

---

## SULFATES // *SULFAT*

---

### Diagnostic transfrontalier // *Bewertung der Gesamtentwicklung*

La présence de sulfates, problématique commune à tous les partenaires, est essentiellement liée aux conditions géologiques locales et à l'apport de fertilisants. On constate peu d'évolution depuis 2003.

Die Sulfatgehalte stellen ein gemeinsames Problem für alle Partner dar und sind vor allem auf lokale geologische Gegebenheiten und Düngemittel-eintrag zurückzuführen. Seit 2003 gibt es kaum Veränderungen.



**Maître d'ouvrage / Projektträger**

Région Alsace

**Partenaires financiers / Finanzpartner**

Région Alsace

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Alsace

Agence de l'eau Rhin-Meuse

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)

BRGM

**Partenaires associés / Kooperationspartner**

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (LUWG) Rheinland-Pfalz

Struktur- und Genehmigungsdirektion (SGD) Süd Rheinland-Pfalz

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)

Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft

**Assistance à la maîtrise d'ouvrage / Unterstützung der Projektleitung**

Association pour la protection de la nappe phréatique de la plaine d'Alsace (APRONA)

**Infographie / Grafikverarbeitung**

pakouh.com

**Impression / Druck**

Ott Imprimeurs - Wasselonne - octobre 2012



### DIAGNOSTIC TRANSFRONTALIER // // BEWERTUNG DER GESAMTENTWICKLUNG

La présence de sulfates, problématique commune à tous les partenaires, est essentiellement liée aux conditions géologiques locales et à l'apport de fertilisants.

On constate peu d'évolution depuis 2003. //

*// Die Sulfatgehalte stellen ein gemeinsames Problem für alle Partner dar und sind vor allem auf lokale geologische Gegebenheiten und Düngemiteleintrag zurückzuführen. Seit 2003 gibt es kaum Veränderungen.*

---

#### ■ CONSTAT 2009 (cf. Carte 4.1)

La présence de sulfates dépend de différents facteurs, et peut être selon les secteurs :

- d'origine géologique (présence de sulfates dans le gypse, l'anhydrite et dans les gisements de potasse)
- d'origine anthropique, par lessivage des engrais minéraux, rejets d'eaux usées, infiltration des eaux dans les décharges et rejets industriels
- liée à des processus d'oxydation du soufre - souvent la dénitrification

Sur l'ensemble de la zone d'étude, le dépassement de la limite de potabilité (250 mg/L) concerne 5,5% des points du réseau. Les valeurs médiane et moyenne des concentrations en sulfates ne sont pas présentées, en raison d'une trop forte disparité géographique des teneurs entre la partie sud et la partie nord de la vallée du Rhin supérieur.

En effet, au Nord de la ligne Wissembourg-Karlsruhe les teneurs en sulfates dépassent majoritairement les 100 mg/L, alors qu'au Sud celles-ci sont plus proches des valeurs dites « naturelles » (50 mg/L). L'Alsace affiche comparativement une moindre contamination avec 6 points de mesures concernés par un dépassement du seuil de potabilité, contre 87 points sur le reste de la zone d'étude, majoritairement concentrés dans le secteur et au Nord de Ludwigshafen. Cependant, les valeurs maximales observées, comprises entre 1,5 et 1,3 g/L, sont localisées en Alsace.

#### ■ BEFUND 2009 (vgl. Karte 4.1)

Sulfatgehalte des Grundwassers haben verschiedene Ursachen, je nach Gebiet sind sie:

- geologischen Ursprungs (Vorhandensein von Sulfat in Gips, Anhydrit und in den Kalilagerstätten)
- anthropogenen Ursprungs durch Auswaschen mineralhaltiger Düngemittel, Abwassereinleitungen, Infiltration von Wasser aus Deponien und industrielle Einleitungen
- in Zusammenhang mit schwefeloxidierenden Prozessen - oft Denitrifikationsprozessen

Bezogen auf das gesamte Untersuchungsgebiet wird der Grenzwert für Trinkwasserqualität (250 mg/L) an 5,5% der Messstellen überschritten. Der Median- und der Mittelwert für die Sulfatgehalte werden nicht angegeben, da die Ergebnisse zu große Unterschiede zwischen dem südlichen und dem nördlichen Teil des Oberrheingebiets aufweisen.

Nördlich der Linie Wissembourg-Karlsruhe liegen die Sulfatwerte mehrheitlich über 100 mg/L, im Süden liegen sie näher bei den so genannten „natürlichen“ Werten (50 mg/L). Im Elsass ist mit 6 Messstellen, an denen der Grenzwert für Trinkwasserqualität überschritten wird, die Belastung vergleichsweise gering, im übrigen Untersuchungsgebiet sind es 87 Messstellen, die mehrheitlich auf den Bereich um Ludwigshafen und nördlich davon entfallen. Die gemessenen Höchstwerte liegen zwischen 1,5 und 1,3 g/L, sie sind im Elsass anzutreffen.

## ■ COMPARAISON 2003-2009

Depuis 2003, il n'y a pas eu d'évolution significative des teneurs en sulfates. Compte-tenu de la densification du réseau de mesures en Hesse, une comparaison par classes de concentrations entre 2003 et 2009 ne peut avoir de réelle signification. Cependant, on note une légère amélioration côté alsacien, à l'aval de Thann et à l'aval des terrils du bassin potassique, les teneurs maximales observées passant de plus de 3 g/L à moins d'1,6 g/L entre 2003 et 2009.

## ■ ALSACE

La médiane des concentrations en sulfates en Alsace est de 36,4 mg/L et la valeur moyenne atteint 54,2 mg/L. Le dépassement de la limite de potabilité (250 mg/L) concerne 6 points de mesures, soit 0,8% du réseau, localisés essentiellement au nord de Mulhouse, un seul point étant situé à l'est de la ville. Des concentrations en sulfates également relativement élevées, entre 100 et 250 mg/L, sont observées au sud et à l'est d'Haguenau.

La contamination par les sulfates, à l'aval des terrils du bassin potassique qui contiennent de l'anhydrite (sulfate de calcium) et à l'aval de Thann (langues de l'industrie chimique), semble s'être estompée légèrement depuis 2003. La concentration maximale observée, de 1530 mg/L, à l'est de Mulhouse est probablement liée à une pollution ponctuelle anthropique.

Au nord de Strasbourg, les teneurs observées, de 50 à 250 mg/L, sont dues à l'assèchement de zones tourbeuses.

Le long du piémont des Vosges et dans les zones tourbeuses du Ried central, la présence de sulfates peut être d'origines diverses, naturelle en raison de l'affleurements de gypse du Keuper, ou anthropique avec l'utilisation de produits sulfatés dans les vignes.

Les concentrations les plus faibles, inférieures à 50 mg/L, sont observées sur 70% des points du réseau.

La comparaison avec les résultats des inventaires précédents (1991, 1997 et 2003), montre une légère tendance à la baisse de la valeur médiane, de 43 mg/L en 1991 à 36 mg/L en 2009, la moyenne variant très peu autour de 52 mg/L. Aucune tendance significative ne peut en être dégagée.

## ■ VERGLEICH 2003-2009

Seit 2003 haben sich die Werte für Sulfat nicht signifikant verändert. In Anbetracht der höheren Dichte der Messstellen in Hessen 2009 führt ein Vergleich der verschiedenen Konzentrationsklassen 2009 gegenüber 2003 nicht zu belastbaren Ergebnissen. Auf elsässischer Seite ist allerdings unterhalb von Thann und unterhalb der Abraumhalden im Kalibecken eine leichte Verbesserung festzustellen, dort sind die Höchstwerte von über 3 g/L 2003 auf unter 1,6 g/L 2009 zurückgegangen.

## ■ ELSASS

Der Medianwert der Sulfatkonzentration liegt für das Elsass bei 36,4 mg/L, der Mittelwert bei 54,2 mg/L. Der Grenzwert für Trinkwasserqualität (250 mg/L) wird an 6 Messstellen überschritten (0,8% des Messnetzes), die vor allem nördlich, eine davon östlich von Mulhouse liegen. Auch südlich und östlich von Haguenau sind relativ hohe Sulfatwerte anzutreffen.

Die Sulfatgehalte sind unterhalb der Anhydrit (Calcium-sulfat) enthaltenden Abraumhalden des elsässischen Kalibeckens und unterhalb von Thann (Belastungsbereiche durch Einleitungen der chemischen Industrie) seit 2003 leicht rückläufig. Der höchste Werte wurde mit 1530 mg/L östlich von Mulhouse gemessen und ist wohl einer punktuellen Belastung anthropogenen Ursprungs zuzuschreiben.

Die nördlich von Strasbourg gemessenen Werte im Bereich 50 bis 250 mg/L sind der Trockenlegung von Mooren zuzuschreiben.

Für den Sulfatgehalt im Grundwasser entlang der Vogesenvorbergzone und in den moorigen Gebieten des mittleren Ried kommen unterschiedliche Ursachen in Frage. Eine natürliche Ursache liegt im Bereich von an die Oberfläche tretendem Keupergips vor, anthropogene Einwirkung im Falle der Verwendung von sulfathaltigen Düngemitteln im Weinanbau.

Werte im unteren Bereich (unter 50 mg/L) sind an 70% der Messstellen zu verzeichnen.

Der Vergleich mit den Ergebnissen der früheren Bestandsaufnahmen (1991, 1997 und 2003) zeigt einen leicht rückläufigen Medianwert von 43 mg/L im Jahr 1991 auf 36 mg/L im Jahr 2009, wobei der Mittelwert mit geringfügigen Abweichungen um 52 mg/L liegt. Hieraus ist kein signifikanter Trend abzuleiten.

CARTE 4.1 // KARTE 4.1 ►►

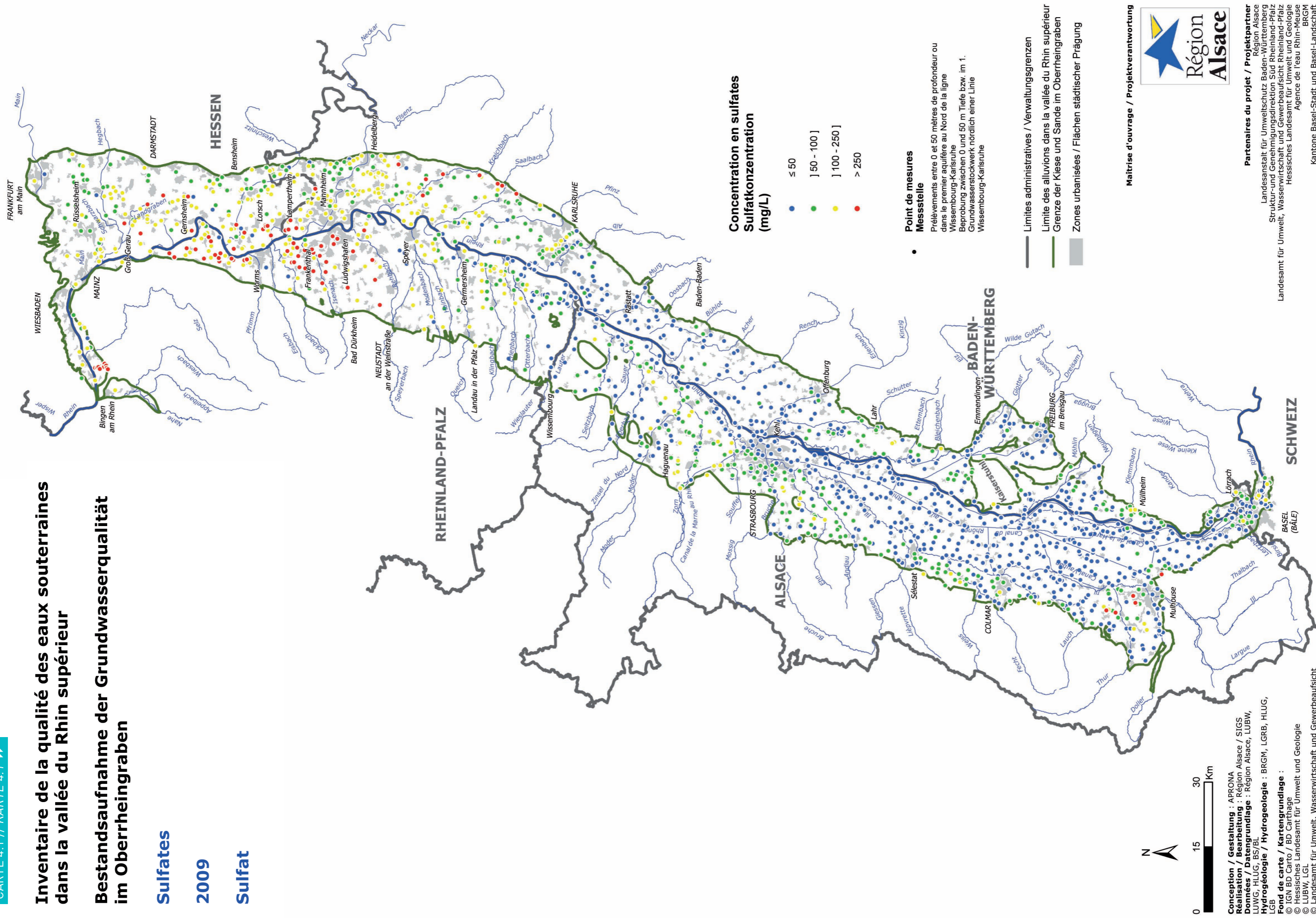
## Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur

### Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben

#### Sulfates

2009

#### Sulfat



0 15 30 Km

**Conception / Gestaltung :** APRONA  
**Réalisation / Bearbeitung :** Région Alsace / SIGS  
**Données / Datengrundlage :** Région Alsace, LUBW, LUWG, HLUG, BS/BL  
**Hydrogéologie / Hydrogeologie :** BRGM, LGRB, HLUG, LGB  
**Fond de carte / Kartengrundlage :** IGN BD Carthage  
 © Hessesches Landesamt für Umwelt und Geologie  
 © LUBW, LGL  
 © Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht  
 GG25 © swisstopo

Jun / Juni 2012

#### Concentration en sulfates Sulfatkonzentration (mg/L)

- ≤ 50
- ] 50 - 100 ]
- ] 100 - 250 ]
- > 250

#### Point de mesures Messtelle

- Prélèvements entre 0 et 50 mètres de profondeur ou dans le premier aquifère au Nord de la ligne Wissembourg-Karlsruhe
- Beprobung zwischen 0 und 50 m Tiefe bzw. im 1. Grundwasserstockwerk nördlich einer Linie Wissembourg-Karlsruhe

- Limites administratives / Verwaltungsgrenzen
- Limite des alluvions dans la vallée du Rhin supérieur
- Grenze der Kiese und Sande im Oberrheingraben
- Zones urbanisées / Flächen städtischer Prägung

Maitrise d'ouvrage / Projektverantwortung



**Partenaires du projet / Projektpartner**  
 Région Alsace  
 Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg  
 Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd Rheinland-Pfalz  
 Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
 Agence de l'eau Rhin-Meuse  
 BRGM  
 Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft

**Assistance technique / Durchführung**  
 Association pour la PROtection de la Nappe phréatique de la plaine d'Alsace

## ■ BADE-WÜRTEMBERG

Les concentrations mesurées en sulfates varient entre 7,6 mg/L et 542 mg/L sur l'ensemble des 509 points du réseau. Des valeurs de l'ordre de 50 mg/L concernent 50% des points. La valeur seuil de 250 mg/L est dépassée sur 2,4% des points du réseau.

La répartition des teneurs en sulfates est pour l'essentiel analogue à celle de la conductivité, de la dureté totale, des teneurs en calcium et en hydrogénocarbonates. Pour tous ces paramètres, les causes géogènes et anthropiques sont souvent communes avec une prédominance des facteurs géogènes. Les graviers et sables de l'aquifère, les roches en bordure du Fossé et les infiltrations des cours d'eau, sont plus pauvres en calcaire et en sulfates au sud qu'au nord de Karlsruhe. Les apports minéraux par l'agriculture, le maraîchage et la viticulture, les anciens épandages d'eaux usées et l'irrigation avec les eaux des ruisseaux naturellement riches en sulfates y contribuent également.

Les seuls dépassements ponctuels des valeurs limites se situent au nord de Karlsruhe et résultent essentiellement de pollutions qui augmentent les teneurs en sulfates naturellement déjà élevées. Ces contaminations supplémentaires locales sont dues aux remontées d'eaux issues des couches inférieures de l'aquifère, aux sources, à d'anciennes pollutions et aux fuites du réseau d'assainissement. Les dépassements des valeurs limites le long du Saalbach ou sur le secteur urbain de Mannheim sont imputés aux anciennes contaminations industrielles ou à des fuites dans les canalisations d'eaux usées.

## ■ RHÉNANIE-PALATINAT

En Rhénanie-Palatinat, les sulfates sont répartis selon une trame similaire par ex. à celle des chlorures, ou celle des alcalinos-terreux. Les concentrations les plus élevées, au nord-ouest du Fossé rhénan, atteignent des valeurs maximales supérieures à 500 mg/L. Au sud toutefois, dans les zones de cultures intensives des hautes terres (Riedelflächen), on trouve également des taux de sulfates de la classe 100-250 mg/L.

Les origines de ces fortes concentrations sont multiples. Face à un facteur anthropique dont les causes sont diverses, on trouve une charge de fond géogène qui peut être très élevée, en particulier dans le nord-ouest du Fossé rhénan. Les causes géogènes peuvent être les sulfates et pyrites du Muschelkalk, mais également des eaux remontant des profondeurs aux concentrations en soufre élevées, dans lesquelles du sulfate peut se former en milieu oxydant. On rencontre ces « sources sulfureuses » aux environs de Landau ainsi qu'à l'ouest de Worms.

## ■ BADEN-WÜRTEMBERG

Sulfat wird an allen 509 Messstellen gefunden - in Konzentrationen von 7,6 mg/L bis 542 mg/L. An etwa jeder zweiten Messstelle liegt die Konzentration unter 50 mg/L. An 12 Messstellen, d.h. an 2,4% aller Messstellen wird der Grenzwert von 250 mg/L überschritten.

Die Verteilung der Sulfatgehalte gleicht im wesentlichen der von Leitfähigkeit, Calcium, Gesamthärte und Hydrogencarbonat. Alle o.g. Parameter haben meist die gleichen geogenen und anthropogenen Ursachen, wobei die geogenen Ursachen die Verteilung dominieren. Südlich von Karlsruhe sind die Kiese und Sande des Grundwasserleiters, die Gesteine des Grabenrandgebirges und die in der Oberrheinebene versickernden Fließgewässer kalk- und sulfatärmer als nördlich von Karlsruhe. Auch die Mineraldüngung im Acker-, Gemüse- und Weinbau, die frühere Abwasserverrieselung und die Wiesenbewässerung mit den hier natürlicherweise sulfathaltigen Bachwässern spielen eine Rolle.

Nur nördlich von Karlsruhe gibt es lokale Grenzwertüberschreitungen, welche meist aus Zusatzbelastungen zu den schon natürlich hohen Sulfatgehalten resultieren. Lokale Zusatzbelastungen sind aufsteigende Tiefen- und Quellwässer, Altlasten und undichte Abwasserkanäle. Die Grenzwertüberschreitungen am Saalbach bzw. im Stadtgebiet von Mannheim sind durch Zusatzbelastungen aus industriellen Altlasten bzw. undichten Abwasserkanälen mitverursacht.

## ■ RHEINLAND-PFALZ

Die Sulfate zeigen im rheinland-pfälzischen Teil des Bearbeitungsgebietes ein ganz ähnliches Verteilungsmuster wie z. B. die Chloride und auch die Erdalkalien. Die höchsten Werte finden sich im nord-westlichen Oberrheingraben und erreichen hier Spitzenwerte über 500 mg/L. Aber auch im südlichen Teil, im Bereich der lößlehm-überdeckten und landwirtschaftlich intensiv genutzten Riedelflächen, sind Sulfatwerte der Klasse 100 bis 250 mg/L anzutreffen.

Die Ursachen dieser hohen Sulfatkonzentrationen sind vielfältig. Einer geogenen Grundlast, die insbesondere im nord-westlichen Oberrheingraben sehr hoch sein kann, steht eine anthropogene Überprägung unterschiedlicher Ursachen gegenüber. Geogene Ursachen können sulfat- und pyrithaltige Muschelkalke wie auch aufsteigende, schwefelhaltige Tiefenwässer sein, bei denen es im oxischen Bereich zur Sulfatbildung kommt. Sowohl im Raum Landau wie auch westlich Worms treten „Schwefelquellen“ aus.

Outre les engrais minéraux contenant des sulfates, d'autres sources anthropiques entrent en jeu telles que d'anciennes décharges ou plus généralement, la forte densité de population, le tout étant corrélé avec le faible taux de recharge de la nappe phréatique. Dans certains cas, des teneurs élevées en sulfates sont aussi observées à la suite de processus de dénitrification.

## ■ HESSE

La majeure partie des points de mesures font apparaître des teneurs en sulfates de 100-250 mg/L. Ces teneurs élevées en sulfates peuvent être dues tout autant à des facteurs géogènes qu'à des facteurs anthropiques. Les sables du quaternaire du Rhin supérieur hessois présentent des teneurs en sulfates élevées liées aux concentrations de sulfates et pyrites des sédiments de ces régions. L'utilisation d'engrais soufrés constitue une influence anthropique susceptible d'être à l'origine de teneurs élevées en sulfates dans la nappe phréatique. En outre on rencontre fréquemment des eaux souterraines à caractère réducteur. Cela signifie que les teneurs en nitrates et oxygène sont particulièrement faibles, et a contrario les teneurs en ammonium, fer et sulfates sont sensiblement plus élevées. Les apports de nitrates et la présence parallèle de pyrite (composée de molécules de fer et de soufre) sont à l'origine de la décomposition des nitrates (dénitrification). Cette dénitrification va de pair avec l'augmentation des teneurs en sulfates. Les teneurs en sulfates élevées (>250 mg/L) de la région Lorsch/Lampertheim sont aussi liées principalement aux processus de dénitrification par la pyrite.

Le faible volume d'informations recueillies lors du dernier inventaire de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé rhénan (2002/2003), ne permet pas une comparaison avec la situation actuelle.

## ■ PARTIE SUISSE (Cantons de Bâle-Ville et Bâle-Campagne)

Les concentrations en sulfates dans la zone d'étude suisse varient principalement de 20 à 140 mg/L. Les teneurs observées sont en majorité d'origine géogène et, de fait, caractéristiques des aquifères concernés. Les points de mesures qui subissent l'effet des infiltrations du Rhin font apparaître de faibles concentrations, et se différencient de ceux de l'aquifère du Muschelkalk présentant des concentrations plus élevées.

On trouve aussi des hausses locales de la concentration en sulfates dues à la minéralisation accrue de la nappe sous les sites contaminés. ◆

Als anthropogene Quellen kommen neben sulfathaltigen Mineraldüngern auch Altablagerungen sowie allgemein die hohe Besiedlungsdichte zum Tragen, dies insbesondere in Verbindung mit den niedrigen Grundwasserneubildungsraten. In Einzelfällen lassen sich erhöhte Sulfatwerte auch als Folge einer chemotrophen Nitratreduktion beobachten.

## ■ HESSEN

Der überwiegende Teil der Messstellen weist Sulfatgehalte von 100-250 mg/L auf. Die erhöhten Sulfatkonzentrationen können sowohl geogen als auch anthropogen bedingt sein. Die quartären Sande im hessischen Oberrheingraben weisen dort hohe Sulfatkonzentrationen auf, wo sulfat- und pyrithaltige Sedimente anzutreffen sind. Ein anthropogener Einfluss, der zu erhöhten Sulfatkonzentrationen im Grundwasser führen kann, ist der Einsatz von schwefelhaltigem Dünger. Weiterhin liegen verbreitet reduzierende Grundwasserverhältnisse vor. Das bedeutet, dass die Nitrat- und Sauerstoffkonzentrationen auffallend gering sind. Ammonium-, Eisen- und Sulfatkonzentrationen sind dagegen merklich höher. Bei Nitratreinträgen und gleichzeitigem Vorhandensein von Pyrit (Eisen-Schwefel-Verbindung) kommt es zum Nitratabbau (Denitrifikation). Gleichzeitig geht dieser Nitratabbau mit steigenden Sulfatkonzentrationen einher. Insbesondere die hohen Sulfatkonzentrationen (>250 mg/L) in der Region Lorsch/Lampertheim, sind hauptsächlich auf die Denitrifikationsprozesse durch Pyrit zurückzuführen.

Aufgrund des geringen Datenbestandes bei der letzten Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben 2002/2003 ist ein Vergleich zur jetzigen Situation kaum möglich.

## ■ SCHWEIZ (Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft)

Die Sulfatkonzentrationen im schweizerischen Untersuchungsgebiet liegen meist zwischen 20 und 140 mg/L. Die gemessenen Werte sind mehrheitlich geogen bedingt und sind charakteristisch für den jeweiligen Grundwasserleiter. Messstellen, die durch die Rheinfiltration beeinflusst sind zeigen eher geringe Konzentrationen, Messstellen mit einem Anteil Muschelkalkgrundwasser weisen höhere Konzentrationen auf.

Lokal gibt es auch Erhöhungen der Sulfatkonzentration aufgrund der Aufmineralisierung des Grundwassers bei belasteten Standorten. ◆

**Maître d'ouvrage / Projektträger**

Région Alsace

**Partenaires financiers / Finanzpartner**

Région Alsace

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Alsace

Agence de l'eau Rhin-Meuse

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)

BRGM

**Partenaires associés / Kooperationspartner**

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (LUWG) Rheinland-Pfalz

Struktur- und Genehmigungsdirektion (SGD) Süd Rheinland-Pfalz

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)

Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft

**Assistance à la maîtrise d'ouvrage / Unterstützung der Projektleitung**

Association pour la protection de la nappe phréatique de la plaine d'Alsace (APRONA)

**Infographie / Grafikverarbeitung**

pakouh.com

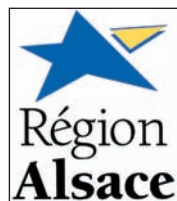
**Impression / Druck**

Ott Imprimeurs - Wasselonne - octobre 2012





## PARTENAIRES DU PROJET PROJEKTPARTNER



Basel-Stadt

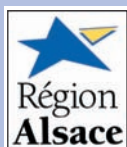


Basel-Landschaft

Assistance à la maîtrise d'ouvrage / Unterstützung der Projektleitung



[www.region-alsace.eu](http://www.region-alsace.eu)



Région Alsace  
1, place Adrien Zeller ■ BP 91006 ■ 67070 Strasbourg Cedex  
Tél. : 03 88 15 68 67 ■ Fax : 03 88 15 68 15  
e-mail : [contact@region-alsace.eu](mailto:contact@region-alsace.eu)