



Ministère de l'Economie,  
des Finances et  
de l'Industrie



MINISTÈRE DE  
L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT

**DOCUMENT PUBLIC**



24497 RM



Agence de l'eau  
Rhin-Meuse



MINISTÈRE DE L'EMPLOI  
ET DE LA SOLIDARITÉ

## *Origine des éléments indésirables ou toxiques dans les eaux souterraines*

*Réalisation d'un inventaire national et essai d'identification de  
l'origine des teneurs anormales*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 96-D-704

Mars 1999  
R 40448



## Synthèse

L'évolution de la réglementation sur la qualité des eaux naturelles se traduit par une exigence accrue en matière de limites de qualité, notamment pour les eaux destinées à la consommation humaine. Or, outre les eaux thermales, de nombreuses eaux souterraines possèdent des concentrations relativement **élevées d'origine naturelle**, non seulement en éléments indésirables, mais aussi en certains éléments toxiques.

Dans le cadre de son activité de Service public pour l'année 1996, le BRGM a été chargé par le ministère de l'Industrie, en concertation avec le ministère chargé de la Santé, direction générale de la Santé, de réaliser une revue rapide des zones du territoire concernées (hors eaux thermales) par des teneurs élevées en éléments indésirables mais aussi en certains éléments toxiques (opération 96D704), et si possible d'identifier l'origine des éléments correspondants, en fonction du contexte géologique.

Cette étude a bénéficié des conclusions apportées par les études menées en parallèle (opérations Service Public 955207, 96 J210 et 983205) sur l'utilisation de l'Inventaire géochimique du territoire national pour identifier les zones à risque de teneurs élevées en métaux lourds (rapports BRGM R38721, R39544 et R40207).

Après un rappel des normes de qualité pour les eaux souterraines destinées à la distribution, les niveaux *naturels* de concentration dans les eaux sont passés en revue, d'abord pour les éléments indésirables (Al, Ag, Ba, B, Cu, Fe, Mn, F, P, Zn), ensuite pour les éléments toxiques (As, Sb, Cd, Cr, Hg, Pb, Ni, Se). Lorsque des données analytiques existent, elles sont fournies : pour les éléments toxiques c'est rarement le cas, les niveaux de concentration naturels étant en règle générale inférieurs aux seuils analytiques adoptés (sauf parfois As, Sb, Se). Des considérations d'équilibre avec certaines phases minérales sont alors présentées pour une estimation théorique des niveaux de concentration correspondants.

Pour les éléments indésirables ou toxiques sur lesquels les données rassemblées sont nombreuses, une liste des principales occurrences connues est ensuite fournie. Elle porte surtout sur le fluor, accessoirement sur le baryum et l'arsenic. L'origine de ces éléments est discutée, et les principaux aquifères concernés sont cités. Pour le fluor toutefois on s'est contenté d'un survol rapide, cet élément étant extrêmement répandu et pouvant justifier une étude dédiée à lui seul.

En ce qui concerne l'influence du milieu géologique sur les éléments étudiés, la conclusion est la suivante :

- cette influence a pu être prouvée pour au moins cinq d'entre eux, les indésirables F, Ba, Zn, les toxiques As et Sb. Pour ces éléments, les concentrations atteintes peuvent être supérieures aux limites de qualité actuelles ;

*Origine des éléments indésirables ou toxiques/contexte géologique (France)*

- pour Ag ou Cu, l'influence du milieu géologique est pressentie ; mais les cas seront probablement suffisamment rares, pour que le problème ne soit pas trop important ;
- pour Pb, Se, Ni et Cr, cette influence est également plausible, mais n'a été mise en évidence que dans quelques cas. Peut-être se manifeste-t-elle dans des cas particuliers bien précis ;
- enfin pour Hg et Cd, des raisonnements indirects laissent penser que les concentrations naturelles ne dépasseront le niveau des limites de qualité, que de façon tout à fait exceptionnelle.

## Sommaire

24497 R11  
34041

Introduction .....	9
<b>1. Présentation de l'étude .....</b>	<b>11</b>
1.1. Les sources documentaires .....	12
1.2. Les aquifères étudiés .....	12
1.3. Le plan de l'étude .....	14
<b>2. Rappels • Les eaux souterraines et les mécanismes d'acquisition de leur chimisme .....</b>	<b>15</b>
2.1. Nature des précipitations météoriques.. ..	15
2.2. Les interactions avec les minéraux .....	15
2.3. La notion d'équilibre et de saturation.. ..	16
2.4. Définitions et normes relatives aux éléments indésirables et aux éléments toxiques .....	17
<b>3. Les niveaux de concentration en éléments indésirables.. ..</b>	<b>19</b>
3.1. Aluminium.. ..	19
3.1.1. Le risque et la limite de qualité.. ..	19
3.1.2. Les concentrations dans les eaux .....	19
3.2. Argent.. ..	20
3.2.1. Le risque et la limite de qualité.. ..	20
3.2.2. Les concentrations dans les eaux .....	20
3.2.3. Localisation potentielle des eaux à Ag .....	20
3.3. Baryum .....	21
3.3.1. Le risque et la limite de qualité.. ..	21
3.3.2. Les concentrations dans les eaux.. ..	21
3.4. Bore.. ..	21
3.4.1. Le risque et la limite de qualité.. ..	21
3.4.2. Les concentrations dans les eaux .....	22
3.5. Cuivre .....	22
3.5.1. Le risque et la limite de qualité.. ..	22
3.5.2. Les concentrations dans les eaux.. ..	23

3.6. Fer .....	23
3.6.1. Le risque et la limité de qualité.. .....	23
3.6.2. Les concentrations dans les eaux.. .....	23
3.6.3. Localisation des eaux à Fe .....	24
3.7. Manganèse .....	24
3.7.1. Le risque et la limité de qualité.. .....	24
3.7.2. Les concentrations dans les eaux .....	24
3.8. Fluor.. .....	25
3.8.1. Le risque et la limité de qualité.. .....	25
3.8.2. Les concentrations dans les eaux.. .....	25
3.8.3. L'origine du fluor et les phosphates .....	26
3.9. Phosphore .....	27
3.9.1. Le risque et la limité de qualité.. .....	27
3.9.2. Les concentrations dans les eaux.. .....	27
3.10. Zinc.. .....	28
3.10.1. Le risque et la limité de qualité.. .....	28
3.10.2. Les concentrations dans les eaux.. .....	28
3.10.3. Localisation des eaux à Zn .....	28
3.11. Conclusion sur les niveaux de concentration des éléments indésirables	29
<b>4. Les concentrations en éléments toxiques.. .....</b>	<b>31</b>
4.1. Antimoine.. .....	32
4.1.1. Le risque et la limité de qualité.. .....	32
4.1.2. Les concentrations dans les eaux .....	32
4.2. Arsenic.. .....	32
4.2.1. Le risque et la limité de qualité.. .....	32
4.2.2. Les concentrations dans les eaux.. .....	33
4.2.3. La spéciation de As.. .....	33
4.3. Cadmium.. .....	33
4.3.1. Le risque et la limité de qualité.. .....	33
4.3.2. Les concentrations dans les eaux.. .....	34
4.4. Chrome. ....	34
4.4.1. Le risque et la limité de qualité.. .....	34
4.4.2. Les concentrations dans les eaux .....	34
4.5. Mercure.. .....	35
4.5.1. Le risque et la limité de qualité.. .....	35
4.5.2. Les concentrations dans les eaux.. .....	35

*Origine des éléments indésirables ou toxiques/contexte géologique (France)*

<b>4.6. Nickel..</b> .....	36
4.6.1. Le risque et la limité de qualité..	36
4.6.2. Les concentrations dans les eaux..	36
<b>4.7. Plomb..</b> .....	36
4.7.1. Le risque et la limité de qualité..	36
4.7.2. Les concentrations dans les eaux..	36
<b>4.8. Sélénium</b> .....	37
4.8.1. Le risque et la limité de qualité	37
4.8.2. Les concentrations dans les eaux.,	37
<b>4.9. Conclusion sur le niveau de concentration des éléments toxiques</b> .....	38
<b>5. Occurrences connues des éléments indésirables ou toxiques..</b> .....	<b>39</b>
5.1. Aperçu à l'échelle du territoire .....	39
5.2. L'origine des occurrences à fluor, baryum et arsenic..	41
5.2.1. Les eaux à fluor..	41
5.2.2. Les eaux à baryum .....	42
5.2.3. Les eaux à arsenic ....	44
5.3. Un cas particulier : les éléments liés à l'altération des nappes .....	46
<b>6. Conclusions..</b> .....	<b>47</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>49</b>

## Liste des figures

Fig. 1 :	Relations entre la géochimie des sols et les concentrations dans les eaux pour le zinc (Barbier, Chery, 1997) .....	29
Fig. 2 :	Relations entre la géochimie des sols et les concentrations dans les eaux pour le baryum (Barbier, Chery, 1997) ....	43
Fig. 3 :	Relations entre la géochimie des sols et les concentrations dans les eaux pour l'arsenic (Barbier, Chery, 1997)	46

## Liste des tableaux

Tabl. 1 :	Eléments indésirables, éléments toxiques, et les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine	17
Tabl. 2 :	Liste des occurrences d'éléments indésirables ou toxiques, selon une enquête rapide dans les Services Géologiques Régionaux du BRGM .....	40

## Liste des annexes

Ann. 1 :	Les éléments en traces : les questions d'équilibre chimique et de saturation dans les eaux naturelles.. .....	53
----------	---	----

## **Introduction**

Dans le cadre de son activité de Service public, le BRGM a été chargé par le Ministère de l'Industrie, en concertation avec le ministère de l'Emploi et de la Solidarité, direction générale de la Santé, sous-direction de la veille sanitaire, de faire un point sur l'origine des éléments toxiques ou indésirables dans les eaux souterraines, en fonction du contexte géologique.

Ces dernières années ont vu l'explosion des travaux concernant la santé et les éléments toxiques, tendance qui ne devrait pas s'inverser à court terme. Combinée à l'amélioration des techniques analytiques, la sensibilité accrue des tests de laboratoire, notamment pour la mise en évidence de phénomènes mutagènes, s'est traduite pour les eaux naturelles, par une exigence accrue en matière de valeurs guide et de limites de qualité.

Or, de nombreuses eaux souterraines possèdent des concentrations relativement élevées d'origine naturelle, non seulement en éléments indésirables, mais aussi en certains éléments toxiques. Après l'abaissement des limites de qualité, ces concentrations sont de plus en plus souvent supérieures aux concentrations maximales admissibles (cma) notamment pour les eaux destinées à la consommation humaine.

L'objet de la présente étude est d'effectuer une revue rapide des cas relevés (hors eaux thermales) et des zones concernées, et si possible d'identifier l'origine des éléments correspondants, en fonction du contexte géologique et géochimique



## 4 • CONCLUSION

Il semble donc que l'idée d'un équilibre chimique approximatif dans les eaux souterraines les moins profondes (sources, eaux captées par forages courts ou puits) soit une hypothèse de travail intéressante. Elle a pu être mise en évidence dans quelques cas particuliers, pour des carbonates, oxydes ou hydroxydes. En revanche certains paramètres, comme l'oxygène dissous, n'entrent manifestement pas dans ce schéma.

En l'absence de toute donnée factuelle et faute de mesures précises, cette notion d'équilibre chimique peut utilement être invoquée pour estimer le niveau de concentration maximale possible dans les eaux de tel ou tel élément toxique ou indésirable.