland seit 1989 verboten. Sie sind daher nur noch in alten elektrischen Installationen oder in Abfallstoffen enthalten. Durch ihre geringe Wasserlöslichkeit (0,007 bis 5,9 mg/l) wird der Transport ins Grundwasser beschränkt.

Ergebnisse

Im elsässischen Grundwasser wurde vor dieser Bestandsaufnahme noch nie eine systematische Analyse auf PCB durchgeführt. Anlässlich dieser Bestandsaufnahme wurde also die Gelegenheit wahrgenommen, Erstanalysen auf diese Parameter durchzuführen. Analysiert wurden acht Substanzen (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) in 304 Wasserproben. Auf badischer Seite wurden PCB nicht analysiert. Alle Analyseergebnisse im Elsaß waren negativ.

Auch wenn dieser Befund beruhigend ist, wurden durch neuere Analysen PCB in den Sedimenten mancher elsässischer Fließgewässer nachgewiesen. Wachsamkeit ist also weiterhin nötig.

3.7 Polychlorobiphényles (PCB)

Généralités

Les polychlorobiphényles (PCB) n'existent pas sous forme naturelle. Il existe, en théorie, 209 isomères, mais seulement une centaine peuvent se former lors de la fabrication par la chloration du biphényle.

Les produits commerciaux correspondent à des mélanges complexes de certaines catégories d'isomères, la variation du taux de chlore permettant d'obtenir des propriétés physiques particulières. Ces produits sont utilisés essentiellement comme isolants diélectriques dans les transformateurs et les condensateurs par exemple.

Les PCB présentent une grande stabilité thermique mais leur pyrolyse peut engendrer la formation de substances toxiques. La toxicité aiguë est faible, mais les PCB ont tendance à s'accumuler biologiquement dans la chaîne alimentaire et peuvent avoir des effets nocifs sur la reproduction et la cancérogenèse en cas d'absorption en forte concentration à long terme.

L'utilisation des PCB étant interdite en France depuis 1987, en Allemagne depuis 1989, ceux-ci ne sont présents que dans les anciennes installations électriques et dans les décharges. Leur faible solubilité dans l'eau (0,007 à 5,9 mg/l) limite leur transfert vers les eaux souterraines.

Constat

Sur la nappe d'Alsace, il n'y avait jamais eu de campagne d'analyses systématique des PCB avant le présent inventaire. Cet inventaire a donc été l'occasion de faire un « point 0 » sur ces paramètres. Des analyses ont été réalisées pour les concentrations de 8 de ces composés (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) sur 304 échantillons d'eau. Les PCB n'ont pas été analysés côté badois. Côté alsacien, les analyses se sont toutes révélées négatives.

Même si ce constat est rassurant, des analyses récentes ont décelé la présence de PCB dans les sédiments de certains cours d'eau alsaciens ; la vigilance reste donc de mise.

3.7 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Allgemeines

Die polychlorierten Biphenyle kommen natürlicherweise nicht vor. Theoretisch gibt es 209 Isomere, jedoch lassen sich nur etwa 100 durch die Chlorierung von Biphenyl herstellen.

Die Handelsprodukte sind komplexe Isomergemische, je nach Chlorgehalt lassen sich bestimmte physikalische Eigenschaften erzielen. Diese Produkte werden hauptsächlich als dielektrische Isolierflüssigkeiten z.B. in Transformatoren und Kondensatoren verwendet.

PCB besitzen eine hohe thermische Stabilität, doch können durch Pyrolyse toxische Substanzen entstehen. Die akute Toxizität ist gering, jedoch reichern sich PCB in lebenden Organismen über die Nahrungskette an und können bei langfristiger Aufnahme höherer Konzentrationen Schädigungen des reproduktiven Systems verursachen und krebserregend wirken.

Die Verwendung von PCB ist in Frankreich seit 1987, in Deutschland seit 1989 verboten. Sie sind daher nur noch in alten elektrischen Installationen oder in Abfallstoffen enthalten. Durch ihre geringe Wasserlöslichkeit (0,007 bis 5,9 mg/l) wird der Transport ins Grundwasser beschränkt.

Ergebnisse

Im elsässischen Grundwasser wurde vor dieser Bestandsaufnahme noch nie eine systematische Analyse auf PCB durchgeführt. Anlässlich dieser Bestandsaufnahme wurde also die Gelegenheit wahrgenommen, Erstanalysen auf diese Parameter durchzuführen. Analysiert wurden acht Substanzen (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) in 304 Wasserproben. Auf badischer Seite wurden PCB nicht analysiert. Alle Analyseergebnisse im Elsaß waren negativ.

Auch wenn dieser Befund beruhigend ist, wurden durch neuere Analysen PCB in den Sedimenten mancher elsässischer Fließgewässer nachgewiesen. Wachsamkeit ist also weiterhin nötig.

4. TABLEAUX RECAPITULATIFS DES RÉSULTATS

Des tableaux statistiques relatifs à l'ensemble des analyses réalisées dans le cadre de l'inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la Vallée du Rhin supérieur, exploitées dans le présent rapport présentent les résultats côté alsacien, côté badois ainsi que pour l'ensemble de la zone d'étude qui contient également des données suisses.

Les paramètres mesurés, présentés dans les tableaux, apparaissent dans le même ordre que celui donné dans le corps du rapport. Par ailleurs sont indiquées les données suivantes : nombre de points mesurés, nombre et pourcentage de dépassements de la limite de quantification (LQ) et de la limite de qualité (LP), ainsi que les valeurs statistiques suivantes : minimum, maximum et percentiles P10, P25, P50 (médiane), P75 et P90. La moyenne n'est mentionnée que lorsqu'au minimum 50 % des valeurs mesurées sont supérieures à la limite de quantification.

Les parties annexes A1, A3, A4 et A5 regroupent des éléments d'information complémentaires pour le calcul et l'utilisation des valeurs statistiques ainsi qu'un tableau répertoriant les différentes limites de potabilité.

4. TABELLARISCHE ÜBERSICHTEN DER ERGEBNISSE

Auf den folgenden Seiten sind statistische Übersichten aller Analyseergebnisse zu finden, die im Rahmen der Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben erhoben und in vorliegendem Bericht ausgewertet wurden. Die Ergebnisse im Elsaß, in Baden und im gesamten Untersuchungsgebiet, das auch die schweizerischen Daten enthält, werden aufgelistet.

In den Tabellen sind alle gemessene Parameter in gleicher Reihenfolge wie im Text aufgeführt. Für jeden Parameter werden die der Auswertung zugrunde gelegten Trinkwassergrenzwerte (GW), die Anzahl der beprobten Meßstellen (Anz. Mst.), Anzahl und Prozentsatz der Überschreitungen der Bestimmungsgrenze (> BG) und des Grenzwerts (> GW) sowie die statistischen Kennzahlen Minimum, Maximum und die Perzentile P10, P25, P50 (Median), P75 und P90 angegeben. Der Mittelwert wird nur erwähnt, wenn mindestens 50 % aller Meßwerte über der Bestimmungsgrenze liegen.

Weitere Hinweise zur Berechnung und Verwendung der statistischen Kennzahlen sowie eine Zusammenstellung der verschiedenen Trinkwassergrenzwerte befinden sich in den Anhängen A1, A3, A4 und A5.

4.1. Tableau statistique des résultats en Alsace

4.1. Statistische Übersicht über die Ergebnisse im Elsaß

nb. = nombre, LQ = Limite de quantification, LP = Limite de potabilité

Paramètre	Unité	LP*	nb.		> LQ		> LP		Moy- enne	Min	P10	Médiane			P90	Max
			points	nb.	%	nb.	%	P25				P50	P75			
Température	Grad C	25	720	720	100	2	0,3	13,6	9,0	11,5	12,1	13,1	14,5	16,4	32,4	
Conductivité el.	µS/cm	2000	720	720	100	16	2,2	995	81	412	545	660	791	969	54500	
valeur de pH	-	6.5/9.5	720	720	100	66	9,2	7,14	5,10	6,60	7,00	7,20	7,40	7,60	8,45	
Oxygène dissous	mg/l	-	715	715	100			5,2	0,2	1,8	3,3	5,0	7,0	8,4	16,9	
Saturation en O2	%	-	715	715	100			49,5	1,9	17,0	31,0	48,1	68,0	81,0	183,0	
Dureté totale	mg/l Ca	-	720	720	100			125,5	0,4	51,9	72,9	103,0	137,3	172,7	6693,4	
Dureté totale	° dH	-	720	720	100			17,5	0,1	7,3	10,2	14,3	19,2	24,1	933,4	
Dureté totale	° fH	-	720	720	100			31,3	0,1	13,0	18,2	25,7	34,3	43,1	1670,0	
Hydrogencarbonates	mg/l	-	720	720	100			244	12	114	200	247	292	354	614	
titre alcalimétrique complet	mmol/l	-	720	720	100			4,06	0,26	1,92	3,34	4,11	4,85	5,86	10,12	
Calcium	mg/l	400	720	720	100	10	1,4	112,6	0,1	55,2	78,5	99,5	118,3	143,4	5066,9	
Magnésium	mg/l	50	720	719	100	9	1,3	15,6	0,1	6,3	8,5	12,0	16,0	22,8	980,0	
Sodium	mg/l	150	720	720	100	16	2,2	78,6	1,7	8,0	12,0	19,0	34,1	57,0	11465	
Potassium	mg/l	12	720	708	98,3	76	10,6	9,7	<0,4	1,5	2,1	2,9	4,8	13,1	1058,0	
Nitrates	mg/l	50	720	704	97,8	91	12,6	28,6	0,2	3,3	10,0	23,0	37,0	56,3	295,0	
Ammonium	mg/l	0,5	715	139	19,4	13	1,8		<0,01	<0,01	<0,03	<0,07	<0,07	<0,07	5,800	
Nitrites	mg/l	0,1	720	128	17,8	16	2,2		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	0,03	0,58	
Chlorures	mg/l	200	720	720	100	32	4,4	175,2	2,0	18,0	29,0	45,0	71,8	115,5	19267	
Sulfates	mg/l	250	720	719	100	7	1,0	53,3	<0,2	26,1	32,0	40,0	58,1	85,0	866,0	
Bore	mg/l	1	720	410	56,9	4	0,6	0,069	0,002	0,019	0,036	<0,05	0,050	0,086	2,760	
Fer	mg/l	0,2	714	644	90,2	119	16,7	0,451	<0,005	<0,01	0,020	0,060	0,120	0,608	38,20	
Manganèse	mg/l	0,05	716	549	76,7	141	19,7	0,129	<0,001	<0,001	0,003	0,005	0,021	0,250	6,980	
Phosphore total	mg/l	2,18	719	166	23,1	5	0,7		0,020	<0,03	0,090	<0,1	<0,1	0,100	3,100	
Atrazine	µg/l	0,1	422	249	59,0	57	13,5	0,08	<0,01	<0,02	<0,03	0,03	0,07	0,16	2,40	
Simazine	µg/l	0,1	422	101	23,9	12	2,8		<0,01	<0,01	<0,02	<0,03	<0,03	0,05	0,96	
Terbutylazine	µg/l	0,1	422	32	7,6	2	0,5		<0,01	<0,01	<0,02	<0,03	<0,03	<0,03	0,22	
Dé-éthylatrazine	µg/l	0,1	422	264	62,6	72	17,1	0,07	<0,01	<0,02	<0,03	0,04	0,08	0,15	0,82	
Dé-isopropylatrazine	µg/l	0,1	422	62	14,7	15	3,6		<0,01	<0,01	<0,02	<0,03	<0,03	0,03	0,50	
Cyanazine	µg/l	0,1	422	5	1,2	1	0,2		<0,01	<0,01	<0,02	<0,03	<0,03	<0,03	0,22	
Desethylterbutylazine	µg/l	0,1	0													
Propazine	µg/l	0,1	0													
Sebutylazine	µg/l	0,1	0													
Metolachlore	µg/l	0,1	0													
Metazachlore	µg/l	0,1	0													
Metalaxyl	µg/l	0,1	0													
Bromacil	µg/l	0,1	0													
Hexazinon	µg/l	0,1	0													
Disulfoton	µg/l	0,1	422	1	0,2	0	0,0		<0,007	<0,007	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,020	
Formothion	µg/l	0,1	422	0	0,0	0	0,0		<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,07	<0,07	
Ethylparathion	µg/l	0,1	422	1	0,2	0	0,0		<0,009	<0,009	<0,01	<0,01	<0,03	<0,03	<0,03	
Chlorpyrifos-ethyl	µg/l	0,1	422	0	0,0	0	0,0		<0,007	<0,007	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
Diazinon	µg/l	0,1	422	5	1,2	1	0,2		<0,007	<0,007	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	0,159	
Malathion	µg/l	0,1	0													
Glyphosate	µg/l	0,1	0													
Diuron	µg/l	0,1	422	39	9,2	15	3,6		0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	14,00	
Isoproturon	µg/l	0,1	422	5	1,2	1	0,2		0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,29	
Flufénoxuron	µg/l	0,1	422	0	0,0	0	0,0		<0,02	<0,02	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Néburon	µg/l	0,1	422	1	0,2	0	0,0		<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Gamma-HCH (Lindan)	µg/l	0,1	422	9	2,1	0	0,0		<0,001	<0,001	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	0,020	
Alpha-HCH	µg/l	0,1	422	3	0,7	0	0,0		<0,001	<0,001	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	0,010	
Beta-HCH	µg/l	0,1	405	4	1,0	2	0,5		<0,001	<0,001	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	0,920	
Delta-HCH	µg/l	0,1	422	5	1,2	0	0,0		<0,001	<0,001	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	0,076	
Alachlore	µg/l	0,1	422	5	1,2	0	0,0		<0,005	<0,005	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	
Trifluraline	µg/l	0,1	422	1	0,2	0	0,0		<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	0,023	
Aldicarbe	µg/l	0,1	422	2	0,5	0	0,0		<0,015	<0,015	<0,03	<0,03	<0,03	<0,1	<0,1	
Mercaptodiméthur	µg/l	0,1	422	8	1,9	2	0,5		<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	0,06	<0,1	0,93	
Dimethoat	µg/l	0,1	0													
Dichlobenil	µg/l	0,1	0													
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	0,1	0													
Pendimethalin	µg/l	0,1	0													
Trichloroéthylène	µg/l	-	422	80	19,0				<0,1	<0,1	<0,2	<0,2	<0,2	0,8	1100,0	
Tétrachloroéthylène	µg/l	-	422	88	20,9				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	0,9	470,0	
Cis 1,2-dichloroéthylène	µg/l	-	422	9	2,1				<1	<1	<10	<10	<10	<15	4620	
1,1,1-trichloroéthane	µg/l	-	422	70	16,6				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	0,3	10,0	

Paramètre	Unité	LP *	nb. points	> LQ		> LP		Moy- enne	Min	P10	P25	P50 Médiane	P75	P90	Max
				nb.	%	nb.	%								
Chloroforme	µg/l	-	422	13	3,1				<0.1	<0.1	<0.5	<0.5	0,6	<0.7	3,9
Tétrachlorure de carbone	µg/l	3	422	10	2,4	1	0,2		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2600,0
Dichlorométhane	µg/l	-	0												
Somme 1,1,1-trichloréthane, Tri, Per	µg/l	10	409	123	30,1	23	5,6		<0.1	<0.1	<0.2	<0.2	0,2	2,4	1580,0
Hexachlorobenzène	µg/l	0,01	422	2	0,5	0	0,0		<0.002	<0.002	<0.005	<0.01	<0.01	<0.01	0,010
Hexachlorobutadiène	µg/l	0,1	422	26	6,2	0	0,0		<0.001	<0.001	<0.005	<0.01	<0.01	<0.01	0,035
Arsenic	µg/l	50	208	26	12,5	0	0,0		<1	<1	<2	<2	<5	<5	37,0
Mercure	µg/l	1	208	21	10,1	0	0,0		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,10	0,55
Chrome	µg/l	50	207	28	13,5	1	0,5		<2	<2	<2	<2	<5	<5	149,0
Nickel	µg/l	50	207	36	17,4	4	1,9		<2	<2	<5	<5	<5	6,0	279,0
Cadmium	µg/l	5	208	12	5,8	1	0,5		<0.3	<0.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	11,6
Plomb	µg/l	50	208	71	34,1	1	0,5		<2	<2	<3	3,0	<5	6,0	179,0
Zinc	µg/l	-	208	120	57,7			69	<1	<1	10	33	54	150	1200
Cuivre	µg/l	-	0												
Aluminium	µg/l	200	0												
PCB 28	µg/l	0,1	320	0	0,0	0	0,0		<0.005	<0.005	<0.005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 52	µg/l	0,1	320	0	0,0	0	0,0		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 101	µg/l	0,1	320	0	0,0	0	0,0		<0.005	<0.005	<0.005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 118	µg/l	0,1	221	0	0,0	0	0,0		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 138	µg/l	0,1	320	0	0,0	0	0,0		<0.005	<0.005	<0.005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 153	µg/l	0,1	320	0	0,0	0	0,0		<0.005	<0.005	<0.005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 180	µg/l	0,1	320	0	0,0	0	0,0		<0.005	<0.005	<0.005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

* Les traitements statistiques sont basés sur les limites de potabilité de la directive européenne pour l'eau potable de 1980. Si la limite n'existe pas, une limite nationale est prise en compte.

* Für die statistische Auswertung wurde meistens der Grenzwert der EU-Trinkwasserrichtlinie von 1980 zugrunde gelegt. Falls ein solcher nicht existiert, wurde ein nationaler Grenzwert berücksichtigt.

La moyenne n'est mentionnée qu'au dessus de 50 % de détection.
Angabe des Mittelwertes ab 50 % Positivbefunde.

Parameter	Dimension	GW *	Anz. Mst.	> BG		> GW		Mittelwert	Min	P10	P25	P50 Median	P75	P90	Max
				Anz.	%	Anz.	%								
Trichlormethan	µg/l	-	324	37	11,4				<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,1	0,2	6,1
Tetrachlormethan	µg/l	3	327	4	1,2	0	0,0		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1
Dichlormethan	µg/l	-	329	0	0,0				<1	<1	<10	<10	<20	<20	<20
Summe 1,1,1-Tri-chlorethan, Tri, Per	µg/l	10	316	132	41,8	17	5,4		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,7	4,7	205,1
Hexachlorbenzol	µg/l	0,01	0												
Hexachlorbutadien	µg/l	0,1	0												
Arsen	µg/l	50	327	269	82,3	1	0,3	2,3	<0.2	<0.2	0,5	<1	2,0	<5	75,0
Quecksilber	µg/l	1	24	0	0,0	0	0,0		<0.05	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.2
Chrom	µg/l	50	327	170	52,0	2	0,6	1,8	<0.5	<0.5	<0.5	0,6	1,1	3,0	130,0
Nickel	µg/l	50	325	224	68,9	1	0,3	1,6	<0.5	<0.5	<0.5	0,9	1,4	2,6	90,0
Cadmium	µg/l	5	327	24	7,3	1	0,3		<0.1	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0,3	311,0
Blei	µg/l	50	327	77	23,5	1	0,3		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0,7	2,6	3083,0
Zink	µg/l	-	312	272	87,2			929	<5	<5	7	16	70	259	255700
Kupfer	µg/l	-	310	126	40,6				<1	<1	<1	<1	2	5	114
Aluminium	µg/l	200	323	182	56,3	0	0,0	9	<5	<5	<5	6	<10	13	74
PCB 28	µg/l	0,1	0												
PCB 52	µg/l	0,1	0												
PCB 101	µg/l	0,1	0												
PCB 118	µg/l	0,1	0												
PCB 138	µg/l	0,1	0												
PCB 153	µg/l	0,1	0												
PCB 180	µg/l	0,1	0												

* Les traitements statistiques sont basés sur les limites de potabilité de la directive européenne pour l'eau potable de 1980. Si la limite n'existe pas, une limite nationale est prise en compte.

* Für die statistische Auswertung wurde meistens der Grenzwert der EU-Trinkwasserrichtlinie von 1980 zugrunde gelegt. Falls ein solcher nicht existiert, wurde ein nationaler Grenzwert berücksichtigt.

La moyenne n'est mentionnée qu'au dessus de 50 % de détection. Angabe des Mittelwertes ab 50 % Positivbefunde.

4.3. Tableau statistique dans la vallée du Rhin supérieur

4.3. Statistische Übersicht über die Ergebnisse im gesamten Oberrheingraben

nb. = nombre, LQ = Limite de quantification, LP = Limite de potabilité
D: analysé seulement en pays de Bade F: analysé seulement en Alsace

Anz. = Anzahl, BG = Bestimmungsgrenze, GW = Grenzwert
D: nur in Baden analysiert, F: nur im Elsaß analysiert

Paramètre	Unité	LP *	nb.	> LQ	> LP	Moy-	Min	P10	P25	P50	P75	P90	Max		
Parameter	Dimen-	GW*	Anz.	> BG	> GW	Mittel-	Min	P10	P25	P50	P75	P90	Max		
	sion		Mst.	Anz.	Anz.	wert				Mediane					
			points	nb.	%	enne				Median					
Température / Temperatur	Grad C	25	1051	1051	100	3	0,3	13,5	9,0	11,5	12,0	13,0	14,4	16,2	32,4
Conductivité el. / Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	2000	1106	1106	100	17	1,5	867	81	361,6	514	655	797	944	54500
Valeur de pH / pH-Wert	-	6.5/9.5	1090	1090	100	90	8,3	7,14	5,10	6,60	7,00	7,20	7,40	7,60	8,54
Oxygène dissous / Sauerstoff	mg/l	-	1044	1030	98,7			4,8	0,1	1,1	2,8	4,7	6,9	8,2	16,9
Saturation en O2 / Sauerstoffsättigung	%	-	1019	1005	98,6			46,6	0,4	10,7	27,8	46,0	66,4	79,3	183,0
Dureté totale / Gesamthärte	mg/l Ca	-	1098	1098	100			123,5	0,4	51,7	74,5	109,8	145,9	175,6	6693
Dureté totale / Gesamthärte	° dH	-	1098	1098	100			17,2	0,1	7,2	10,4	15,3	20,3	24,5	933,4
Dureté totale / Gesamthärte	° fH	-	1098	1098	100			30,8	0,1	12,9	18,6	27,4	36,4	43,9	1670,0
Hydrogénocarbonates Hydrogencarbonat	mg/l	-	1051	1051	100			253	12	108	204	255	320	376	614
titre alcalimétrique complet / Säure- kapazität bis pH 4,3	mmol/l	-	1051	1051	100			4,21	0,26	1,83	3,40	4,24	5,30	6,23	10,12
Calcium	mg/l	400	1097	1097	100	10	0,9	108,1	0,1	49,0	74,0	100,0	122,8	146,0	5066,9
Magnesium	mg/l	50	1097	1096	99,9	9	0,8	14,4	0,1	5,9	8,1	11,5	15,8	22,6	980,0
Sodium / Natrium	mg/l	150	1050	1050	100	19	1,8	59,6	1,7	7,8	10,7	15,6	28,5	49,9	11465
Potassium / Kalium	mg/l	12	1050	1037	98,8	99	9,4	8,2	<0,1	1,3	1,9	2,8	4,7	11,3	1058,0
Nitrates / Nitrat	mg/l	50	1115	1070	96,0	166	14,9	28,6	<0,1	2,4	9,0	21,1	38,3	62,2	295,0
Ammonium	mg/l	0,5	1044	263	25,2	19	1,8		<0,005	<0,01	<0,01	<0,03	<0,07	<0,07	29,900
Nitrites / Nitrit	mg/l	0,1	1107	184	16,6	23	2,1		<0,002	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	0,58
Chlorures / Chlorid	mg/l	200	1108	1108	100	36	3,2	125,7	1,7	12,5	22,0	38,0	60,2	93,4	19267
Sulfates / Sulfat	mg/l	250	1104	1103	99,9	7	0,6	51,2	<0,2	23,7	30,8	40,0	58,0	84,3	866,0
Bor(e)	mg/l	1	1050	695	66,2	5	0,5	0,064	0,002	0,017	0,028	<0,05	0,050	0,082	4,500
Fer / Eisen	mg/l	0,2	1042	827	79,4	172	16,5	0,629	0,003	<0,01	0,010	0,050	0,110	0,608	220,00
Manganèse / Mangan	mg/l	0,05	1045	684	65,5	215	20,6	0,119	<0,001	<0,001	0,004	0,006	0,023	0,270	6,980
Phosphore total / Gesamtphosphor	mg/l	2,18	1023	322	31,5	6	0,6		<0,001	0,022	<0,03	<0,1	<0,1	0,100	3,470
Atrazin(e)	µg/l	0,1	740	382	51,6	70	9,5	0,06	<0,005	<0,01	<0,02	<0,03	0,06	0,10	2,40
Simazin(e)	µg/l	0,1	722	153	21,2	16	2,2		<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,03	<0,05	0,96
Terbutylazin(e)	µg/l	0,1	722	36	5,0	3	0,4		<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,03	<0,03	0,22
Desethylatrazin(e)	µg/l	0,1	733	401	54,7	97	13,2	0,06	<0,01	<0,01	<0,02	<0,03	0,06	0,12	0,82
Desisopropylatrazin(e)	µg/l	0,1	700	89	12,7	21	3,0		<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,03	<0,05	0,50
Cyanazin(e)	µg/l	0,1	F												
Desethyl- terbutylazin(e)	µg/l	0,1	D												
Propazin(e)	µg/l	0,1	D												
Sebutylazin(e)	µg/l	0,1	D												
Metolachlor(e)	µg/l	0,1	D												
Metazachlor(e)	µg/l	0,1	D												
Metalaxyl	µg/l	0,1	D												
Bromacil	µg/l	0,1	D												
Hexazinon	µg/l	0,1	D												
Disulfoton	µg/l	0,1	723	1	0,1	0	0,0		<0,007	<0,007	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05
Formothion	µg/l	0,1	726	0	0,0	0	0,0		<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,07	<0,07
Ethylparathion / Parathionethyl (E605)	µg/l	0,1	727	1	0,1	0	0,0		<0,009	<0,009	<0,01	<0,02	<0,03	<0,05	<0,05
Chlorpyriphosethyl	µg/l	0,1	726	0	0,0	0	0,0		<0,007	<0,007	<0,01	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05
Diazinon	µg/l	0,1	729	5	0,7	1	0,1		<0,007	<0,007	<0,01	<0,02	<0,02	<0,05	0,159
Malathion	µg/l	0,1	D												
Glyphosat(e)	µg/l	0,1	D												
Diuron	µg/l	0,1	725	45	6,2	16	2,2		0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	14,00
Isoproturon	µg/l	0,1	725	6	0,8	1	0,1		0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,29
Flufenoxuron	µg/l	0,1	711	0	0,0	0	0,0		<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1

Neburon	µg/l	0,1	724	1	0,1	0	0,0		<0.02	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Gamma-HCH (Lindan)	µg/l	0,1	F												
Alpha-HCH	µg/l	0,1	F												
Beta-HCH	µg/l	0,1	F												
Delta-HCH	µg/l	0,1	F												
Alachlor(e)	µg/l	0,1	F												
Trifluralin(e)	µg/l	0,1	727	1	0,1	0	0,0		<0.005	<0.005	<0.01	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05
Aldicarb(e)	µg/l	0,1	F												
Mercaptodiméthur / Mercaptodimethur	µg/l	0,1	F												
Dimethoat	µg/l	0,1	D												
Dichlobenil	µg/l	0,1	D												
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	0,1	D												
Pendimethalin	µg/l	0,1	D												
Trichloroéthylène / Trichlorethen (Tri)	µg/l	-	775	177	22,8				<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.2	1,1	1100,0
Tétrachloroéthylène / Tetrachlorethen (Per)	µg/l	-	775	240	31,0				0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,2	1,2	470,0
Cis 1,2- dichloroéthylène / cis- 1,2-Dichlorethen	µg/l	-	733	15	2,0				<1	<1	<10	<10	<15	<20	4620
1,1,1-trichloroéthane / 1,1,1-Trichlorethan	µg/l	-	775	104	13,4				<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,2	10,2
Chloroforme / Trichlormethan	µg/l	-	783	51	6,5				<0.1	<0.1	<0.1	0,2	<0.5	<0.7	6,1
Tétrachlorure de carbone / Tetrachlormethan	µg/l	3	786	14	1,8	1	0,1		<0.05	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2600,0
Dichlorométhane / Dichlormethan	µg/l	-	D												
Somme / Summe 1,1,1- Trichlorethan(e), Tri, Per	µg/l	10	762	292	38,3	44	5,8		<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	0,4	3,4	1580,0
Hexachlorobenzène / Hexachlorbenzol	µg/l	0,01	F												
Hexachlorobutadiène / Hexachlorbutadien	µg/l	0,1	F												
Arsenic / Arsen	µg/l	50	535	295	55,1	1	0,2	2,6	<0.2	0,3	0,8	1,7	2,3	<5	75,0
Mercure / Quecksilber	µg/l	1	232	21	9,1	0	0,0		<0.05	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,10	0,55
Chrom(e)	µg/l	50	534	198	37,1	3	0,6		<0.5	<0.5	<0.5	1,7	2,0	<5	149,0
Nickel	µg/l	50	532	260	48,9	5	0,9		<0.5	<0.5	0,7	1,7	<5	<5	279,0
Cadmium	µg/l	5	535	36	6,7	2	0,4		<0.1	<0.2	<0.2	<0.2	<0.5	<0.5	311,0
Plomb / Blei	µg/l	50	535	148	27,7	2	0,4		<0.5	<0.5	<0.5	1,1	3,0	<5	3083,0
Zinc / Zink	µg/l	-	520	392	75,4			585	<1	<5	9	23	63	190	255700
Cuivre / Kupfer	µg/l	-	D												
Aluminium	µg/l	200	D												
PCB 28	µg/l	0,1	F												
PCB 52	µg/l	0,1	F												
PCB 101	µg/l	0,1	F												
PCB 118	µg/l	0,1	F												
PCB 138	µg/l	0,1	F												
PCB 153	µg/l	0,1	F												
PCB 180	µg/l	0,1	F												

* Les traitements statistiques sont basés sur les limites de potabilité de la directive européenne pour l'eau potable de 1980.
Si la limite n'existe pas, une limite nationale est prise en compte.

* Für die statistische Auswertung wurde meistens der Grenzwert der EU-Trinkwasserrichtlinie von 1980 zugrunde gelegt.
Falls ein solcher nicht existiert, wurde ein nationaler Grenzwert berücksichtigt.

La moyenne n'est mentionnée qu'au dessus de 50 % de détection.
Angabe des Mittelwertes ab 50 % Positivbefunde.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur, relevant de l'initiative communautaire INTERREG II, a été engagé en 1996. Réalisé à partir d'un réseau de référence de plus de 1000 points de mesure, il a porté sur 83 composés, dont 48 paramètres communs aux deux côtés du Rhin, qui ont donné lieu à la réalisation de 35 cartes de qualité transfrontalières.

La première phase de travail a consisté pour la première fois au niveau transfrontalier à mettre en cohérence les méthodes de prélèvements, de sélection des paramètres et des points de mesure, et à mettre en place de tests de contrôle de validité des mesures. Les résultats de la campagne de prélèvement et d'analyse de 1996/97 concernent la qualité globale de la ressource en eau souterraine et non celle de l'eau distribuée aux usagers dans la vallée du Rhin supérieur, qui, de façon générale, est de bonne qualité. Ces résultats ont permis de dresser le constat suivant :

- La pollution des eaux souterraines par les nitrates, dans la vallée du Rhin supérieur, reste le problème majeur. La situation est comparable de part et d'autre du Rhin, les zones de la nappe rendues non potables du fait des concentrations élevées en nitrates, représentant 8,3 % de la surface de la nappe de la vallée du Rhin Supérieur.
- La contamination par les chlorures est importante localement. Côté français, elle affecte 3,2 % de la surface de la nappe et 0,2 % côté badois. Essentiellement liée à la présence des terrils résultant de l'exploitation des mines de potasse, cette contamination est toutefois maîtrisée à la surface de la nappe, la situation s'améliorant du fait de la mise en œuvre d'importantes mesures de dépollution.
- Les triazines (herbicides), et plus particulièrement l'atrazine et son métabolite la dééthylatrazine, sont largement présentes dans les eaux souterraines, particulièrement en Alsace, où la limite de qualité pour l'eau potable pour l'atrazine est dépassée sur 13,5 % des points de mesure. Côté allemand, la contamination est moins généralisée. Toutefois, malgré l'interdiction de son utilisation depuis 1991, la limite de qualité pour l'atrazine est dépassée pour 3,7 % des points de mesure.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben wird durch die Gemeinschaftsinitiative INTERREG II finanziert und seit 1996 durchgeführt. An einem Referenzmeßnetz von mehr als 1000 Meßstellen wurden 83 Stoffe untersucht, davon wurden 48 Parameter auf beiden Seiten des Rheins analysiert und 35 grenzübergreifende Karten zur Grundwasserqualität erstellt.

Die erste wichtige Arbeitsphase bestand aus der Harmonisierung der Probennahmemethoden, der Auswahl der Parameter und Meßstellen und der zum ersten Mal grenzüberschreitend durchgeführten Qualitätssicherung der Meßwerte. Die Ergebnisse der Beprobungs- und Analysenkampagne 1996/97, die sich auf die großräumige Qualität der Ressource Grundwasser beziehen und nicht auf das im Oberrheingraben verteilte Trinkwasser, das im allgemeinen von guter Qualität ist, führen zu folgenden Hauptaussagen:

- Die Belastung des Grundwassers in der Oberrheinebene durch Nitrat bleibt nach wie vor ein Hauptproblem. Die Situation ist im Elsaß und in Baden vergleichbar. Die Bereiche, in denen das Grundwasser aufgrund erhöhter Nitratgehalte nicht trinkbar wäre, beträgt 8,3 % der Fläche des Grundwassers im Oberrheingraben.
- Die Belastung durch Chlorid ist von lokaler Bedeutung. Auf französischer Seite sind 3,2 % der Fläche des Grundwassers betroffen, auf badischer Seite 0,2 %. Im Wesentlichen ist die Belastung auf die Abraumhalden aus dem Kaliabbau zurückzuführen. In den oberflächennahen Grundwasserbereichen verbessert sich die Situation aber allmählich aufgrund der umfangreichen Sanierungsmaßnahmen.
- Die Triazine (Herbizide), insbesondere Atrazin und sein Abbauprodukt Desethylatrazin, sind im Grundwasser weit verbreitet, vor allem im Elsaß, wo der Trinkwassergrenzwert für Atrazin an 13,5 % der Meßstellen überschritten wird. Auf deutscher Seite ist die Belastung weniger flächenhaft, der Grenzwert wird jedoch trotz des Verbots von Atrazin seit 1991 an 3,7 % der Meßstellen überschritten.

- D'autres produits phytosanitaires, principalement des herbicides, sont moins souvent détectés, mais les limites de qualité pour l'eau potable ont été dépassées dans de nombreux cas. Du fait des utilisations différentes des matières actives des deux côtés du Rhin, il existe des différences dans la fréquence de détection des substances analysées et la répartition des concentrations observées. Une substance au moins a été détectée sur 60 % des points de mesure.
- Les solvants chlorés (trichloroéthylène, tétrachloroéthylène et 1,1,1 trichloroéthane) sont souvent détectés (au moins une substance détectée sur 38,3 % des points de mesure), principalement au droit des sites industriels en activité ou désaffectés. La somme des concentrations dépasse la limite de qualité pour plus de 5 % des points de mesure.
- Les pollutions de la nappe par les métaux lourds sont plus rares, les limites de qualité étant cependant dépassées ponctuellement pour le nickel, le chrome, le cadmium et le plomb.
- Le bore, indicateur pour la pollution par les eaux usées domestiques ou industrielles (canaux défectueux ou infiltration des eaux superficielles) est détecté sur 66,2 % des points de mesure.
- Andere Pflanzenschutzmittel, überwiegend Herbizide, werden weniger häufig nachgewiesen, dennoch werden die Trinkwassergrenzwerte in mehreren Fällen überschritten. Aufgrund der unterschiedlichen Landnutzung und Anwendung der Wirkstoffe beiderseits des Rheins gibt es Unterschiede in der Häufigkeit der nachgewiesenen Stoffe und in der Verteilung der Konzentrationen. An 60 % aller Meßstellen wird mindestens ein Wirkstoff nachgewiesen.
- Die chlorierten Lösungsmittel Trichlorethen, Tetrachlorethen und 1,1,1 Trichlorethan wurden häufig nachgewiesen (an 38,3 % aller Meßstellen mindestens ein Wirkstoff nachgewiesen), vor allem im Bereich von heutigen und ehemaligen Industriebetrieben. Die Summe der Konzentrationen liegt an über 5 % aller Meßstellen über dem Grenzwert.
- Belastungen durch Schwermetalle sind im Grundwasser seltener anzutreffen, doch werden punktuelle Grenzwertüberschreitungen besonders für Nickel, Chrom, Cadmium und Blei beobachtet.
- Bor, als Indikator für häusliche und industrielle Abwässer (aus defekten Kanäle oder infiltrierenden Oberflächengewässern) wird an 66,2 % aller Meßstellen gefunden.

Globalement, on observe, tous paramètres confondus (hormis le fer et le manganèse), un dépassement des limites de qualité sur 40 % des points de mesure. L'influence anthropique est en effet mise en évidence sur la grande majorité des points de mesure, ce qui n'est pas conforme à l'objectif de l'Union Européenne d'une eau de bonne qualité, fixé dans le projet de directive cadre sur l'eau. Ce constat rend indispensable la mise en place de mesures de protection et de reconquête de la qualité des eaux souterraines, notamment vis-à-vis des pollutions diffuses.

Cet état des lieux de la qualité de la nappe, établi pour l'année 1997, constitue une étape importante dans la gestion future de la ressource. Il s'inscrit en tant que phase préliminaire à la définition de propositions d'actions communes pour la protection et la reconquête de la qualité des eaux souterraines, notamment vis-à-vis des pollutions diffuses.

Für alle Parameter zusammen (außer Eisen und Mangan) werden die Grenzwerte an 40 % aller Meßstellen überschritten. Das Grundwasser an den meisten Meßstellen ist anthropogen beeinflusst. Dies entspricht nicht dem Ziel der Europäischen Union, die in der geplanten Wasserrahmenrichtlinie eine gute Qualität des Wassers anstrebt. Dadurch zeigt sich die Notwendigkeit von Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers und zur Wiederherstellung einer guten Grundwasserqualität, besonders hinsichtlich der diffusen Belastungen.

Diese Zustandsbeschreibung der Grundwasserqualität, aufgestellt für das Jahr 1997, stellt einen wichtigen Schritt für die zukünftige Bewirtschaftung der Ressource dar. Sie ist die erste Voraussetzung zur Definition gemeinsamer Maßnahmenvorschläge zum Schutz des Grundwassers und zur Wiederherstellung einer guten Grundwasserqualität, vor allem bezüglich

Les résultats des recherches sur les piézomètres profonds seront décrits dans un autre rapport, qui permettra de donner un aperçu de la qualité de la nappe en profondeur.

Un rapport final sera établi sur la base de ces deux premiers rapports : en plus d'une description synthétique de la qualité de la nappe dans la vallée du Rhin Supérieur, il présentera et discutera des propositions de mesures pour le renforcement de la protection et la reconquête de la qualité des eaux souterraines.

der diffusen Belastungen.

In einem weiteren Auswertungsbericht werden die Ergebnisse der Untersuchungen an tiefen Meßstellen beschrieben, so daß auch der Zustand des tiefen Grundwassers bewertet werden kann.

Aufbauend auf diesen beiden Berichten werden im Abschlußbericht neben einer zusammenfassenden Zustandsbeschreibung des gesamten Grundwassers im Oberrheingraben auch einige Maßnahmenvorschläge zur Verbesserung des Grundwasserschutzes und zur qualitativen Verbesserung der Grundwassersituation vorgestellt und diskutiert.

ANNEXES

ANHANG

A1 VALEURS LIMITES PRISES EN COMPTE

Les valeurs suivantes sont utilisées dans les tableaux statistiques des chapitres 4.1, 4.2 et 4.3 :

Limite de qualité pour l'eau potable (LP)

La limite de qualité définie dans la « Directive relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine » du 15 juillet 1980 a été utilisée pour l'exploitation statistique des résultats d'analyses. Dans le cas où celle-ci n'existe pas, une limite nationale est utilisée. La limite de qualité prise en compte dans les tableaux n° 4.1, 4.2 et 4.3 (troisième colonne) est également utilisée dans le calcul du nombre ou du pourcentage de points de mesure dont la valeur est supérieure à la limite de qualité.

Les différentes limites de qualité pour les eaux potables en vigueur dans l'Union Européenne, en France, en Allemagne et en Suisse, sont présentées en annexe A2. La nouvelle directive européenne du 3 novembre 1998 n'a pu être prise en compte dans le cadre du présent rapport.

Limite de quantification (LQ)

La limite de quantification est le seuil à partir duquel il est possible pour un laboratoire de chiffrer la concentration relative à l'élément considéré.

Pour le calcul du nombre ou du pourcentage de valeurs mesurées supérieures à la limite de quantification (valeurs dites « positives »), il faut tenir compte du fait que cette limite peut être différente d'un laboratoire à un autre. Une liste des différentes limites de quantification affichées par les laboratoires se trouve en annexe A4.

Moyenne

La moyenne n'est donnée que dans le cas où plus de 50 % des résultats d'analyses sont « positifs ».

La moyenne est souvent sujette à caution, car elle prend en compte des valeurs inférieures à la limite de quantification (< LQ). Pour le calcul de la moyenne, on peut retenir soit la valeur absolue de la limite de quantification, soit la moitié de cette

A1 DIE VERWENDETEN STATISTISCHEN WERTE

In den statistischen Übersichten in Kapitel 4.1, 4.2 und 4.3 sind folgende Werte aufgeführt:

Grenzwert (GW)

Für die statistischen Auswertungen wird der EU-Grenzwert der "Richtlinie des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch" vom 15. Juli 1980 zugrunde gelegt. Falls ein solcher nicht existiert, wird ein nationaler Grenzwert verwendet. Der verwendete Grenzwert ist in den Tabellen 4.1, 4.2 und 4.3 angegeben (dritte Spalte) und wird auch bei der Angabe der Anzahl oder des Anteils der Meßwerte über dem Grenzwert berücksichtigt.

Eine Gegenüberstellung der für Trinkwasser geltenden Werte in der EU-Richtlinie, Frankreich, Deutschland und der Schweiz befindet sich im Anhang A2. Die neue EU-Trinkwasser-Richtlinie vom 3. November 1998 konnte im Rahmen dieses Berichts noch nicht berücksichtigt werden.

Bestimmungsgrenze (BG)

Die Bestimmungsgrenze ist der Wert, ab welchem es für ein Laboratorium möglich ist, die Konzentration eines Inhaltsstoffs zu quantifizieren.

Bei der Angabe der Anzahl oder des Anteils der Meßwerte größer Bestimmungsgrenze (positive Befunde) ist zu berücksichtigen, daß die Bestimmungsgrenzen für einen Parameter von Labor zu Labor z.T. unterschiedlich sind. Eine Auflistung der verschiedenen von den Laboratorien angegebenen Bestimmungsgrenzen befindet sich im Anhang A4.

Mittelwert (MW)

Der Mittelwert wird in den statistischen Übersichten nur angegeben, falls über 50 % aller Werte positive Befunde sind.

Der Mittelwert ist mit Vorsicht zu bewerten, da auch negative Befunde (< BG) in die Berechnung eingehen. Bei der Berechnung des Mittelwerts können negative Befunde mit dem absoluten Wert der Bestimmungsgrenze, mit halbem Wert oder als

valeur, soit la valeur 0, aucune méthode n'étant établie de manière générale. Pour l'exploitation statistique des résultats (chapitre 4), c'est la valeur absolue de la limite de quantification qui a été prise en compte.

Percentiles (P10, P25 , P50/Médiane, P75, P90)

Dans ce type d'évaluation, les valeurs mesurées sont classées par ordre croissant, les valeurs inférieures à la limite de quantification sont prises en compte selon la valeur absolue de la limite de quantification. La médiane ou percentile 50 (P50) est la valeur pour laquelle 50 % des valeurs sont supérieures à celle-ci et 50 % des valeurs lui sont inférieures.. A titre d'exemple, P10 est la valeur pour laquelle 10 % des valeurs mesurées sont inférieures, 90 % sont supérieures.

La signification de la médiane est décrite en annexe A3.

0 berücksichtigt werden, dies ist nicht allgemein gültig festgelegt. Für die statistischen Auswertungen (Kapitel 4) wurde der absolute Wert der Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

Rangstatistik (P10, P25, P50/Median, P75, P90)

Bei rangstatistischen Auswertungen werden die Daten aufsteigend sortiert, die negativen Befunde werden mit dem absoluten Wert der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Der Median oder 50. Perzentil (P50) ist der Wert in der Mitte der sortierten Datenreihe, d.h. 50 % der Werte sind größer als der Median und 50 % der Meßwerte sind kleiner. Das 10. Perzentil (P10) ist also der Wert, der von 10 % aller Werte unterschritten und von 90 % überschritten wird.

Die Bedeutung des Medians ist in Anhang A3 beschrieben.

A2 LIMITE DE QUALITÉ - VALEUR GUIDE - VALEUR D'ALERTE

Il n'existe pas de valeurs limites réglementaires pour les eaux souterraines ; cependant, la nappe rhénane constituant une importante ressource en eau pour l'alimentation en eau potable, les limites de qualité pour l'eau potable ont été prises comme références pour l'exploitation des données analytiques. Dans le tableau A2 sont répertoriées les différentes limites de qualité, valeurs guides et valeurs d'alerte, européennes et nationales, pour l'eau potable. Ces valeurs ont été extraites des directives et des réglementations suivantes :

Union Européenne

- *Directive relative aux eaux destinées à la consommation humaine du 15 juillet 1980 n° 80/778/CEE*, (transcrite dans les droits nationaux).

Il est recommandé dans la directive que « les valeurs établies pour chaque paramètre soient conformes ou inférieures à la concentration maximale admissible » (VMA). « Il est souhaitable que les états membres s'orientent vers la « valeur guide » (VG) ».

Les valeurs présentées dans cette directive de 1980 ont servi de base pour l'exploitation des résultats d'analyses.

- *Directive relative aux eaux destinées à la consommation humaine du 3 novembre 1998 n° 98/83/CE*, non encore transcrite dans les droits nationaux.

Dans la nouvelle directive européenne sont réglementés les paramètres ayant une incidence dans le domaine sanitaire. Les concepts stricts de « limite de qualité » et de « valeur guide » sont abandonnés et des « valeurs de paramètre » (VP) sont introduites comme références de qualité. Les valeurs indicatives (VI) sont des spécifications et ne constituent en aucun cas une « limite de qualité ». Elles font office de valeurs guides pour le traitement de l'eau.

A2 GRENZWERTE – RICHTWERTE - WARNWERTE

Für Grundwasser gibt es keine gesetzlich festgelegten Grenzwerte. Da das Grundwasser im Oberrheingraben jedoch eine bedeutsame Trinkwasserressource darstellt, wurden die Grenzwerte für Trinkwasser den Auswertungen der Analysenergebnisse zugrunde gelegt. Eine Gegenüberstellung der verschiedenen europäischen und nationalen Grenz-, Richt- und Warnwerte für Trinkwasser befindet sich in folgender Tabelle A2. Die Werte wurden den folgenden Richtlinien und Verordnungen entnommen:

Europäische Union

- *Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch*, (in nationales Recht umgesetzt).

In der Richtlinie wird gefordert, daß "die für bestimmte Parameter festgelegten Werte der zulässigen Höchstkonzentration (ZHK) entsprechen oder darunter liegen". "Es ist wünschenswert, daß sich die Mitgliedstaaten an den als "Richtzahl" (RZ) aufgestellten Werten orientieren."

Die in dieser Richtlinie von 1980 aufgeführten Werte wurden der Auswertung der Meßwerte zugrunde gelegt.

- *Richtlinie des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch*, (noch nicht in nationales Recht umgesetzt).

In der neuen EU-Trinkwasser-Richtlinie wird Wert darauf gelegt, nur gesundheitlich relevante Parameter zu regeln. Die strengen Begriffe "Grenzwert" und "Richtwert" entfallen und es werden Parameterwerte (PW) als Qualitätsstandards eingeführt. Die Indikatorwerte (IW) werden als Spezifikationen bezeichnet und haben keinesfalls Grenzwertcharakter. Sie sind von der Aufgabenstellung her Leitwerte für die Aufbereitung.

France

- *Décret du 3 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles*

Il définit les limites de qualité (LP) des eaux destinées à la consommation humaine.

Allemagne

- *Réglementation sur l'eau potable et sur l'eau à l'usage des entreprises agro-alimentaires du 5 décembre 1990*

« Pour l'eau potable les limites de qualité (LQ) définies ne peuvent pas être dépassées, les valeurs guides (VG, uniquement pour le Zinc et le cuivre) ne doivent pas être dépassées. »

- *Programme de surveillance de l'eau souterraine du Bade-Wurtemberg – Valeur d'alerte pour l'eau souterraine*

Les valeurs d'alerte (VA) utilisées dans le land du Bade-Wurtemberg servent avant tout à attirer l'attention sur des concentrations croissantes dans l'eau souterraine, mais elles n'ont aucun fondement juridique. Pour les paramètres pour lesquels il existe une limite de qualité dans la réglementation, la valeur d'alerte est de 80 % de la valeur de la limite de qualité.

Suisse

- *Réglementation des substances étrangères et composantes du 23 octobre 1998*

Cette réglementation définit des limites de tolérance (LT) et des limites de qualité (LQ) pour l'eau potable et les aliments liquides.

- *Réglementation pour la protection de l'eau du 28 octobre 1998*

Dans cette réglementation suisse, des recommandations pour les eaux souterraines utilisées ou destinées à l'alimentation en eau potable sont formulées, concernant 11 substances ou groupes de substances. Ces recommandations sont mentionnées dans la colonne « remarques » du tableau A2.

Frankreich

- *Dekret vom 3. Januar 1989 für Wasser für den menschlichen Gebrauch, ausschließlich der natürlichen Mineralwässer*

In diesem Dekret werden die Grenzwerte (GW) für Wasser für den menschlichen Gebrauch definiert.

Deutschland

- *Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe vom 5. Dezember 1990*

„In Trinkwasser dürfen die festgesetzten Grenzwerte (GW) für chemische Stoffe nicht überschritten werden, die festgesetzten Richtwerte (RW, nur für Zink und Kupfer) sollen nicht überschritten werden.“

- *Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg – Warnwerte für Grundwasser*

Die Warnwerte (WW) Baden-Württembergs dienen in erster Linie dazu, frühzeitig auf steigende Konzentrationen im Grundwasser aufmerksam zu machen, sie haben aber keine gesetzliche Grundlage. Für Parameter, für die ein Grenzwert in der Trinkwasserverordnung existiert, liegt der Warnwert im Regelfall bei 80 % des Trinkwassergrenzwerts.

Schweiz

- *Fremd- und Inhaltsstoffverordnung vom 23. Oktober 1998*

Hier werden Toleranzwerte (TW) und Grenzwerte (GW) für Trinkwasser und "flüssige Lebensmittel" angegeben.

- *Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998*

In dieser schweizerischen Verordnung sind „zusätzliche Anforderungen an Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist“ für 11 Stoffe und Stoffgruppen aufgeführt. In Tabelle A2 sind diese Anforderungen in der Spalte Bemerkungen erwähnt.

A3 PRISE EN COMPTE DE LA MOYENNE ET DE LA MÉDIANE

Pour la plupart des paramètres physico-chimiques classiques, par opposition aux micropolluants, la valeur moyenne et la valeur médiane ont été prises en compte dans l'exploitation des résultats. Pour l'interprétation de ces valeurs, il faut tenir compte des points suivants :

- Quand les valeurs sont réparties de manière symétrique (i.e. si les valeurs ont une distribution gaussienne : la plupart des valeurs se trouvent dans le domaine des concentrations moyennes et si la part des valeurs extrêmes est faible), la valeur moyenne est identique à la valeur médiane.
- Dans le cas d'une distribution avec des valeurs élevées erratiques (càd il existe beaucoup de valeurs faibles et quelques valeurs très élevées), la médiane est plus significative que la valeur moyenne car elle est moins sensible aux valeurs erratiques. La notion de médiane est donc ici plus adaptée, car elle est moins sensible aux anomalies et aux valeurs extrêmes.

La comparaison entre la valeur moyenne et la valeur médiane permet ainsi d'avoir une idée de la distribution des valeurs. Si la valeur moyenne est sensiblement plus élevée que la valeur médiane, cela signifie que des valeurs extrêmes très élevées ont été mesurées (cas des chlorures par exemple).

Dans le cas d'une répartition irrégulière des valeurs, la notion de médiane est cohérente : elle est plus significative pour une comparaison temporelle des valeurs.

A3 VERWENDUNG VON MITTELWERT UND MEDIAN

Bei den meisten klassischen physikalisch-chemischen Parametern wird der Mittelwert und Medianwert in den Auswertungen angegeben. Bei der Interpretation dieser Werte sind folgende Punkte zu beachten:

- Wenn die Daten symmetrisch verteilt sind (z.B. Gaußverteilung: die meisten Werte befinden sich im Bereich mittlerer Konzentrationen und der Anteil der höheren und niedrigeren Konzentrationen nimmt gleichermaßen ab), ist der Mittelwert gleich dem Medianwert.
- Bei einer linkssteilen Verteilung mit hoher Variabilität der Extremwerte (d.h. es liegen viele niedrige Konzentrationen aber vereinzelte sehr hohe Konzentrationen vor) ist der Median aussagekräftiger als der Mittelwert, da er weniger von Ausreißern beeinflusst wird. Der Median ist hier also geeigneter, da er unempfindlicher gegenüber hohen Variabilitäten bei einzelnen Extremwerten ist.

Der Vergleich von Mittelwert und Median gibt somit auch Hinweise auf die Form der Verteilung. Zum Beispiel kommen in einem Datenkollektiv, bei dem der Mittelwert deutlich höher ist als der Medianwert, sehr hohe Extremwerte vor (z.B. bei Chlorid).

Wenn die Werte innerhalb eines Datenkollektivs nicht gleichmäßig verteilt sind, wird der Medianwert verwendet, welcher bei einem zeitlichen Vergleich der Werte aussagekräftiger ist.

A4 LIMITES DE QUANTIFICATION

Dans la description de la répartition des éléments présents à l'état de traces (produits phytosanitaires, OHV, métaux), la valeur moyenne et la valeur médiane sont souvent proches de la limite de quantification. Le pourcentage de valeurs dépassant la limite de quantification et la limite de qualité ont été utilisés dans l'exploitation des résultats.

Limite de quantification / limite de détection

La limite de quantification doit être distinguée de la limite de détection : la limite de détection est, en effet, le seuil à partir duquel un élément est décelable lors d'une analyse, mais non quantifiable, alors que la limite de quantification est le seuil à partir duquel il est possible pour un laboratoire de chiffrer la concentration relative à l'élément considéré. De ce fait, la limite de quantification est toujours supérieure à la limite de détection.

Valeurs des limites de quantification

Les limites de quantification sont liées aux méthodes d'analyses et peuvent varier d'un laboratoire à un autre. Pour un laboratoire dont la limite de quantification de l'atrazine est par exemple de 0,01 µg/l, une valeur de 0,03 µg/l est un résultat "positif". Pour un laboratoire qui affiche comme limite de quantification 0,05 µg/l, le résultat est considéré comme "négatif". Par ailleurs, il est important de noter que, plus les valeurs sont faibles, plus les imprécisions de mesure sont importantes. Ainsi, une valeur donnée < 0,01 µg/l n'est pas forcément plus exacte qu'une valeur donnée < 0,05 µg/l.

Si la limite de quantification est plus faible pour l'un des laboratoires, il en résulte un plus grand nombre de résultats « positifs ». Il en résulte une difficulté de représenter de façon cohérente la répartition des valeurs pour certains paramètres et doit être pris en compte lors de l'interprétation.

Le tableau A4 répertorie les limites de quantification prises en compte dans le cadre du présent inventaire. La limite de quantification la plus fréquemment rencontrée est indiquée en gras.

A4 BESTIMMUNGSGRENZEN

Bei der Beschreibung der Verteilungen der Spurenstoffe (Pflanzenschutzmittel, LHKW, Metalle) liegen Mittelwert und Median meist im Bereich der Bestimmungsgrenzen. Daher wird bei der Auswertung der Spurenstoffe der Anteil der Überschreitungen der Bestimmungsgrenze und des Grenzwerts verwendet.

Bestimmungsgrenze / Nachweisgrenze

Es muß zwischen Bestimmungsgrenze und Nachweisgrenze unterschieden werden: Die Nachweisgrenze ist der Wert, ab welchem ein Stoff bei der Analyse zwar nachgewiesen, aber nicht quantifiziert werden kann. Die Bestimmungsgrenze ist der Wert, ab welchem es möglich ist, die Quantität des Inhaltsstoffs zu beziffern. Daher ist die Bestimmungsgrenze immer höher als die Nachweisgrenze.

Werte der Bestimmungsgrenzen

Die Bestimmungsgrenzen sind abhängig von den Analysenmethoden und können in den verschiedenen Labors unterschiedlich sein. Bei einem Labor, bei dem beispielsweise die Bestimmungsgrenze für Atrazin 0,01 µg/l beträgt, ist ein Wert von 0,03 µg/l ein positiver Befund. Bei einem Labor, das als Bestimmungsgrenze 0,05 µg/l angibt, würde ein Wert von 0,03 µg/l als negativer Befund angegeben. Man muß außerdem berücksichtigen, daß die Meßgenauigkeit bei niedrigeren Konzentrationen größer wird. Ein Wert von < 0,01 µg/l ist daher nicht unbedingt "genauer" als ein Wert von < 0,05 µg/l.

Wenn nun ein Labor für einen Stoff eine schärfere Bestimmungsgrenze angibt, führt dies zu einer höheren Anzahl positiver Befunde. Dieses Problem verzerrt das Bild der Stoffverteilungen und muß bei der Interpretation der Daten berücksichtigt werden.

In folgender Tabelle A4 sind die vorkommenden Bestimmungsgrenzen dieser Beprobungskampagne aufgelistet, die am häufigsten vorkommende Bestimmungsgrenze ist fett gedruckt.

Limites de quantification retenues pour les cartes de qualité

Pour la représentation cartographique, la limite de quantification la plus élevée a été retenue comme limite supérieure de la classe des concentrations les plus faibles. Ceci signifie que, dans cette classe, peuvent se trouver à la fois des résultats "positifs", et des résultats inférieurs à la limite de quantification. Par exemple, un résultat d'analyse positif de 0,04 µg/l se trouve dans la classe la plus basse si la valeur la plus élevée pour la limite de quantification est de 0,05 µg/l. La répartition des concentrations des deux côtés du Rhin est ainsi rendue comparable.

Limites de quantification élevées

Dans certains cas, les limites de quantification affichées étaient supérieures aux limites minimales requises par le cahier des charges. De telles données (de une à cinq valeurs par paramètre en Pays de Bade pour quelques métaux et produits phytosanitaires) ont été écartées de la banque de données. La limite supérieure de la classe des plus faibles valeurs retenue pour la représentation cartographique (définie à partir de la limite de quantification la plus élevée) aurait alors été trop élevée : des concentrations assez élevées auraient été dans la classe la plus basse et n'auraient pas été visibles sur la carte.

Bestimmungsgrenzen, die auf den Qualitätskarten berücksichtigt sind

Für die Darstellung der Verteilung auf den Karten wurde die höchste vorkommende Bestimmungsgrenze als unterste Klassengrenze verwendet. Das bedeutet, daß in der untersten Klasse sowohl positive als auch negative Befunde liegen können. Zum Beispiel liegt ein positiver Befund an einer Meßstelle von 0,04 µg/l in der untersten Klasse, wenn die größte vorkommende Bestimmungsgrenze 0,05 µg/l beträgt. Die Verteilung der Konzentrationen auf beiden Seiten des Rheins wird somit vergleichbar.

Hohe Bestimmungsgrenzen

In Einzelfällen lagen die angegebenen Bestimmungsgrenzen höher als die in den Qualitätskriterien geforderten Mindestbestimmungsgrenzen. Solche Meßwerte wurden aus dem Datensatz entfernt, meistens ein bis fünf Meßwerte pro Parameter für manche Metalle und Pflanzenschutzmittel in Baden. Ansonsten würde die unterste Klasse auf der Karte (definiert als Werte bis zur höchsten vorkommenden Bestimmungsgrenze) sehr groß, leicht erhöhte Konzentrationen würden noch in der untersten Klasse liegen und wären somit auf der Karte nicht sichtbar.

A5 SOMMES DE CONCENTRATIONS

Les sommes de concentrations ont été prises en compte pour l'exploitation des résultats concernant les organo-halogénés volatils (OHV) et les produits phytosanitaires, pour lesquels il existe des limites de qualité. En revanche, pour la définition des valeurs inférieures à la limite de quantification dans le calcul de la somme, il n'existe pas de méthode valable universellement. Dans le cadre du présent inventaire, la somme a été calculée suivant la méthode utilisée dans la banque de données des eaux souterraines du Bade-Wurtemberg pour la « somme des OHV d'après la réglementation sur l'eau potable » :

- Si tous les résultats sont inférieurs à la limite de quantification ($< LQ$), la somme est inférieure à la limite de quantification la plus élevée (Somme = $< LQ_{\max}$).
- S'il y a au moins un résultat « positif », les autres valeurs inférieures à la limite de quantification ne sont pas prises en compte. La somme est obtenue par simple addition de toutes les valeurs positives, même si cette somme reste inférieure à la limite de quantification la plus élevée.

Les paramètres « sommes » mesurés sur différents points de prélèvements ne peuvent être comparés entre eux que si, sur tous ces points de mesure, les mêmes paramètres sont pris en compte dans la somme. Si sur un point de mesure, l'analyse sur un composé n'a pas été réalisée, cette somme ne doit en principe pas être calculée.

Afin de pouvoir, dans le cadre de l'inventaire, représenter quand même certaines valeurs positives, des sommes de concentrations ont été calculées sur certains points même en l'absence d'un des paramètres, lorsque ce paramètre était rarement détecté en général, en considérant que la probabilité qu'il soit détecté sur ces points était faible. Il faut ainsi admettre que la somme considérée prend en compte les concentrations les plus importantes. La somme pourrait cependant être plus élevée pour certains points de mesure si l'on avait pris en compte l'ensemble des valeurs. C'est à prendre en considération dans l'interprétation des cartes représentant des sommes de paramètres.

A5 KONZENTRATIONSSUMMEN

Konzentrationssummen werden in der Auswertung für LHKW und PBSM angegeben. Für diese Stoffgruppen bestehen auch für die Summen gültige Grenzwerte. Es gibt aber keine allgemein gültige Rechenvorschrift, wie die Werte kleiner Bestimmungsgrenze bei der Summenbildung berücksichtigt werden sollen. Im Rahmen der grenzüberschreitenden Bestandsaufnahme wurden die Summen nach dem in der Grundwasserdatenbank Baden-Württemberg angewandten Rechenverfahren für die „Summe LHKW nach Trinkwasserverordnung“ berechnet:

- Sind alle Befunde kleiner als die Bestimmungsgrenze ($< BG$) ist die Summe kleiner als die höchste angegebene Bestimmungsgrenze (Summe = $< BG_{\max}$)
- Wenn mindestens ein positiver Befund gemessen wurde, bleiben alle Wert unter der Bestimmungsgrenze unberücksichtigt. Die Summe entspricht der einfachen Addition aller positiven Werte, auch wenn der Summenwert noch unter der größten vorkommenden Bestimmungsgrenze liegt.

Die Summenparameter an verschiedenen Meßstellen dürfen nur miteinander verglichen werden, wenn an allen Meßstellen die gleichen Parameter in die Summe eingehen. Liegt für einen Stoff an einer Meßstelle keine Analyse vor, darf die Summe streng genommen nicht berechnet werden.

Um dennoch gemessene positive Befunde im Rahmen der Bestandsaufnahme darstellen zu können, wurde die Summe auch aus weniger Parametern gebildet, wenn für den fehlenden Stoff generell sehr wenig positive Befunde vorliegen. Es ist also anzunehmen, daß die berechnete Summe die wichtigsten Konzentrationen erfaßt. Dennoch könnte an manchen Meßstellen die tatsächliche Summe, wenn man alle Werte gemessen hätte, etwas höher liegen. Dies ist bei der Interpretation von Summenkarten zu berücksichtigen.

PUBLICATIONS / VERÖFFENTLICHUNGEN

Les publications suivantes ont été utilisées pour l'élaboration du présent rapport :

Bei der Erstellung des Berichts wurde folgende Literatur verwendet:

ASSOCIATION DE COORDINATION TECHNIQUE AGRICOLE (1997): Index Phytosanitaire.

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES, CIENPPA (1983): Inventaire Général de la qualité de la nappe d'Alsace. Strasbourg.

CONSEIL RÉGIONAL D'ALSACE, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (1998): La nappe phréatique rhénane – un atout pour le Rhin supérieur / Das Grundwasser im Oberrheingraben – eine elementare grenzüberschreitende Ressource. Strasbourg.

KOBUS, H (Hrsg.) (1992): Schadstoffe im Grundwasser. Bd.1: Wärme- und Schadstofftransport im Grundwasser. Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG. VHC Verlagsgesellschaft mbH. Weinheim.

DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES DVGW (1985): Daten und Informationen zu Wasserinhaltsstoffen. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 48, Teil 1 und 2. Eschborn.

GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1975): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Dinkelberg-Hochrhein. Freiburg, Karlsruhe.

GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1977): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Kaiserstuhl-Markgräfler Land. Freiburg, Karlsruhe.

GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1978): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Raum Rastatt. Freiburg, Karlsruhe.

GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1979): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Freiburger Bucht. Freiburg, Karlsruhe.

GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1979): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Bühl-Offenburg. Freiburg, Karlsruhe.

GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1980): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Raum Lahr. Freiburg, Karlsruhe.

GEYER, O.F., GWINNER, M.P. (1991): Geologie von Baden-Württemberg. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.

HILPKE, H., KOCH, H.A., WAGNER, R. (Hrsg.) (1993): Römpf Lexikon Umwelt. Georg Thieme Verlag. Stuttgart.

KELLER, R. (Hrsg.) (1979): Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Harald Boldt Verlag. Boppard.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1992): Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung 1992. Karlsruhe.

- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1993): Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung 1993. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1994): Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung 1994. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung 1995. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1996): Demonstrationsvorhaben zum Schutz und zur Bewirtschaftung des Grundwassers des deutsch-französisch-schweizerischen Oberheingrabens / Action de démonstration portant sur la gestion des réserves en eau souterraine dans la partie franco-germano-suisse de la vallée du Rhin supérieur. Europäisches Programm LIFE. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1996): Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung 1996. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1996): Grundwasserüberwachungsprogramm – Geogen geprägte Hintergrundbeschaffenheit – Ergebnisse aus dem Basismeßnetz. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1996): Schwermetalle in den Sedimenten der Fließgewässer Baden-Württembergs. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1997): Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung 1997. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1997): LfU-Jahresdatenkatalog. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1997): Moore und Anmoore in der Oberheinebene. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1997): Umweltdaten 95/96. Karlsruhe.
- MATTHEß, G. (1990): Die Beschaffenheit des Grundwassers. Lehrbuch der Hydrogeologie Band 2. Gebrüder Bornträger Berlin, Stuttgart.
- MERIAN, E. (Hrsg.) (1984): Metalle in der Umwelt – Verteilung, Analytik und biologische Relevanz. Verlag Chemie GmbH. Weinheim.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL, SERVICE RÉGIONAL DE L'AMÉNAGEMENT DES EAUX - ALSACE (1980): Evolution de la salinité de la frange rhénane de la nappe phréatique au Nord de Strasbourg 1970-1980. Horbourg.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE, MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES, DE LA SANTÉ ET DE LA VILLE (1995): Classement des substances actives phytosanitaires en vue de la surveillance de la qualité des eaux.
- MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND FORSTEN BADEN-WÜRTTEMBERG (1991): Wasser- und Abfallwirtschaft – Atlas.
- PERKOW, W., PLOSS, H. (1996): Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Parey Buchverlag. Berlin.
- POTELON, J-L., ZYSMAN, K. (1998): Guide des analyses de l'eau potable, "La lettre du cadre territorial". Voiron.
- RÉGION ALSACE (1996): Cartographie hydrogéologique du Rhin Supérieur / Hydrogeologische Kartierung der Oberrheinebene. Notices et cartes / Beihefte und Karten. programm européen INTERREG. Straßburg.

RÉGION ALSACE (1999): Description et densification du réseau d'observation / Beschreibung und Verdichtung des Meßnetzes. Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur / Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben. programme européen INTERREG II. Strasbourg.

RÉGION ALSACE (1999): Essais interlaboratoires / Laborvergleichsuntersuchungen. Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur / Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben. programme européen INTERREG II. Strasbourg.

RÉGION ALSACE (1999): Prélèvement des échantillons / Probennahme. Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur / Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben. programme européen INTERREG II. Strasbourg.

RÉGION ALSACE (1999): Procédure de contrôle et de validation des données analytiques / Verfahren zur Kontrolle und zur Plausibilisierung von Analysendaten. Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur / Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben. programme européen INTERREG II. Strasbourg.

RÉGION ALSACE (1999): Programme de mesures et d'analyses / Meßprogramm. Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur / Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben. programme européen INTERREG II. Strasbourg.

RÉGION ALSACE, DIREN (1993): Inventaire Général 1991/1992 de la qualité de la nappe de la Plaine d'Alsace. Strasbourg.

RÉGION ALSACE, DIREN (1993): Inventaire Général 1991/1992 des teneurs en micropolluants organiques des eaux de la Nappe Phréatique d'Alsace. Strasbourg.

RÉGION ALSACE, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (1998): La nappe phréatique rhénane – un atout pour le Rhin supérieur / Das Grundwasser im Oberrheingraben – eine elementare grenzüberschreitende Ressource. Strasbourg.

SEYFARTH, R., SOINÉ, K.J. (1997): Kleines Lexikon zur Trinkwasserbeschaffenheit. R. Oldenbourg Verlag GmbH. München.

SGAL, CIENPPA (1973): Qualité des eaux de la nappe phréatique d'Alsace – Carte des pollutions constatées. Strasbourg.

TRINATIONALE ARBEITSGEMEINSCHAFT REGIO-KLIMA-PROJEKT REKLIP (Hrsg.) (1995): Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd. Verlagsgemeinschaft vdf Hochschulverlag, Zürich. IFG, Offenbach. Editions Coprur, Strasbourg.

WORLD HEALTH ORGANISATION (1993): Guidelines for drinking-water quality. second edition, volume 1: Recommendations. Genf.

Titre du projet / Titel des Projekts :

Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur
Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben

Maître d'ouvrage / Projektverantwortliche :

Région Alsace

Partenaires financiers / Finanzpartner :

Union Européenne (INTERREG II Rhin supérieur Centre-Sud et PAMINA) /
Europäische Union (INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd und PAMINA)

Région Alsace

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg

Ministère de l'Environnement

Agence de l'eau Rhin-Meuse

Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

Partenaires associés / Kooperationspartner :

Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB)

Conducteurs de l'opération / Durchführung :

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)

Association pour la Protection de la Nappe Phréatique de la Plaine d'Alsace (APRONA)

en collaboration avec le / in Zusammenarbeit mit dem

Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques

de la Direction Régionale de l'Environnement Alsace (DIREN/SEMA)



Basel-Stadt



Basel-Landschaft

**Les textes et les cartes de ce rapport
ont été élaborés avec le concours technique
de l'Association pour la Protection
de la Nappe phréatique de la plaine d'Alsace (APRONA)**

**Der Text und die Karten in diesem Bericht
wurden unter fachlicher Mitwirkung der "Vereinigung zum Schutz
des Grundwassers in der elsässischen Rheinebene" (APRONA) erstellt.**