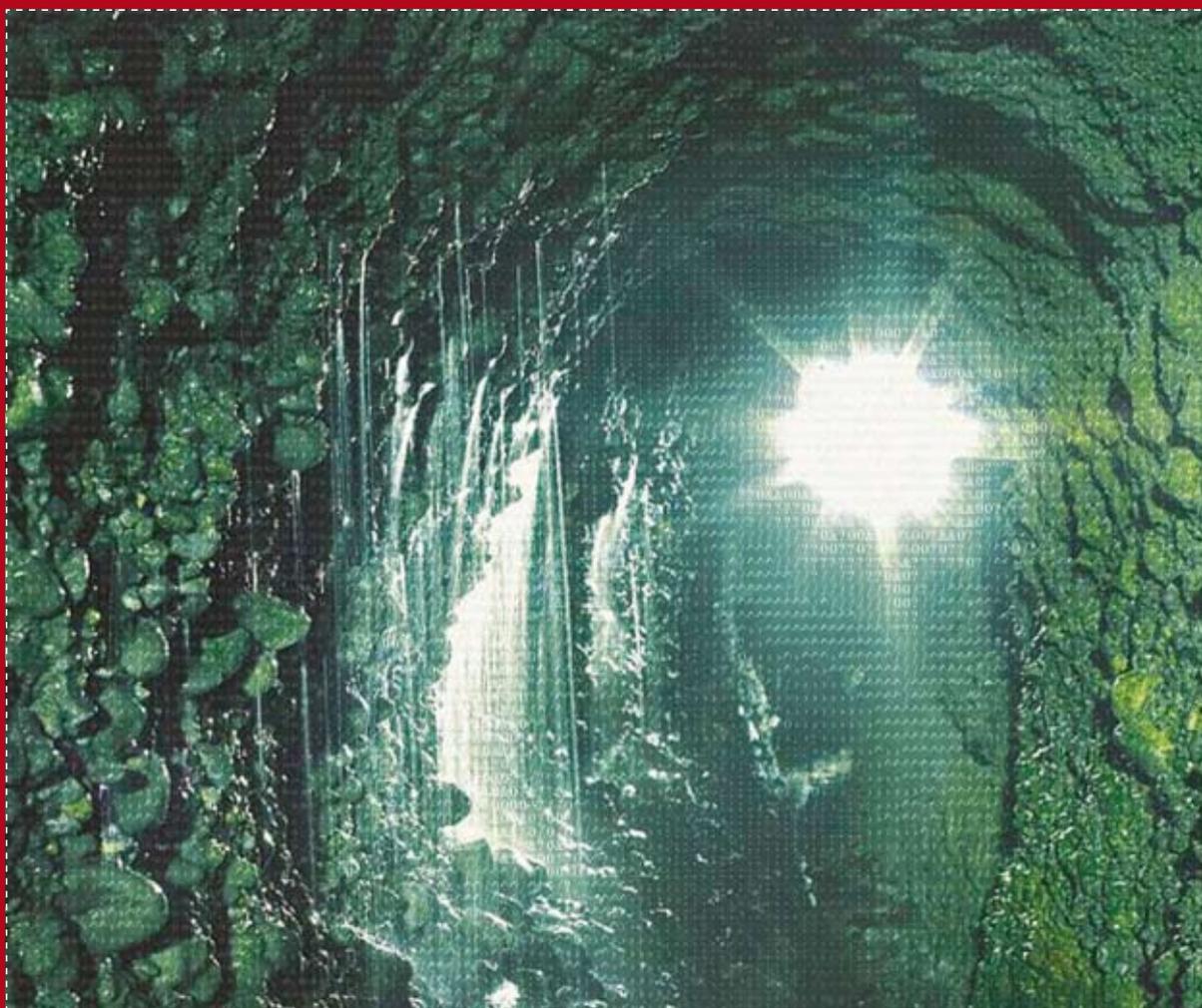


03
09

> Résultats de l'observatoire national des eaux souterraines (NAQUA)

Etat et évolution de 2004 à 2006



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

03

09

> Résultats de l'observatoire national des eaux souterraines (NAQUA)

Etat et évolution de 2004 à 2006

Impressum

Editeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteurs

Sybille Kilchmann, Miriam Reinhardt, Marc Schürch et Daniel Traber, OFEV

Accompagnement au sein de l'OFEV

Section Protection des eaux souterraines et section Hydrogéologie

Référence bibliographique

OFEV 2009: Résultats de l'observatoire national des eaux souterraines (NAQUA) – Etat et évolution de 2004 à 2006. Etat de l'environnement n° 0903. Office fédéral de l'environnement, Berne. 144 p.

Traduction

Michel George, Bâle

Graphisme, mise en page

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Photo de couverture

Sihlquelle, Kohlboden, Lorzetal; Wasserversorgung der Stadt Zürich

Commande

OFEV

Centrale d'expédition

CH 3003 Berne

Fax +41 (0) 31 324 02 16

docu@bafu.admin.ch

www.environnement-suisse.ch/uz-0903-f

Numéro de commande et prix:

UZ-0903-F / CHF 25.- (TVA comprise)

Cette publication est également disponible en allemand (UZ-0903-D).

© OFEV 2009

> Table des matières

Abstracts	5		
Avant-propos	7		
Vue d'ensemble	8		
Introduction	16		
<hr/>			
1 Fondements	18		
1.1 Réseau	18		
1.2 Etat quantitatif des eaux souterraines	19		
1.2.1 Conception théorique	19		
1.2.2 Fonctionnement	19		
1.2.3 Traitement des données	22		
1.2.4 Publication des données	22		
1.3 Qualité des eaux souterraines	23		
1.3.1 Fonctionnement	23		
1.3.2 Programmes d'analyses de 2004 à 2006	26		
1.3.3 Assurance qualité	27		
1.3.4 Traitement et présentation des données	27		
1.4 Offices et laboratoires cantonaux collaborant aux travaux	28		
<hr/>			
2 Résultats	29		
2.1 Etat quantitatif des eaux souterraines	29		
2.1.1 Introduction	29		
2.1.2 Aperçu météorologique et hydrologique	29		
2.1.3 Régimes des eaux souterraines	31		
2.1.4 Crues de 2005	33		
2.1.5 Evolution dans le temps	35		
2.2 Azote et phosphore	37		
2.2.1 Introduction	37		
2.2.2 Nitrates – analyses réalisées	38		
2.2.3 Nitrates – résultats	39		
2.2.4 Nitrates – interprétation	45		
2.2.5 Nitrites, ammonium et phosphates	47		
2.3 Produits phytosanitaires	48		
2.3.1 Introduction	48		
2.3.2 Produits phytosanitaires – analyses réalisées	49		
2.3.3 Produits phytosanitaires – résultats	51		
2.3.4 Produits phytosanitaires – interprétation	58		
2.4 Composés organiques volatils (COV)	62		
2.4.1 Introduction	62		
2.4.2 COV – analyses réalisées	64		
2.4.3 COV – résultats	67		
2.4.4 COV – interprétation	79		
2.5 Médicaments	82		
2.5.1 Introduction	82		
2.5.2 Médicaments – analyses réalisées	82		
2.5.3 Médicaments – résultats	83		
2.5.4 Médicaments – interprétation	84		
2.6 Agents complexants et indicateurs d'eaux usées	86		
2.6.1 Introduction	86		
2.6.2 Agents complexants et indicateurs d'eaux usées – analyses réalisées	87		
2.6.3 Agents complexants et indicateurs d'eaux usées – résultats	87		
2.6.4 Agents complexants et indicateurs d'eaux usées – interprétation	89		
2.7 Chlorures, sulfates et paramètres hydrochimiques de base	90		
2.7.1 Chlorures	90		
2.7.2 Sulfates	93		
2.7.3 Paramètres hydrochimiques de base	94		
2.8 Eléments traces (métaux lourds inclus)	95		
2.8.1 Introduction	95		
2.8.2 Eléments traces – analyses réalisées	95		
2.8.3 Eléments traces – résultats	96		
2.8.4 Eléments traces – interprétation	98		
2.9 Radionucléides	99		
2.9.1 Introduction	99		
2.9.2 Radionucléides – analyses réalisées	100		
2.9.3 Radionucléides – résultats	100		
2.9.4 Radionucléides – interprétation	103		
<hr/>			
3 Conclusions et perspectives	104		

Annexes	108
A1 Boxplot (diagramme à moustaches)	108
A2 Résultats des analyses de 2004 à 2006	109
A3 Produits phytosanitaires: type, autorisation et domaines d'utilisation	129
A4 Offices et laboratoires cantonaux collaborant aux travaux	137

Index	139
Liste des abréviations	139
Figures	140
Tableaux	141
Bibliographie	142

> Abstracts

Together with the cantonal authorities, the Federal Office for the Environment (FOEN) conducts national groundwater monitoring (qualitative and quantitative). This report presents the findings for the years 2004 to 2006 and documents the state of Switzerland's most important drinking water resource. The state of groundwater is generally good in both quantitative and qualitative terms. However, traces of synthetic and persistent substances such as plant protection products, hydrocarbons or pharmaceuticals are often found, especially in intensively farmed or densely populated areas. This highlights how vulnerable groundwater is to human activities and how important it is to engage in consistent groundwater protection.

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) führt in Zusammenarbeit mit den Kantonen die nationale Grundwasserbeobachtung durch (Grundwasserqualität und -quantität). Dieser Bericht präsentiert die Resultate für die Jahre 2004 bis 2006 und dokumentiert den Zustand der wichtigsten Trinkwasserressource in der Schweiz. Der Zustand des Grundwassers ist im Allgemeinen gut, sowohl quantitativ wie qualitativ. Besonders in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft oder dichter Besiedlung werden jedoch häufig Spuren künstlicher und langlebiger Substanzen wie Pflanzenschutzmittel, Kohlenwasserstoffe oder Arzneimittel gefunden. Dies zeigt, wie verletzlich das Grundwasser gegenüber menschlichen Aktivitäten ist und welche Bedeutung ein konsequenter Grundwasserschutz hat.

L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) veille, en collaboration avec les cantons, à assurer l'observation nationale des eaux souterraines (qualité et quantité). Le présent rapport détaille les résultats de la période 2004 à 2006 et commente l'état de la principale ressource suisse en eau potable. Dans l'ensemble, les eaux souterraines se portent bien, tant du point de vue quantitatif que qualitatif. Dans les régions vouées à l'agriculture intensive ou très urbanisées, on détecte cependant souvent des traces de substances de synthèse persistantes (produits phytosanitaires, hydrocarbures et médicaments). Leur présence montre à quel point les eaux souterraines sont vulnérables face aux activités humaines et combien il importe de les protéger.

In collaborazione con i Cantoni, l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) assicura il monitoraggio nazionale delle acque sotterranee (qualità e quantità delle acque sotterranee). Il presente rapporto presenta i risultati per gli anni dal 2004 al 2006 e documenta lo stato della principale risorsa di acqua potabile in Svizzera. In generale, lo stato delle acque sotterranee è buono, dal profilo quantitativo che qualitativo. Tuttavia, soprattutto nelle aree con un'agricoltura intensiva o un'elevata densità di popolazione, si riscontrano spesso tracce di sostanze sintetiche persistenti, come i prodotti fitosanitari, gli idrocarburi o i farmaci. Ciò dimostra la vulnerabilità delle acque sotterranee nei confronti delle attività umane e l'importanza di una protezione costante delle acque sotterranee.

Keywords:

Groundwater,
Groundwater monitoring,
Groundwater quantity,
Groundwater quality,
Groundwater protection

Stichwörter:

Grundwasser,
Grundwasserbeobachtung,
Grundwasserquantität,
Grundwasserqualität,
Grundwasserschutz

Mots-clés:

eaux souterraines,
observation des eaux
souterraines,
quantité des eaux souterraines,
qualité des eaux souterraines,
protection des eaux souterraines

Parole chiave:

acque sotterranee,
monitoraggio delle acque
sotterranee,
quantità delle acque sotterranee,
qualità delle acque sotterranee,
protezione delle acque
sotterranee

> Avant-propos

Sans les eaux souterraines, la Suisse risquerait tout bonnement d'être privée d'eau. La bonne qualité et la disponibilité permanente de cette ressource revêtent dès lors une importance cruciale du point de vue économique. Empêcher les substances étrangères nuisibles de parvenir dans l'eau souterraine, c'est toutefois aussi apporter une contribution cruciale à la bonne santé de la population. Les eaux souterraines jouent par ailleurs un rôle prépondérant dans un régime hydrologique proche de l'état naturel et assurent la préservation des écosystèmes aquatiques.

La publication d'un rapport national sur l'état des eaux souterraines est relativement récente en Suisse. Le présent rapport, qui est le deuxième à rendre compte des travaux de l'observatoire national des eaux souterraines (NAQUA), franchit une nouvelle étape vers la mise en place d'un suivi à long terme de cette ressource vitale et vers une information régulière sur son évolution.

Les facteurs naturels et anthropiques qui influent sur l'état des eaux souterraines sont nombreux et ne cessent d'évoluer. Ils vont des événements météorologiques passagers aux changements climatiques à très long terme, et comprennent également les effets de l'agriculture, des transports, de l'industrie et des ménages, qui influent sur les conditions de vie de chacun et de chacune d'entre nous. Une telle situation exige une surveillance systématique, doublée de l'indispensable flexibilité qui permet de réagir rapidement à tout nouveau changement.

Nous sommes fiers de nous approcher de cet objectif en collaborant étroitement avec les services cantonaux spécialisés et de voir que les résultats présentés ici témoignent de la bonne qualité des ressources en eau souterraine de notre pays. Il importe néanmoins d'identifier rapidement les problèmes actuels et futurs, de les suivre avec toute l'attention requise et d'y remédier au plus vite en prenant des mesures pour protéger les eaux souterraines.

Bruno Oberle
Directeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

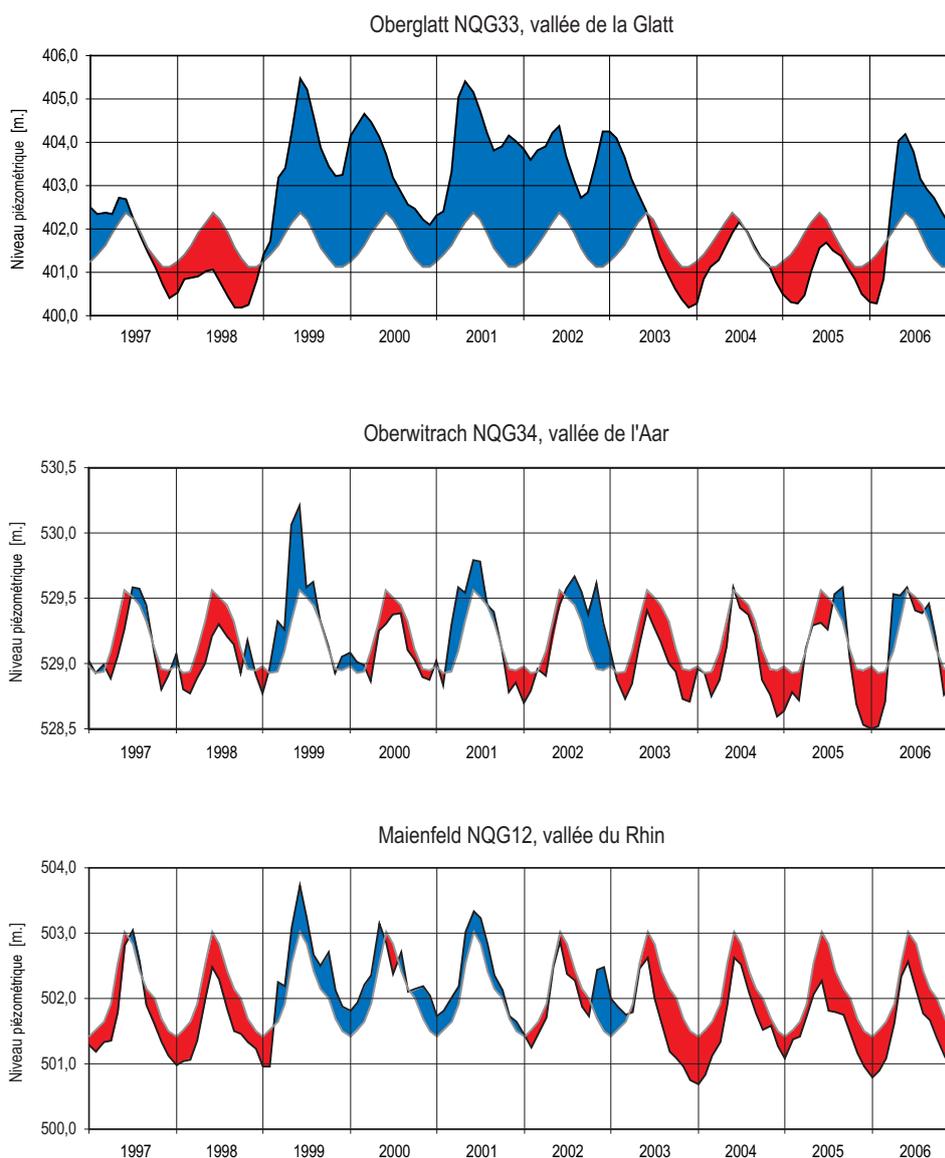
> Vue d'ensemble

Etat quantitatif des eaux souterraines

- > *Après la période 1999 à 2002, durant laquelle les eaux souterraines se sont en général maintenues à des niveaux supérieurs à la moyenne, leurs niveaux ont baissé pour stagner, de 2003 à 2005, en dessous de la moyenne pluriannuelle dans toute la Suisse et, dans certaines régions, même jusqu'en 2006 (cf. fig. I). Cette situation s'explique par la persistance de précipitations inférieures à la moyenne sur de vastes portions du pays.*
 - > *Pendant la canicule de 2003, les niveaux de plusieurs nappes d'eaux souterraines ont atteint de nouveaux minimums absolus.*
 - > *En 2006, la plupart des nappes souterraines ont retrouvé leur niveau habituel (cf. station d'Oberglatt, fig. I). La persistance de précipitations déficitaires dans le sud de la Suisse et les Grisons y a maintenu les eaux souterraines à des niveaux relativement faibles en 2006 (cf. station de Maienfeld, fig. I).*
 - > *Les crues d'août 2005 furent suivies par une nette hausse des niveaux des eaux souterraines, qui ont parfois atteint de nouveaux records.*
-

Fig. 1 > Niveau piézométrique dans trois stations sises dans des aquifères de roches meubles en interaction avec un cours d'eau – de janvier 1997 à décembre 2006

Moyenne mensuelle (ligne noire) et moyenne mensuelle calculée sur plusieurs années (ligne grise). Les mois où les niveaux des eaux souterraines ont dépassé la moyenne sont coloriés en bleu; ceux où les niveaux ont été inférieurs à la moyenne en rouge. Emplacement des stations, voir fig. 5.



Nitrates

- > *Dans un quart environ des stations analysées, les concentrations de nitrates ont dépassé l'exigence chiffrée de l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux), fixée à 25 mg/l. Dans 5 % des stations, les valeurs maximales se sont ainsi révélées supérieures à la valeur de tolérance que l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants (OSEC) fixe à 40 mg/l pour l'eau potable.*
 - > *Les charges les plus élevées de nitrates ont été mesurées dans les régions de grandes cultures intensives (cf. fig. II). En 2006, elles ont dépassé l'exigence chiffrée de l'OEaux dans 61 % des stations analysées où les grandes cultures constituent la principale utilisation du sol, et la valeur de tolérance pour l'eau souterraine dans 16 % du même type de stations.*
 - > *Après avoir diminué pendant plusieurs années, les concentrations de nitrates ont à nouveau accusé une nette hausse pendant la période 2003 à 2006.*
 - > *La hausse des concentrations de nitrates s'est surtout fait sentir dans les régions principalement vouées à l'agriculture. Dans les stations de mesure où les catégories «grandes cultures» ou «production herbagère et bétail» représentent la principale utilisation du sol, la hausse moyenne a atteint 2 à 3 mg/l par an (valeurs moyennes). Les bassins d'alimentation où la production herbagère et l'élevage de bétail prédominent ont retrouvé leur niveau de 1997, alors que ceux couverts de forêts n'ont pas dénoté d'augmentation notable (cf. fig. III).*
-

Fig. II > Nitrates: concentrations en 2006 et part de cultures

Valeurs moyenne et maximale par station.

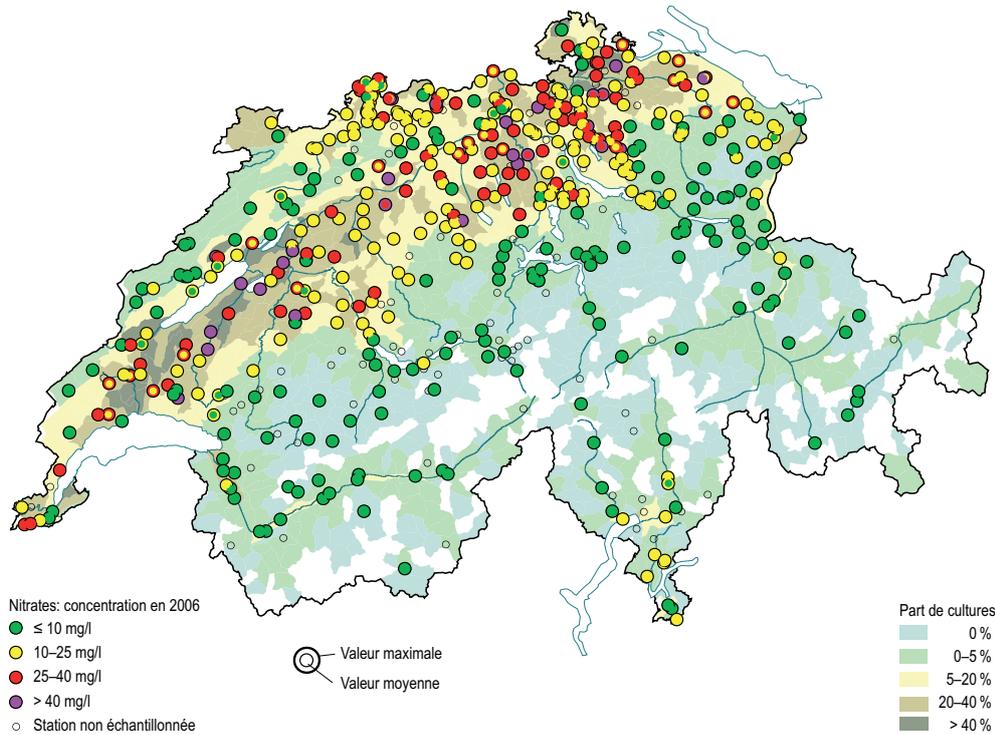
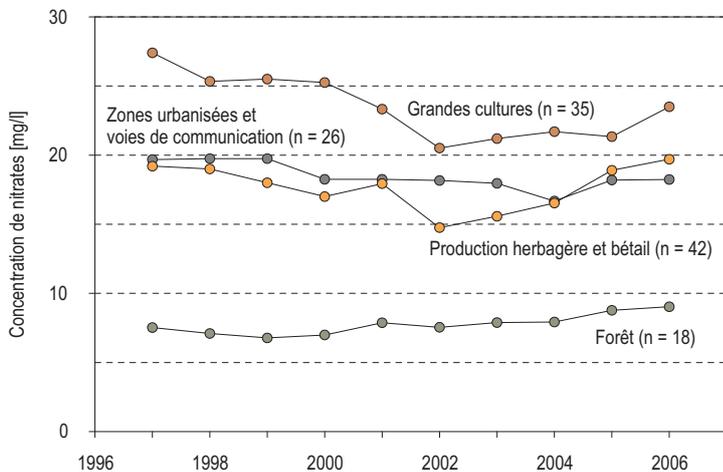


Fig. III > Nitrates: évolution de la concentration ces dix dernières années – en fonction de l'utilisation principale du sol (grandes cultures, production herbagère et bétail, zones urbanisées et voies de communication, forêt)

Médiane des moyennes annuelles des diverses stations. Le calcul se fonde sur les données des stations NAQUA des cantons AG, BE, BS, GE, JU, NE, NW, SO, SZ, VD et ZH. Le dépouillement des données des cinq dernières années sur l'ensemble du réseau confirme cette évolution.

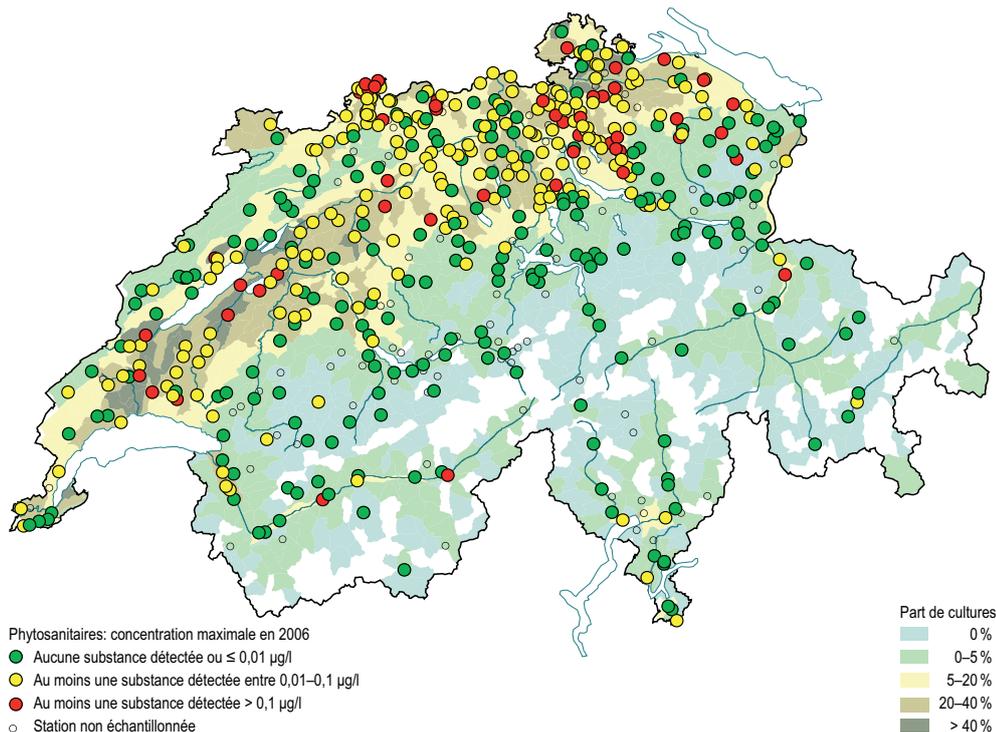


Produits phytosanitaires

- > L'exigence chiffrée de l'OEaux, fixée à 0,1 µg/l pour les produits phytosanitaires, a été dépassée dans 10 % environ des stations analysées et presque la moitié présentent des traces de ces produits ou de leurs résidus. Les résultats corrént bien avec l'intensité d'utilisation du sol (cf. fig. IV). L'exigence chiffrée de 0,1 µg/l a ainsi été dépassée dans environ un sixième des stations au bassin d'alimentation dominé par les grandes cultures et les zones bâties, et environ 80 % des stations présentent des traces de produits phytosanitaires.
- > Des métabolites de produits phytosanitaires, tels le métolachlore ESA et le 2,6-dichlorobenzamide (dérivé de l'herbicide dichlobenil), ont été mesurés en maints endroits, de manière régulière et en concentrations relativement élevées.
- > Les triazines, en particulier l'atrazine et la simazine, ont continué de prédominer parmi les substances détectées, malgré les restrictions successives dont leur emploi a fait l'objet. Une lente tendance à la baisse se dessine pour l'atrazine, ses métabolites et la simazine.
- > La plupart des autres substances n'ont été détectées qu'irrégulièrement, probablement selon la rotation des cultures, les dates d'emploi et l'évolution des précipitations avant les prélèvements. Pour ces raisons et vu l'absence de données antérieures, il s'avère impossible de dégager une évolution de leurs concentrations.

Fig. IV > Produits phytosanitaires: concentrations en 2006 et part de cultures

Valeur maximale des diverses substances isolées, des substances mères et des métabolites. Tous produits phytosanitaires mesurés confondus, leur nombre pouvant toutefois varier d'une station à l'autre. Au maximum, cinq analyses par station. Données cartographiques: Eurostat/GISCO 1992.



Composés organiques volatils (COV)

- > L'exigence chiffrée de l'OEaux a été dépassée dans 8% environ des stations analysées et des traces de COV ont été détectées dans près d'un tiers des stations. Les résultats corrélient bien avec la densité d'urbanisation (cf. fig. V et VI).
- > Les substances le plus souvent détectées sont les solvants tétrachloroéthylène (Per; dans près de 20% des stations analysées) et trichloroéthylène (Tri; dans 16% environ des stations), ainsi que l'additif de l'essence MTBE (dans 12 à 19%).
- > Un ensemble de données comparables prélevées sur quatre ans indique que la charge en MTBE a diminué: le pourcentage des stations où cette substance a été détectée est passé de 20% à 13% environ à la fin de la période d'observation. Il faut cependant attendre les résultats des années à venir pour savoir si cette évolution est due au remplacement croissant du MTBE par l'ETBE ou aux conditions hydrologiques et climatiques de 2006.
- > Sauf dans le cas du MTBE, aucune évolution dans le temps n'est perceptible pour les composés organiques volatils. Les données requises font défaut pour la période antérieure à 2002.

Fig. V > Hydrocarbures halogénés volatils: concentration en 2006 et densité d'urbanisation

Valeur maximale de chacune des substances. Le nombre des substances analysées peut varier d'une station à l'autre. Données cartographiques: Eurostat/GISCO 1992.

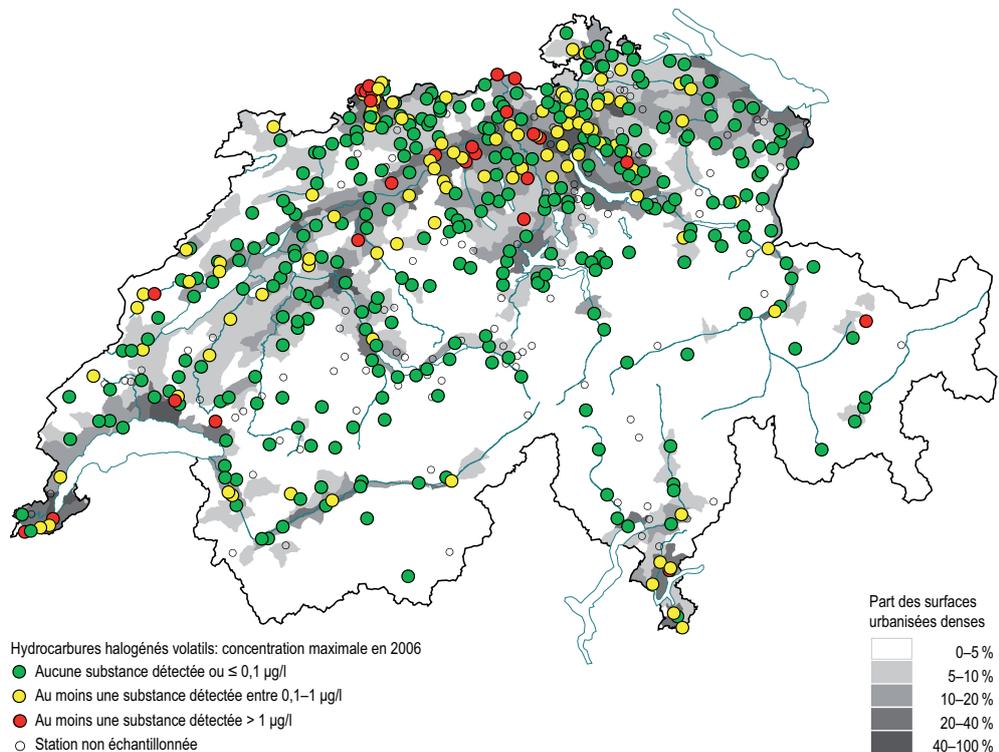
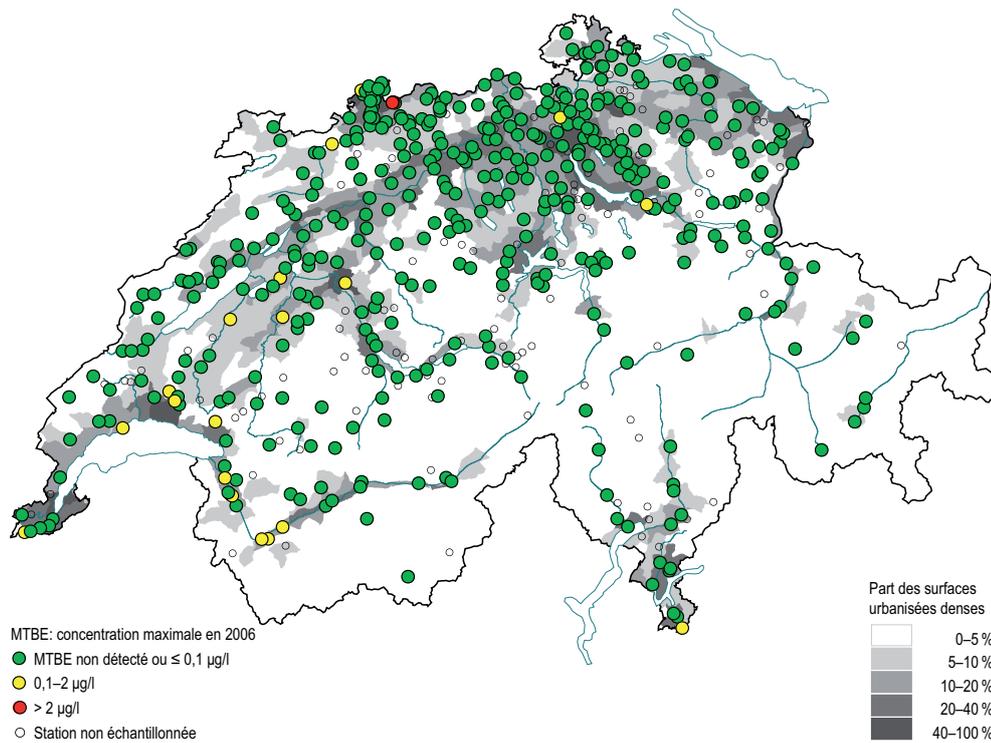


Fig. VI > MTBE: concentrations en 2006 et densité d'urbanisation

Valeur maximale. Données cartographiques: Eurostat/GISCO 1992.



Médicaments (notamment les antibiotiques de la famille des sulfonamides)

- > Deux études pilotes menées entre 2004 et 2005, dans respectivement 47 et 100 stations, ont déterminé la présence de 77 principes actifs pharmaceutiques et de 9 antibiotiques de la famille des sulfonamides, ainsi que des produits de leur dégradation (métabolites).
- > Dix substances actives et métabolites ont été détectés. Les plus fréquents sont l'antibiotique sulfaméthoxazole (18 détections), les produits contrastants utilisés en radiologie acide amidotrizoïque (13) et iopamidol (8) et l'antiépileptique carbamazépine (9).
- > Les concentrations rencontrées étaient le plus souvent comprises entre 0,01 µg/l et 0,02 µg/l et rarement supérieures à 0,1 µg/l (maximum: 0,13 µg/l).
- > Aucune exigence chiffrée n'a pour l'heure été fixée pour les médicaments dans l'eau souterraine.
- > Les détections positives se sont principalement situées dans des aquifères alimentés par l'infiltration d'eaux superficielles recevant des eaux usées traitées. Le manque d'étanchéité de conduites d'eaux usées est parfois aussi en cause.
- > Les effets potentiels des concentrations mesurées sont encore largement inconnus. Les valeurs maximales étant toutefois inférieures de plusieurs ordres de grandeur aux doses thérapeutiques, une utilisation de ces eaux souterraines comme eau potable ne constitue pas, au vu des connaissances actuelles, un risque immédiat pour la santé humaine.

Eléments traces (métaux lourds inclus) et radionucléides

- > Les éléments traces et les activités de plusieurs radionucléides ont été étudiés dans 50 stations.
 - > On a détecté la présence de l'agent complexant EDTA et mesuré des concentrations élevées de bore dans nombre de stations principalement à proximité de cours d'eau. Les concentrations d'EDTA sont toutefois partout restées inférieures à la valeur indicative de 5 µg/l des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines.
 - > Pour ce qui est des métaux lourds, on n'a mesuré aucune charge significative d'origine anthropique.
 - > Les activités des radionucléides radon 222, radium 226 ainsi que de l'uranium 234 et de l'uranium 238 n'ont pas dépassé leur niveau naturel et les valeurs mesurées correspondent au soubassement géologique en présence. Aucune atteinte anthropique n'a été mise en évidence.
-

> Introduction

Objectifs de l'observation des eaux souterraines

En Suisse, plus de 80 % des eaux potables et industrielles proviennent des eaux souterraines, qui sont ainsi notre principale source d'approvisionnement en eau potable. A ce titre, celles-ci constituent un important facteur économique. Même si les quantités que tous les services des eaux y puisent n'équivalent qu'à 2 % environ des précipitations annuelles, les eaux souterraines sont un bien vulnérable qui peut en particulier être détérioré sous l'effet des activités humaines, omniprésentes.

Alimentation en eau et protection des eaux souterraines

L'observation à long terme de la qualité et de l'état quantitatif des nappes souterraines est un préalable crucial à une protection efficace des eaux souterraines, basée en priorité sur la prévention. Or les mesures nécessaires ne peuvent être prises à temps et avec l'efficacité voulue que si une détérioration qualitative ou quantitative des eaux souterraines est détectée suffisamment tôt.

L'observatoire national des eaux souterraines (NAQUA) remplit les tâches de la Confédération en collectant différentes données sur les eaux souterraines (paramètres hydrologiques, qualité de l'eau et présence de polluants) et en portant les informations recueillies à la connaissance du public. S'inscrivant dans le Réseau suisse d'observation de l'environnement (RSO), il coordonne ses activités avec les réseaux cantonaux. L'observatoire national des eaux souterraines fournit par ailleurs les fondements permettant de vérifier l'efficacité des efforts entrepris pour protéger les eaux souterraines et des mesures écologiques en agriculture. Ses données servent aussi à l'élaboration de rapports environnementaux nationaux et internationaux, par exemple dans le cadre de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) et en vue de l'application du protocole *Eau et santé* de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Selon le dernier rapport du Système national d'observation du climat, établi dans le cadre du SMOC (Seiz et Foppa 2007), les paramètres recensés par NAQUA font partie des variables climatiques essentielles de la Suisse.

Tâches de la Confédération

L'observatoire national vise à livrer une image représentative de l'état et de l'évolution des ressources en eau souterraine de la Suisse, aussi bien du point de vue qualitatif que quantitatif. Son travail sert ainsi de base pour:

Objectif de l'observatoire national des eaux souterraines (NAQUA)

- > préserver à long terme la ressource naturelle qu'est l'eau souterraine, assurer son exploitation durable, la protéger et remédier aux atteintes existantes;
- > protéger l'être humain contre les effets de charges excessives en organismes ou en substances nocives.

A cet effet, l'observatoire national des eaux souterraines doit fournir des données fiables sur les éléments suivants:

- > les aquifères suisses les plus utilisés pour la production d'eau potable;
- > les principaux facteurs naturels et anthropiques influençant les eaux souterraines en Suisse;
- > les types d'aquifères jouant un rôle primordial pour l'exploitation des eaux souterraines suisses;
- > l'état des aquifères dans les grandes régions climatiques et physiographiques suisses comme le Jura, le Plateau, les Préalpes, les Alpes et le sud des Alpes.

Si NAQUA n'a pas pour objectif d'identifier les problèmes de qualité dans les différents captages, les données recensées sont à la disposition des services cantonaux qui prennent, au besoin, les mesures appropriées.

Le présent rapport décrit l'état des eaux souterraines en Suisse au cours des années 2004 à 2006. Il constitue la suite et l'actualisation du premier rapport NAQUA (OFEFP et OFEG 2004).

Bases légales

La Constitution fédérale (Cst.) oblige la Confédération, à collecter «les données statistiques nécessaires concernant l'état et l'évolution [...] de l'environnement en Suisse» (art. 65, al. 1, Cst.), à pourvoir «dans les limites de ses compétences [...] à l'utilisation rationnelle des ressources en eau, à leur protection et à la lutte contre l'action dommageable de l'eau» et à fixer «les principes applicables à la conservation et à la mise en valeur des ressources en eau» (art. 76, al. 1 et 2, Cst.). La loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux) confie à la Confédération la mission d'effectuer «des relevés d'intérêt national sur [...] la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines» (art. 57, al. 1, LEaux). La loi ordonne par ailleurs qu'«elle [la Confédération] met les données recueillies et leur interprétation à la disposition des intéressés» (art. 57, al. 3, LEaux) et informe «le public sur la protection des eaux et sur l'état de celles-ci» (art. 50, al. 1, LEaux). Et elle stipule encore ceci: «Les cantons effectuent les autres relevés nécessaires à l'exécution de la présente loi. Ils en communiquent les résultats aux services fédéraux compétents» (art. 58, al. 1, LEaux).

Constitution fédérale, LEaux

1 > Fondements

1.1 Réseau

NAQUA se compose de quatre modules:

Quatre modules NAQUA

- > Le module QUANT sert à l'observation des données quantitatives des eaux souterraines, c'est-à-dire les débits des sources et les niveaux des eaux souterraines. Il enregistre aussi en continu d'autres paramètres comme la température, la conductivité électrique et la turbidité (chapitre 1.2).
- > Les modules TREND et SPE sont dédiés à l'observation qualitative des eaux souterraines (chapitre 1.3). Les 50 stations du module TREND assurent l'observation globale et à long terme des substances d'origine naturelle et anthropique présentes dans l'eau. Le recours aux 495 stations du module SPE permet quant à lui d'affiner la recherche des principaux produits anthropiques présents dans les eaux souterraines.
- > Le module ISOT assure l'observation des isotopes stables dans l'eau et du tritium radioactif dans les précipitations, les cours d'eau et les eaux souterraines. Les données de ce module ne sont pas présentées dans ce rapport. Des informations détaillées figurent à l'adresse www.environnement-suisse.ch/eauxsouterraines.

Les noms des modules se réfèrent en premier lieu aux paramètres observés ou aux objectifs de l'observation. Dans la pratique, les quatre modules sont parfois étroitement liés, les stations remplissant alors plusieurs fonctions. Sur les 50 stations du module TREND, 30 font par exemple également partie du module QUANT.

D'autres informations sur le réseau de mesure ont été publiées dans le premier rapport NAQUA (OFEFP et OFEG 2004).

1.2 Etat quantitatif des eaux souterraines

1.2.1 Conception théorique

La sélection des stations destinées à l'acquisition des données quantitatives s'appuie sur des critères qui doivent permettre, autant que possible, de fournir des données représentatives sur les nappes d'eau souterraine typiques de la Suisse (OFEV 2008). Dans le choix des stations, les divers critères (type d'utilisation / quantité consommée, région géographique, catégorie d'utilisation du sol, type d'aquifère et type de station) ont été appliqués de la même manière que pour les modules TREND et SPE (OFEFP et OFEG 2004).

Choix des stations

Le régime d'écoulement des cours d'eau compte parmi les facteurs qui déterminent le comportement de nombreux aquifères suisses. Dans le cas d'aquifères de roches meubles en interaction avec un cours d'eau, la dénomination du régime des eaux souterraines s'appuie sur le régime d'écoulement des rivières (Weingartner et Aschwanden 1992). Les stations correspondantes se voient ainsi attribuer quatre régimes: jurassien, du Plateau, alpin et sudalpin. Ces différents régimes seront brièvement décrits au chapitre 2.1.3.

Aquifères en interaction
avec un cours d'eau, régimes

Parmi les autres facteurs importants, mentionnons la disparité régionale de la quantité de précipitations, l'hydrogéologie propre à chaque aquifère ainsi que les éventuelles interventions anthropiques, telles les réalimentations artificielles. Ces facteurs peuvent conduire à des différences sensibles à l'intérieur d'un même régime d'eau souterraine.

Régime des eaux souterraines:
facteurs locaux

Une fois au complet, le programme d'acquisition des données quantitatives devrait compter une centaine de stations couvrant l'ensemble de la Suisse (OFEV 2008). Ces 100 stations sont partagées entre les cantons selon deux critères: type d'utilisation / quantité consommée et superficie du canton (chacun pondéré à 50%). Les stations attribuées à chaque canton sont ensuite réparties entre les diverses régions géographiques (Jura, Plateau et Alpes) de son territoire, sur la base de deux autres critères: nombre d'habitants et surface des régions géographiques (chacun pondéré à 50%). Dans chaque région géographique d'un canton, le nombre de stations est encore arrondi pour tenir compte des critères suivants: type d'utilisation du sol, type d'aquifère et type de station.

Acquisition des données
quantitatives: concept

1.2.2 Fonctionnement

Fin 2006, un ensemble de 70 stations étaient en service pour l'acquisition des données quantitatives. Le tableau 1 présente la répartition de ces stations selon les différents critères de sélection.

Nombre de stations

Tab. 1 > Stations de mesure de la quantité des eaux souterraines selon les critères de sélection*Situation à fin 2006.*

Critères	Caractéristiques	Nombre de stations
Type de station	Puits exploité	14
	Piézomètre	34
	Source	22
	Total	70
Type d'aquifère	Roches consolidées karst, p. ex. calcaire	11
	roches détritiques	5
	roches cristallines	3
	Terrains meubles graviers, sables, silt	51
	Total	70
Régime des eaux souterraines caractéristique d'aquifères en roches meubles	En interaction avec un cours d'eau jurassien	4
	du Plateau	12
	alpin	16
	sudalpin	6
	Sans interaction avec un cours d'eau réaction rapide	4
	réaction lente	9
Total	51	
Utilisation principale du sol dans le bassin d'alimentation	Surfaces agricoles	47
	Forêt	11
	Régions improductives	2
	Zones urbanisées et voies de communication	10
	Total	70
Région géographique	Jura	13
	Plateau	29
	Alpes	28
	Total	70
Altitude	< 600 m	46
	600–1000 m	18
	1000–1500 m	3
	1500–2500 m	3
	Total	70
Utilisation	Utilisé	34
	Non utilisé	36
	Total	70

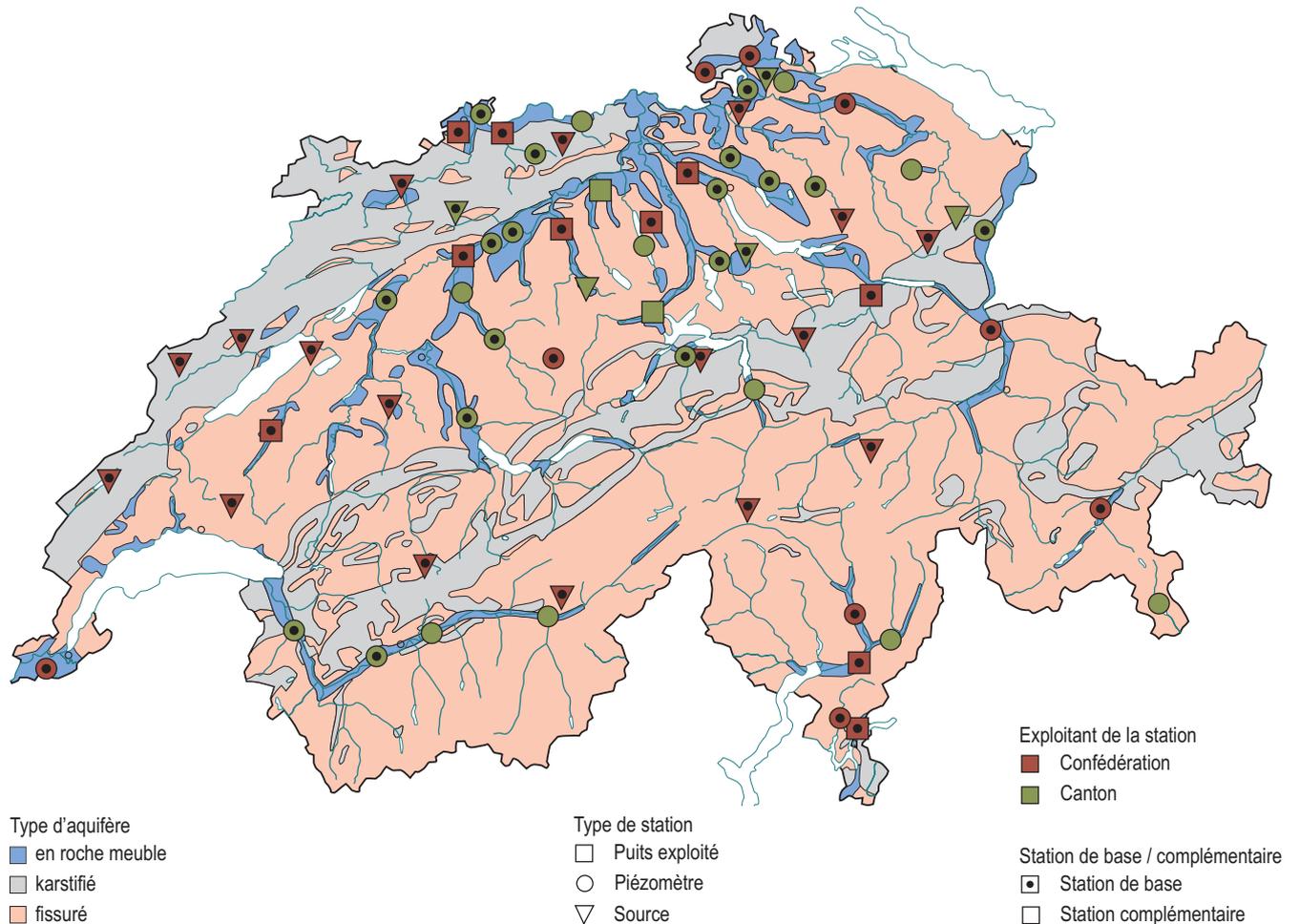
Le module QUANT comprend avant tout des stations des modules TREND et SPE, ainsi que des stations cantonales, sélectionnées car déjà équipées de systèmes permettant l'enregistrement de données en continu (cf. fig. 1).

Les stations du module QUANT se subdivisent en stations de base et en stations complémentaires (cf. fig. 1). Les stations de base enregistrent les paramètres niveau d'eau ou débit, température, conductivité électrique et turbidité. Equipées pour pouvoir transmettre des données, elles permettent d'établir, quasiment en temps réel, un rapport sur l'état quantitatif des eaux souterraines, sous la forme d'un bulletin régulièrement mis à jour, et de faire paraître les données sur Internet. Les données des stations complémentaires ne sont disponibles, elles, qu'en différé. Ensemble, stations de base et stations complémentaires permettent une observation homogène des nappes d'eau souterraine caractéristiques de l'ensemble de la Suisse.

Stations de base
et stations complémentaires

Fig. 1 > Stations de base et stations complémentaires servant à connaître l'état quantitatif des eaux souterraines

Situation à fin 2006. Données cartographiques: OFEV 2008.



1.2.3 Traitement des données

Les données enregistrées en continu aux stations exploitées par la Confédération font l'objet d'une procédure de contrôle qualité. Elles sont rectifiées si besoin est, puis archivées dans une base de données.

Traitement des données
enregistrées en continu

Les données définitives des stations NAQUA exploitées par les cantons sont livrées régulièrement à la Confédération, où elles sont archivées avec celles des stations fédérales et mises à disposition pour des traitements spécifiques.

1.2.4 Publication des données

Les données brutes et des interprétations détaillées sont publiées sur le site internet de l'OFEV (www.environnement-suisse.ch/eauxsouterraines). Depuis 2006, les données définitives enregistrées en continu paraissent également, sous forme de graphiques des données journalières, dans l'Annuaire hydrologique de la Suisse (OFEV 2007a).

Publication des données en ligne

1.3 **Qualité des eaux souterraines**

1.3.1 **Fonctionnement**

La mise en place des modules TREND et SPE ayant été largement décrite dans le premier rapport NAQUA (OFEFP et OFEG 2004), la présente édition se contente pour l'essentiel de mentionner les nouveautés.

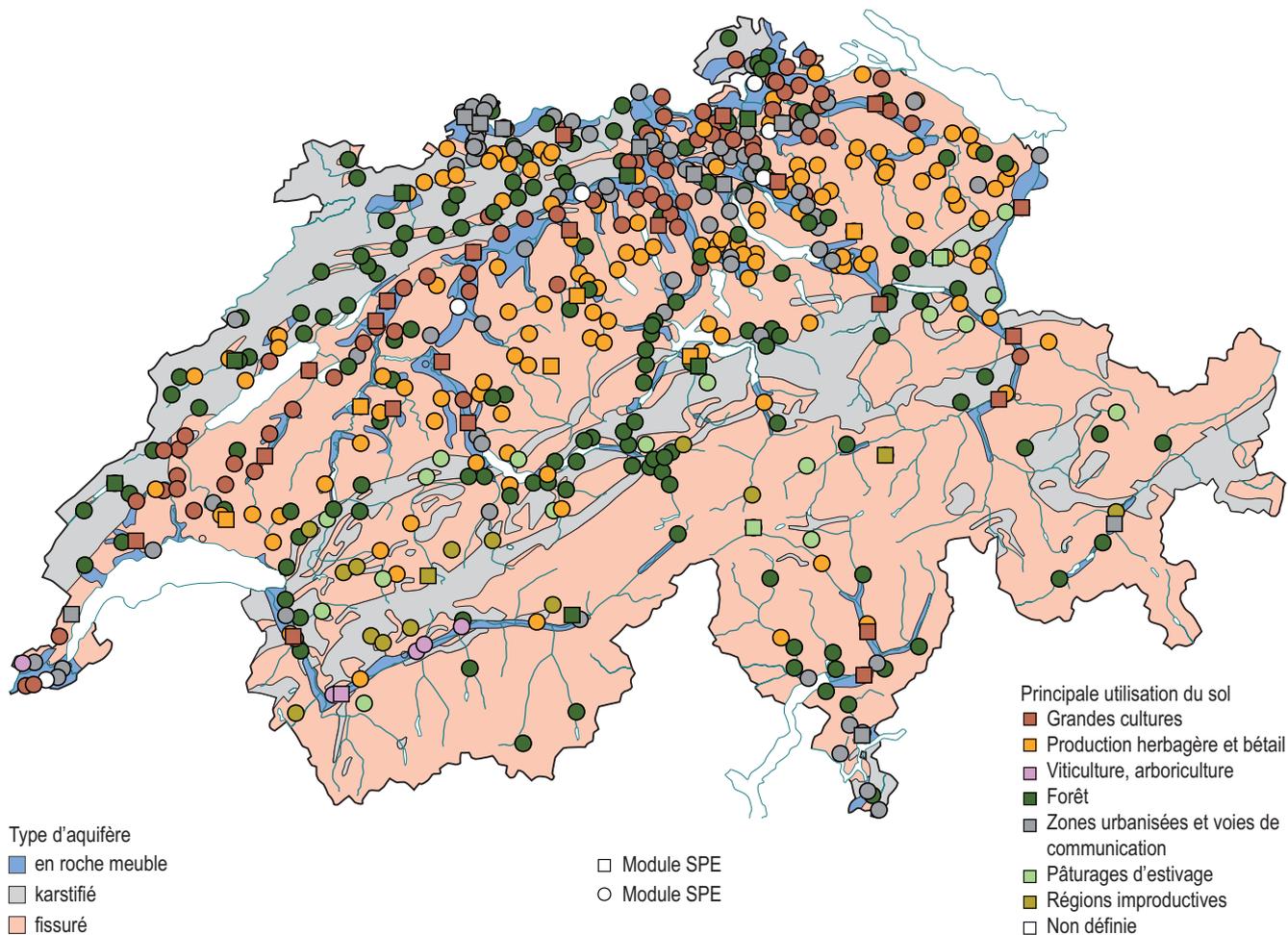
Grâce à la mise en service de quatre stations en 2004 et des deux dernières au début de 2005, le module TREND englobe depuis 2005 les 50 stations prévues.

Nombre de stations

Le module SPE se compose de 495 stations (fin 2006), de sorte que tout le réseau d'observation de la qualité en comprend ainsi 545 (cf. fig. 2). Quelques rares stations n'ont pas pu faire l'objet de prélèvements, faute d'autorisation du propriétaire par exemple ou parce que l'état du captage ne le permet plus. Ces stations seront remplacées de manière adéquate en collaboration avec les services cantonaux, pour que la représentativité du module SPE soit garantie à long terme.

Fig. 2 > Stations de mesure de la qualité des eaux souterraines, utilisation principale du sol dans le bassin d'alimentation et type d'aquifère prédominant

Situation à fin 2006. Données cartographiques: OFEV 2008.



Tab. 2 > Stations de mesure de la qualité des eaux souterraines selon le type de station, le type d'aquifère et l'utilisation principale du sol

Situation à fin 2006.

Critères	Caractéristiques	Nombre de stations SPE	Nombre de stations TREND	
Type de station	Source	254	15	
	Puits exploité	235	31	
	Piézomètre	6	4	
	Total	495	50	
Type d'aquifère	Roches karst, p. ex. calcaire (RK)	95	7	
	consolidées			
	roches détritiques, p. ex. grès (RD)	51	4	
	roches cristallines, p. ex. granit (RC)	16	2	
	Roches meubles	graviers de fonds de vallée (GV)	225	32
		graviers hors fonds de vallée (GT)	29	4
		moraines (Mo)	38	0
	éboulis (Eb)	41	1	
Total		495	50	
Utilisation principale du sol dans le bassin d'alimentation	Grandes cultures (GdC)	77	22	
	Production herbagère et bétail (GV)	138	6	
	Viticulture, arboriculture (VA)	5	1	
	Forêt (Fo)	151	7	
	Zones urbanisées et voies de communication (ZUC)	85	10	
	Pâturages d'estivage (PA)	20	2	
	Régions improductives (RI)	13	2	
	Non définie (ND)	6	-	
Total		495	50	

La répartition des stations dans les huit catégories d'utilisation principale du sol retenues dans le cadre de NAQUA a été légèrement modifiée depuis la publication du premier rapport sur les eaux souterraines (OFEFP et OFEG 2004; cf. tab. 2, fig. 2). Les commentaires chiffrés traitant de l'utilisation du sol dans le présent rapport ne sont dès lors pas directement comparables avec les données du premier.

Une utilisation principale du sol a été attribuée à chaque station. Il s'agit pour l'essentiel de l'utilisation qui occupe la plus grande superficie du bassin d'alimentation. Rares sont toutefois les stations où la qualité des eaux est marquée par un seul type d'utilisation, de sorte que les bassins d'alimentation de la plupart des stations connaissent une utilisation mixte. Un bassin peut par exemple être couvert à 45 % de grandes cultures, à 30 % de forêts et à 25 % de zones urbanisées et de voies de communication. L'influence des cours d'eau superficiels sur les stations n'est actuellement pas prise en compte dans le cadre de l'utilisation principale du sol, car la part des eaux infiltrées est le plus souvent inconnue.

Détermination de l'utilisation principale du sol

La détermination de l'utilisation principale du sol des 50 stations du module TREND repose sur des rapports d'études détaillées et en partie aussi sur des modélisations hydrodynamiques du bassin d'alimentation. Les bassins des 495 stations du module SPE ont été appréciés sur la base d'informations collectées en étroite collaboration avec les services cantonaux spécialisés, comme les quantités prélevées ou les débits naturels, les cartes hydrogéologiques et divers autres documents, tels des rapports sur la délimitation des zones de protection. L'utilisation principale du sol a ensuite été déterminée pour chacun des bassins d'alimentation (OFEV 2006a: Synthèse de la caractérisation des stations). Comparée à celle du premier rapport NAQUA, l'attribution d'une utilisation principale du sol a ainsi pu être améliorée.

1.3.2 Programmes d'analyses de 2004 à 2006

Au cours des années 2004 à 2006, une grande variété de groupes de substances ont fait l'objet d'analyses, dont les résultats sont brièvement résumés ci-dessous. Chaque programme d'analyses est ensuite détaillé dans le chapitre 2. Il convient ici de distinguer les relevés entrepris régulièrement au fil de l'année pour les programmes standard des modules TREND et SPE, de ceux réalisés lors d'études pilotes.

Programmes standard
et études pilotes

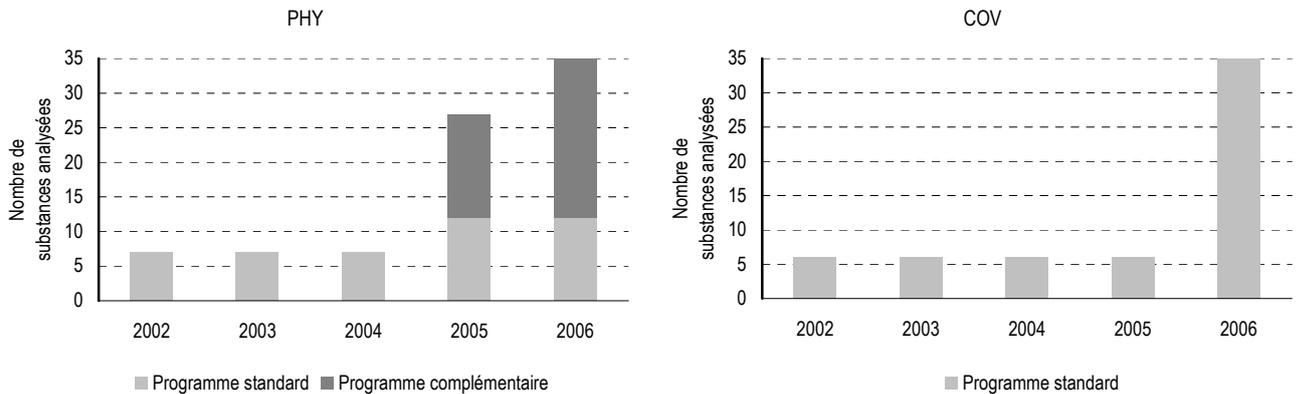
Dans le cadre du module TREND, les analyses ont englobé les éléments suivants: le programme de base (paramètres hydrochimiques de base), le programme PAN (phosphates, ammonium, nitrites), le programme Métaux lourds et éléments traces, hydrocarbures halogénés, composants des carburants (BTEX et MTBE) et le programme Produits phytosanitaires et agents complexants (cyanures, NTA et EDTA).

Groupes de substances analysés

Pour le module SPE, on a mené chaque année les campagnes Agriculture, comprenant la détection des composés azotés et des produits phytosanitaires, et Transport et industrie, axée sur la détection de nombreux composés organiques volatils (COV). Les résultats ont montré que le nombre de substances analysées a sensiblement augmenté (cf. fig. 3). En plus de l'éventail de substances défini d'un commun accord par l'OFEV et les services cantonaux de protection des eaux, certains cantons ou laboratoires ont livré des analyses pour d'autres substances. Depuis 2005, l'analyse de la famille des composés azotés dans le module SPE se limite à la détermination des nitrates. Jusqu'en 2004, on analysait aussi l'ammonium et les nitrites, mais on en a rarement rencontré de concentrations élevées. Depuis lors, ces deux substances ne sont analysées que dans le cadre du module TREND.

Les études pilotes suivantes ont par ailleurs permis de mesurer pour la première fois les quantités de substances influant sur la qualité des eaux: médicaments, antibiotiques de la famille des sulfonamides, autres produits phytosanitaires et radionucléides. Les relevés ont été effectués dans les stations où la présence de ces substances était la plus attendue (scénario du cas le plus défavorable). Dans un certain nombre de stations sélectionnées, l'étude a par ailleurs déterminé le temps de séjour des eaux souterraines. Ces résultats ne font cependant pas partie du présent rapport.

Fig. 3 > Nombre de produits phytosanitaires (sans les études pilotes) et de composés organiques volatils (COV) analysés dans les programmes de mesures standard



1.3.3 Assurance qualité

La qualité des données collectées a été contrôlée et documentée à différents niveaux. Voici les points qui méritent d'être relevés:

- > Des analyses comparatives avec les laboratoires participants ont été entreprises en mai et en novembre 2004. Elles ont porté sur les produits phytosanitaires, les composants de l'essence et les hydrocarbures chlorés (OFEV 2006b).
- > Les laboratoires privés participent régulièrement à des essais interlaboratoires et à des analyses comparatives, et transmettent leurs résultats à l'OFEV.
- > Des échantillons sont soumis à des analyses ciblées effectuées en parallèle par plusieurs laboratoires.

1.3.4 Traitement et présentation des données

Pour nombre de substances, le traitement des données qualitatives des eaux souterraines a porté sur un volume considérable de relevés, mais il convient de tenir compte des réserves suivantes:

- > *Limites de quantification*: la participation de nombreux laboratoires appliquant des méthodes d'analyses différentes engendre parfois de grandes différences entre les limites de quantification. En 2005, par exemple, la limite de quantification du diuron se situait entre 0,001 et 0,15 µg/l (1 à 150 ng/l). Depuis 2006, on est toutefois parvenu à les uniformiser.
- > *Fréquence des prélèvements*: le nombre annuel de prélèvements dans une station est déterminé par la présence de polluants et l'utilisation du sol dans le bassin d'alimentation, ainsi que par les capacités opérationnelles et financières. Pour chaque année, on dispose le plus souvent d'une à quatre analyses par station. Dans une partie des

Différences entre les méthodes d'analyses, limites de quantification et fréquences des prélèvements

stations sans charge polluante, où l'utilisation principale du sol comprend la forêt, les régions improductives et les pâturages d'estivage, des échantillons n'ont été prélevés qu'en 2005.

Pour ces raisons, il s'est avéré judicieux de fonder l'interprétation des données sur les valeurs maximales mesurées dans les stations, en tout cas pour les groupes de substances comprenant les produits phytosanitaires et les composés organiques volatils. Dans les stations où des polluants ont été identifiés, on en a observé non seulement des concentrations maximales élevées, mais aussi un bruit de fond relativement prononcé. Par ailleurs, la fréquence des prélèvements (une à quatre fois par an au plus) n'a probablement pas suffi à saisir les pointes de charge dans plusieurs stations. En vertu de la législation, l'évaluation de la charge indésirable doit en outre se fonder sur les valeurs maximales.

Concentrations maximales et
bruit de fond hydrochimique

Dans le cas de substances et d'éléments pour lesquels on dispose presque toujours d'un résultat chiffré, tels les nitrates, ou dans le cas de paramètres analysés par un seul laboratoire, les analyses peuvent reposer sur les valeurs moyennes des stations. Il s'avère alors utile de représenter les résultats sous la forme de diagrammes à moustaches (*boxplot* en anglais, dont la conception est expliquée dans l'annexe A1).

L'annexe A2 comprend de grands tableaux contenant diverses données sur la présence de chaque substance et élément. Afin de faciliter la comparaison, ces données se fondent pour toutes les substances sur les valeurs maximales des stations. Les indices statistiques (minimum, 1^{er} quartile, médiane, 3^e quartile, maximum) se rapportent aux stations où les valeurs mesurées sont supérieures à la limite de quantification et ils n'ont été calculés que si au moins quatre stations remplissent cette condition.

Indices statistiques

Dans les chapitres suivants, l'évaluation des paramètres analysés se réfère, comme dans le premier rapport NAQUA (OFEFP et OFEG 2004), essentiellement aux exigences chiffrées de l'ordonnance sur la protection des eaux ou aux valeurs indicatives des *Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines* (OFEFP 2004). Ces paramètres, pertinents pour la protection des eaux souterraines, ont été retenus car ils tiennent compte des besoins d'une alimentation en eau potable de qualité et de l'état naturel (ou quasi naturel) des eaux souterraines et superficielles.

Bases de l'évaluation

1.4 Offices et laboratoires cantonaux collaborant aux travaux

La mise en place et le fonctionnement de l'observatoire national des eaux souterraines résultent d'une étroite collaboration entre l'OFEV et les services cantonaux spécialisés, des laboratoires privés et publics, des services des eaux et divers autres organismes (cf. annexe A4). Tous mettent à disposition les données de base recueillies dans les stations et les chroniques d'analyses anciennes et réalisent des prélèvements et des analyses dans le cadre des campagnes de mesures.

2 > Résultats

2.1 Etat quantitatif des eaux souterraines

2.1.1 Introduction

Pour la période considérée, de 2004 à 2006, on dispose de mesures du niveau piézométrique ou du débit de sources provenant de 70 stations. Pour pouvoir évaluer les éventuelles influences que l'habitat et les infrastructures, les améliorations foncières, l'exploitation des eaux souterraines, les atteintes aux eaux superficielles et le changement climatique exercent sur les eaux souterraines, il faudrait cependant disposer de longues séries de données (sur plus de 30 ans), que NAQUA ne possède encore qu'en petite quantité.

Dans un ensemble de stations sélectionnées, on enregistre en continu le niveau piézométrique, le débit des sources, la température de l'eau, la conductivité électrique et, localement, la turbidité, afin d'assurer le suivi qualitatif des eaux souterraines et de replacer les données chimiques ponctuelles dans le déroulement de l'année hydrologique (cf. chapitre 1.2).

Paramètres mesurés

En Suisse, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources sont en général étroitement liés aux volumes cumulés des précipitations au cours des mois, voire des années qui ont précédé. De ce fait, nous avons pris en compte l'année exceptionnelle 2003 (été caniculaire) dans l'interprétation des données de la période 2004 à 2006 (cf. fig. 4).

2.1.2 Aperçu météorologique et hydrologique

Des températures exceptionnellement élevées et une sécheresse persistante ont marqué l'année 2003 (OFEFP, OFEG, MétéoSuisse 2004; fig. 4). Les cours d'eau alimentés par un bassin versant peu ou pas englacé ont donc souvent présenté un débit annuel très faible. Par contre, ceux possédant un bassin versant bien englacé ont drainé des quantités d'eau supérieures à la moyenne, en raison de la forte fonte des glaces cet été-là.

2003: été caniculaire

En 2004, les précipitations ont retrouvé leurs moyennes habituelles au nord des Alpes, mais sont restées déficitaires au Valais et aux Grisons. Les débits annuels de la plupart des cours d'eau sont demeurés inférieurs à leur moyenne pluriannuelle.

2004: débits égaux ou inférieurs à la moyenne

L'année 2005 a dans l'ensemble été marquée par un déficit de précipitations, quoique les pluies exceptionnelles (pluviosité dépassant parfois 200 mm) tombées les 21 et

2005: inondations au nord, manque d'eau au sud

22 août 2005 en Suisse centrale et dans l'Oberland bernois aient fait déborder plusieurs rivières (Sinreich et al. 2008). Au sud des Alpes, il est tombé moins de 65% du volume habituel, de sorte que les débits annuels ont atteint de nouveaux minimums.

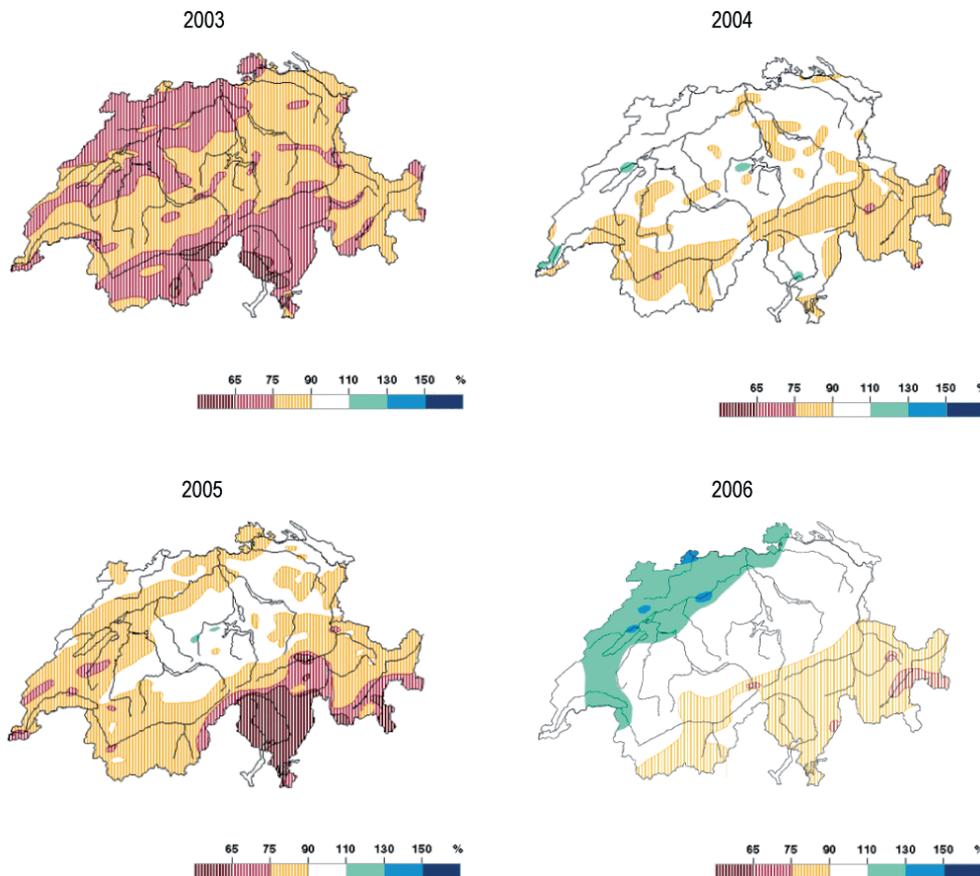
De mars à mai 2006, des précipitations extrêmes (total: de 450 à 600 mm) sont tombées sur le Jura et une partie du Plateau. Par contre, au Valais, au Tessin et aux Grisons, le déficit de précipitations a perduré. Les débits annuels des cours d'eau ont atteint des valeurs supérieures à la normale dans le Jura et le Plateau, mais à nouveau nettement inférieures à la moyenne au Tessin et aux Grisons.

2006: fortes précipitations au nord, déficit au sud

Sur l'ensemble de la période considérée, de 2003 à 2005, on a constaté un déficit persistant des précipitations. Ce déficit ainsi que la survenue, pendant la même période, des crues de 2005, sont des faits exceptionnels qui doivent être pris en compte dans l'interprétation des conditions hydrochimiques.

Fig. 4 > Précipitations

Total annuel en 2003, 2004, 2005 et 2006 en pourcentage de la moyenne pluriannuelle.



Source: MétéoSuisse

2.1.3 Régimes des eaux souterraines

Les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources réagissent différemment aux changements météorologiques selon le type d'aquifère et, à l'intérieur des aquifères en roches meubles en interaction avec un cours d'eau, aussi selon le régime des eaux souterraines (cf. chapitre 1.2). La section suivante décrit brièvement les différents types d'aquifères et les régimes des eaux souterraines, ainsi que leurs réactions aux événements pluvieux et aux variations de débits.

Lorsque des aquifères en roches meubles sont en interaction avec un cours d'eau, situation typique dans le fond des vallées alluviales de la Suisse, le niveau des eaux souterraines suit les mêmes variations que le régime d'écoulement des cours d'eau correspondants (Weingartner et Aschwanden 1992) selon les règles ci-après:

- > Lors d'une interaction avec un cours d'eau au régime jurassien ou du Plateau, la réalimentation des eaux souterraines intervient selon la répartition saisonnière des précipitations et des débits, soit surtout en hiver ou au printemps. Pendant les périodes d'étiage, en été et en automne, les niveaux piézométriques s'abaissent à partir du niveau atteint à la recharge précédente. Il suffit que les recharges hivernale et printanière présentent un déficit modéré, pour que l'on observe localement de fortes baisses des niveaux, comme ce fut par exemple le cas en 2003 aux stations NQG08, NQG28 et NQG46, ou en 2005 à la station NQG22 (cf. fig. 5).
- > Dans le cas d'une interaction avec un cours d'eau au régime alpin, les eaux souterraines sont en général réalimentées pendant la fonte des neiges et des glaciers, c'est-à-dire au printemps et en été. La période d'étiage des eaux souterraines s'étend ainsi le plus souvent d'octobre à avril. En 2003, les aquifères influencés par un cours d'eau à régime alpin ont ainsi bénéficié d'une recharge renforcée par la fonte exceptionnelle des neiges et des glaces engendrée par la canicule de l'été. En raison du déficit généralisé de précipitations, les eaux souterraines sont demeurées à des niveaux bas en 2004 et en 2005, comme ce fut le cas aux stations NQG02, NQG12, NQG30, NQG34 et NQG40.
- > Lors d'une interaction avec un cours d'eau au régime sudalpin, la réalimentation des nappes souterraines par infiltration du cours d'eau est en général assurée au printemps et en automne, alors qu'en hiver et en été, des niveaux bas sont la règle. Le déficit de précipitations fut par exemple la cause des faibles niveaux enregistrés à la station NQG01 en été et en automne 2003, ainsi qu'entre septembre 2005 et septembre 2006.

Les aquifères en roches meubles sans interaction avec un cours d'eau et présentant une zone non saturée épaisse (plus de 10 m) réagissent en général avec quelques mois de retard aux variations météorologiques. Alors qu'ils étaient supérieurs à la moyenne au début de 2003, les niveaux des eaux souterraines ont régulièrement baissé en raison du déficit de précipitations (à la station NQG04, p. ex.) pour atteindre des minimums encore inégalés en décembre 2005. L'excédent de précipitations qui a marqué le premier semestre de 2006 leur a toutefois permis de retrouver leur moyenne mensuelle pluriannuelle en décembre de cette année-là.

Aquifères en roches meubles, en interaction avec un cours d'eau

Régimes du Jura ou du Plateau

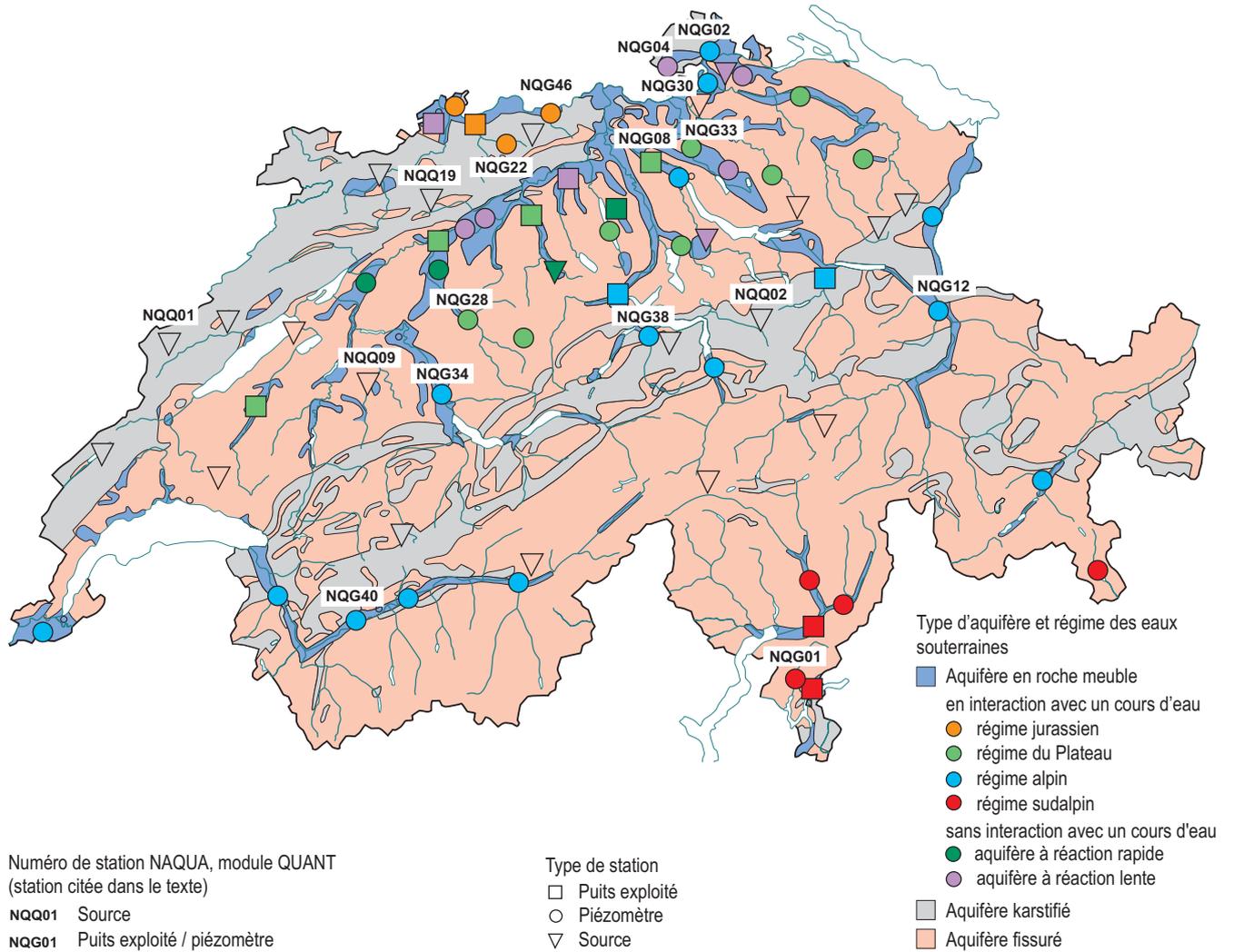
Régime alpin

Régime sudalpin

Aquifères en roches meubles à réaction lente

Fig. 5 > Stations du module QUANT (état quantitatif des eaux souterraines) selon le type d'aquifère et le régime des eaux souterraines

Données cartographiques: OFEV 2008.



Dans les aquifères karstiques, la recharge se produit avant tout pendant les périodes de précipitations longues et continues et lors de la fonte des neiges. Les vitesses d'écoulement y varient par ailleurs beaucoup, aussi bien dans le temps que dans l'espace. D'une part, l'eau souterraine s'écoule très rapidement dans les conduits et les cavités karstiques, si bien que des pointes de débit extrêmes peuvent survenir toute l'année aussitôt après de forts épisodes pluvieux. D'autre part, l'eau souterraine se déplace très lentement dans les fissures et les pores des roches carbonatées. Les débits des sources aux stations NQQ01, NQQ02 et NQQ19 étaient par exemple faibles en 2003, suite à la sécheresse persistante. Grâce à l'excédent de précipitations de 2006, de nombreuses sources du Jura ont retrouvé un débit annuel moyen élevé.

Aquifères karstiques

Dans les aquifères fissurés, la recharge intervient également surtout pendant les périodes de précipitations longues et continues, en hiver ou à la fonte des neiges. Mais les aquifères fissurés réagissent en général plus lentement aux variations météorologiques. Le débit de la source à la station NQQ09 a par exemple sensiblement diminué au cours de l'année 2005, suite au déficit persistant de précipitations. L'excédent de précipitations de 2006 a toutefois permis à de nombreuses sources du Plateau de retrouver un débit annuel moyen élevé.

Aquifères fissurés

2.1.4 Crues de 2005

Lors des fortes pluies des 21 et 22 août 2005 (MétéoSuisse 2006), les rivières du Plateau ont vu leurs eaux monter rapidement. L'accroissement de l'infiltration des eaux superficielles a engendré une rapide montée des eaux souterraines à proximité des cours d'eau et des lacs responsables de l'infiltration (comme ce fut le cas à Stans NQG38, fig. 6). Atteignant localement des niveaux exceptionnels, cette crue des eaux souterraines a parfois inondé des zones cultivées et urbanisées situées dans des creux de terrain (Schürch et al. 2008, Sinreich et al. 2008).

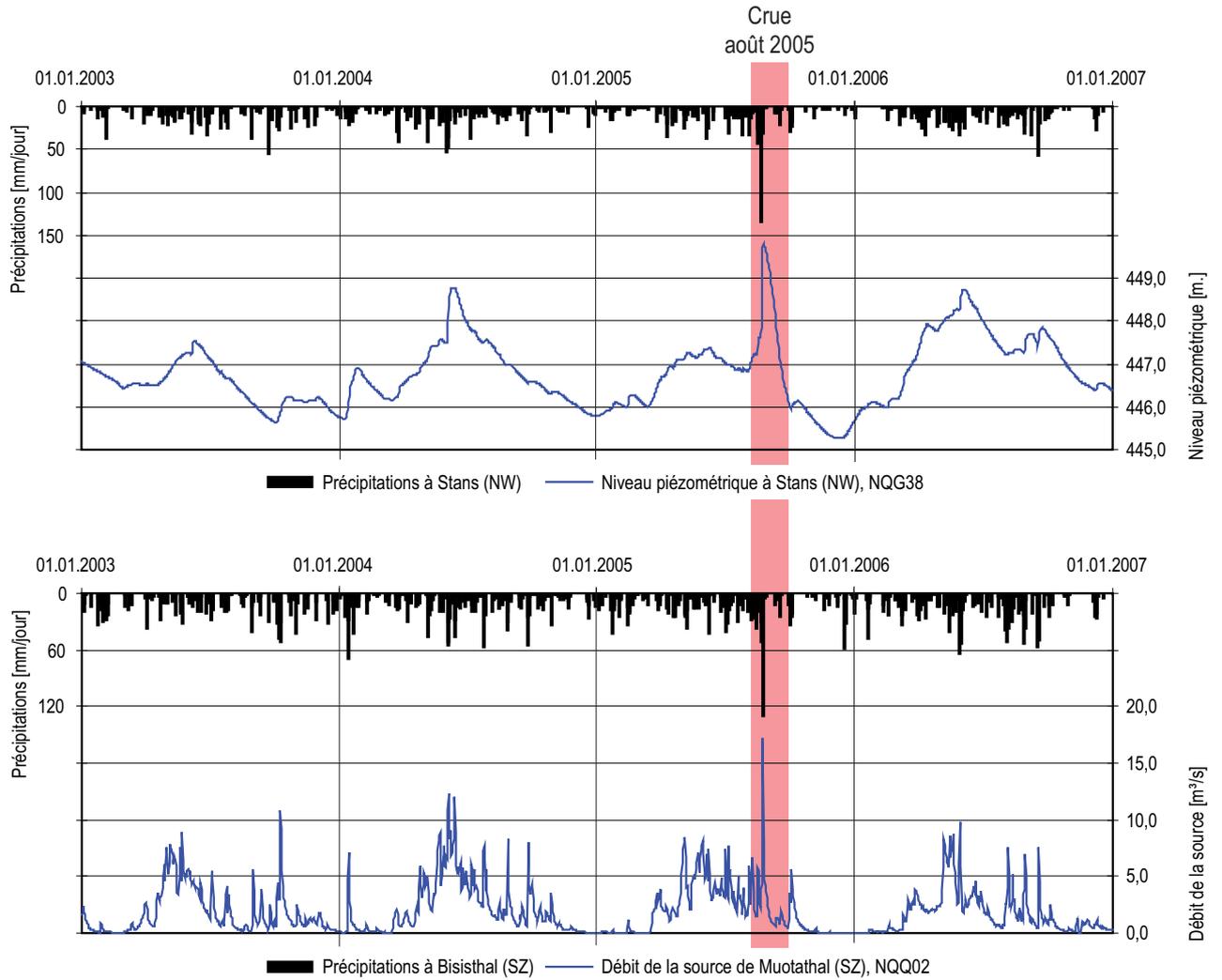
Niveaux élevés
des eaux souterraines proches
des cours d'eau infiltrants

Suite à ces fortes précipitations, on a aussi observé une rapide hausse du débit dans les sources karstiques. La source de Muotathal (NQQ02) a par exemple atteint un nouveau pic de débit instantané à plus de 20 m³/s et une moyenne journalière supérieure à 17 m³/s (cf. fig. 6).

Pointes de débit dans le karst

Fig. 6 > Crues de 2005

Montée du niveau des eaux souterraines et du débit des sources (moyenne journalière) dans deux stations – les 21 et 22 août 2005 et de janvier 2003 à décembre 2006.



Précipitations: MétéoSuisse

2.1.5 Evolution dans le temps

La comparaison, pour une même station, d'une moyenne mensuelle isolée avec les valeurs mensuelles pluriannuelles permet de savoir si le niveau piézométrique a été inférieur ou supérieur à la moyenne au cours du mois considéré (cf. fig. 7). De tels étiages ou crues des eaux souterraines peuvent perdurer plusieurs mois, voire des années, en fonction de la situation météorologique générale.

Moyenne mensuelle,
moyenne pluriannuelle

Pour la période 1999 à 2006, on peut résumer comme suit l'évolution temporelle du niveau piézométrique dans les aquifères en roches meubles, en interaction avec un cours d'eau:

- > Pendant les années 1999 à 2002, les niveaux des eaux souterraines ont dans l'ensemble dépassé la moyenne (cf. station d'Oberglatt NQG33, fig. 7). Cette période correspond à un excédent de précipitations avec une recharge des eaux souterraines supérieure à la normale.
- > De 2003 à 2005, les niveaux des eaux souterraines sont par contre demeurés inférieurs à la moyenne, donnant lieu à une période d'étiage. Cette période a été marquée par un déficit général de précipitations (cf. chapitre 2.1.2) et une recharge des eaux souterraines inférieure à la moyenne. Lors des crues du mois d'août 2005 (cf. chapitre 2.1.4), les niveaux des eaux souterraines ont temporairement dépassé la moyenne dans les régions atteintes (cf. station d'Oberwichttrach NQG34, fig. 7).
- > En 2006, les eaux souterraines n'ont pas suivi une évolution homogène dans l'ensemble de la Suisse. A la suite de l'excédent de précipitations, parfois considérable, survenu dans le Jura et sur le Plateau (cf. chapitre 2.1.2), les niveaux piézométriques de ces régions ont souvent dépassé la moyenne pluriannuelle (cf. station d'Oberglatt NQG33, fig. 7), alors qu'un étiage très marqué perdurait dans les Alpes orientales et sur le versant sud des Alpes (cf. station de Maienfeld NQG12, fig. 7).

1999-2002:
niveaux piézométriques
supérieurs à la moyenne

2003-2005: basses eaux

2006: différences régionales

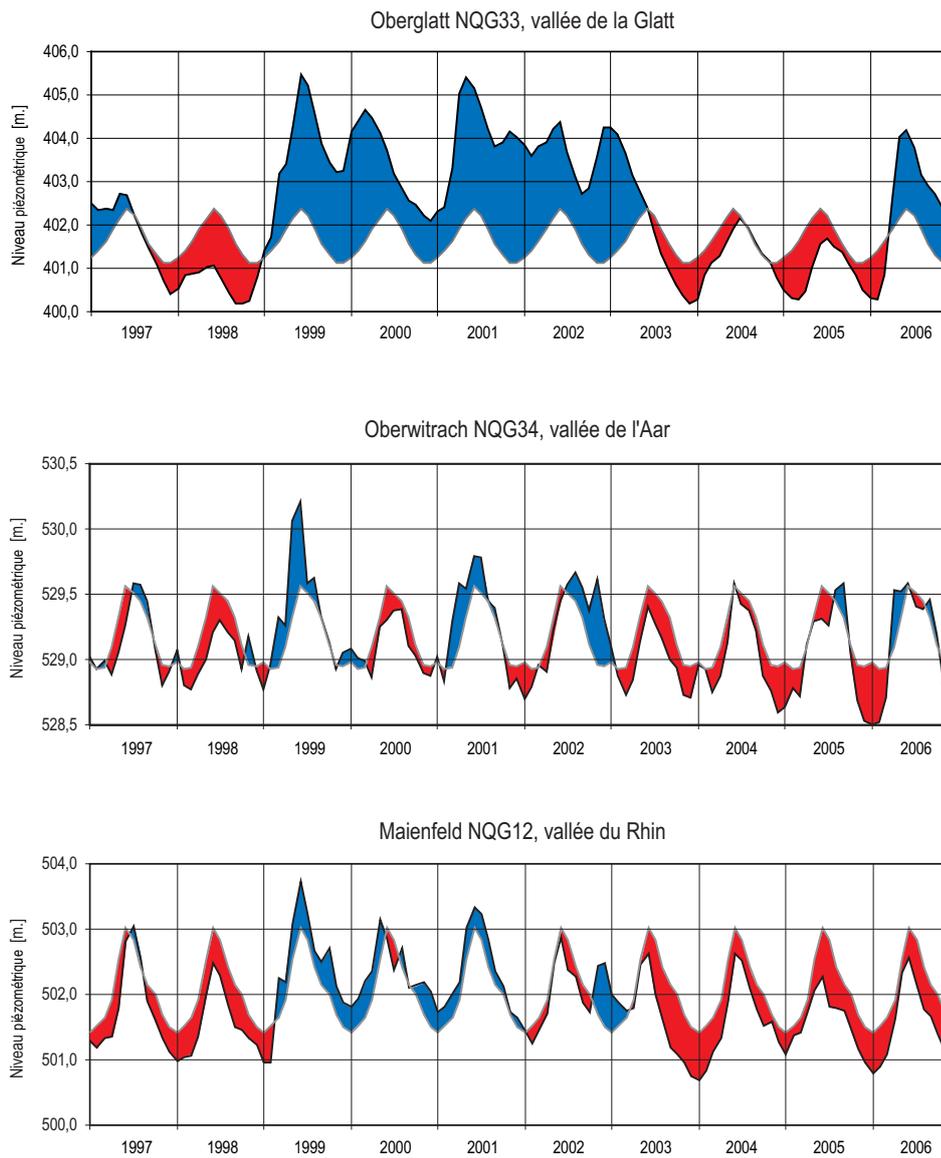
L'évolution à long terme du débit des sources karstiques a été analysée à titre d'exemple à la source de l'Areuse (station NQQ01), une importante source karstique du Jura neuchâtelois (Schürch et al. 2006), suivie en permanence depuis 1959. Des débits remarquablement élevés ont été observés en 1968, 1970, 1977, 1987, 1995, 1999, 2001 et 2006 et des débits exceptionnellement bas en 1964, 1976, 1989 et 2003. A chaque fois, la période d'étiage s'est prolongée jusqu'à l'arrivée de longues périodes de précipitations intenses au cours de l'année suivante.

Sources karstiques, périodes
à débit élevé et à faible débit

En résumé, la période 2003 à 2005 présente, du point de vue quantitatif des eaux souterraines, un étiage exceptionnellement long, que les crues de 2005 ont toutefois interrompu dans nombre de régions et auquel les fortes précipitations de 2006 ont mis fin dans le Jura et sur le Plateau.

Fig. 7 > Niveau piézométrique dans trois stations sises dans des aquifères de roches meubles en interaction avec un cours d'eau – de janvier 1997 à décembre 2006

Moyenne mensuelle (ligne noire) et moyenne mensuelle calculée sur plusieurs années (ligne grise). Les mois où les niveaux des eaux souterraines ont dépassé la moyenne sont coloriés en bleu; ceux où les niveaux ont été inférieurs à la moyenne en rouge. Emplacement des stations, voir fig. 5.



2.2 Azote et phosphore

2.2.1 Introduction

L'azote (N) et le phosphore (P) comptent parmi les nutriments essentiels pour la croissance des plantes.

Nutriments indispensables

Dans une nature intacte, la teneur en **azote** dans les eaux superficielles et souterraines est faible (OFEFP 1996, OFEFP 1993). Les concentrations supérieures à la moyenne sont en général à mettre sur le compte de l'emploi d'engrais de ferme et d'engrais minéraux, ou de la culture de certaines plantes (telles les légumineuses), qui fixent l'azote atmosphérique avec l'aide de bactéries. Le manque d'étanchéité des conduites d'eaux usées engendre parfois des apports locaux d'azote dans le sol, voire dans l'eau souterraine. Selon les sites, la déposition de composés azotés atmosphériques, issus de processus de combustion, émis par l'élevage de bétail ou diffusés lors de l'épandage de purin (oxydes d'azote ou ammoniac, p. ex.), peut aussi contribuer à accroître la charge d'azote dans l'environnement.

Apport d'azote par les engrais de ferme et les engrais minéraux

Les **nitrate**s (NO_3^-) sont cette forme d'azote qui est à la fois très soluble dans l'eau, très disponible pour les plantes et très mobile. Les nitrates se forment par dégradation de matière organique, tels les résidus de récolte ou le purin, ou par oxydation de composés azotés réduits dans le sol. Leur formation est favorisée par le travail mécanique du sol. Les nitrates en excès, non assimilés par les plantes, sont lessivés à travers le sol et atteignent les eaux souterraines avec l'eau de percolation. Voilà pourquoi l'azote est principalement présent sous forme de nitrates dans les eaux souterraines. Les **nitrite**s (NO_2^-) et l'**ammoniac** (NH_4^+) sont nettement plus rares, car ils sont aisément oxydés en nitrates en présence d'oxygène ou adsorbés par les particules du sol. Si l'on trouve ces deux composés azotés dans les eaux souterraines, c'est principalement lorsque celles-ci sont polluées par des excréments humains ou animaux et qu'une forte teneur en matière organique en a presque entièrement éliminé l'oxygène.

Nitrates: très mobiles dans les eaux souterraines

Le **phosphore** parvient principalement dans le sol avec les engrais minéraux et les engrais de ferme. Il peut aussi parvenir localement dans le sous-sol en raison de fuites dans les canalisations ou suite à l'infiltration d'eaux superficielles chargées. Dans les eaux souterraines, le phosphore est surtout présent sous forme de phosphates ou de complexes phosphatés. Contrairement aux nitrates, les phosphates sont nettement moins mobiles dans le sol et l'eau souterraine, car les minéraux phosphatés sont peu solubles et que les phosphates sont très bien adsorbés par les particules du sol.

Accumulation de phosphates dans le sol

Dans le cas des eaux du sous-sol exploitées comme eau potable, ou destinées à l'être, l'OEaux fixe l'exigence chiffrée à 25 mg/l de nitrates. Pour l'ammonium, la limite est de 0,1 mg/l dans des conditions oxydantes et de 0,5 mg/l dans des conditions anoxiques. En l'absence d'exigence chiffrée, les nitrites et les phosphates doivent respecter les valeurs indicatives définies dans les *Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines*, à savoir 0,05 mg/l de nitrites et 0,15 mg/l de phosphates (= 0,05 mg/l P) de plus qu'à l'état naturel.

Contraintes légales

2.2.2 Nitrates – analyses réalisées

La concentration de nitrates a toujours été analysée dans toutes les stations échantillonnées. En 2005, des échantillons ont été prélevés dans les 526 stations accessibles. En 2004 et en 2006, cela a été le cas dans respectivement 456 et 469 stations. Ces deux années-là, les stations peu accessibles et situées dans un bassin d'alimentation pratiquement sans influence anthropique n'ont pas fait l'objet de prélèvements.

Stations échantillonnées

La fréquence annuelle des prélèvements a été adaptée à la concentration de nitrates dans chaque station et à l'utilisation du sol dans le bassin d'alimentation correspondant. Les stations présentant de fortes concentrations de nitrates ou un bassin d'alimentation voué à une agriculture intensive ont en général été échantillonnées plus souvent que celles moins chargées en nitrates. Les moyennes annuelles et les maximums annuels ont été calculés ou estimés pour les stations faisant l'objet de deux prélèvements au moins par an.

Fréquence d'échantillonnage

Pour ce qui est des nitrates, on évalue en principe l'état des eaux souterraines à partir des valeurs maximales. L'analyse de l'évolution à long terme des concentrations de nitrates au cours des cinq ou des dix dernières années a également pris en compte la moyenne annuelle. Cette analyse n'a cependant retenu que les stations échantillonnées chaque année durant la période considérée. Au total, on a pu utiliser 407 stations pour l'analyse de la tendance sur les cinq dernières années et 128 stations pour la tendance sur les dix dernières années.

Moyennes – maximums

2.2.3 Nitrates – résultats

Relevé de la situation

Le nombre de stations où l'exigence chiffrée de l'OEaux a été dépassée au moins une fois dans l'année augmente régulièrement depuis 2003. En 2004, la concentration maximale de nitrates a atteint plus de 25 mg/l dans 89 stations, en 2005 dans 100 et en 2006 dans 117 (cf. tab. 3). En 2005, année où toutes les stations accessibles ont été échantillonnées, cela représente 19% de l'ensemble des stations. Cette année-là, la valeur de tolérance que l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants (OSEC) fixe pour l'eau potable (40 mg/l) a de plus été dépassée dans 4 % des stations.

Chiffres-clés 2004–2005–2006

Tab. 3 > Nitrates: concentrations de 2004 à 2006

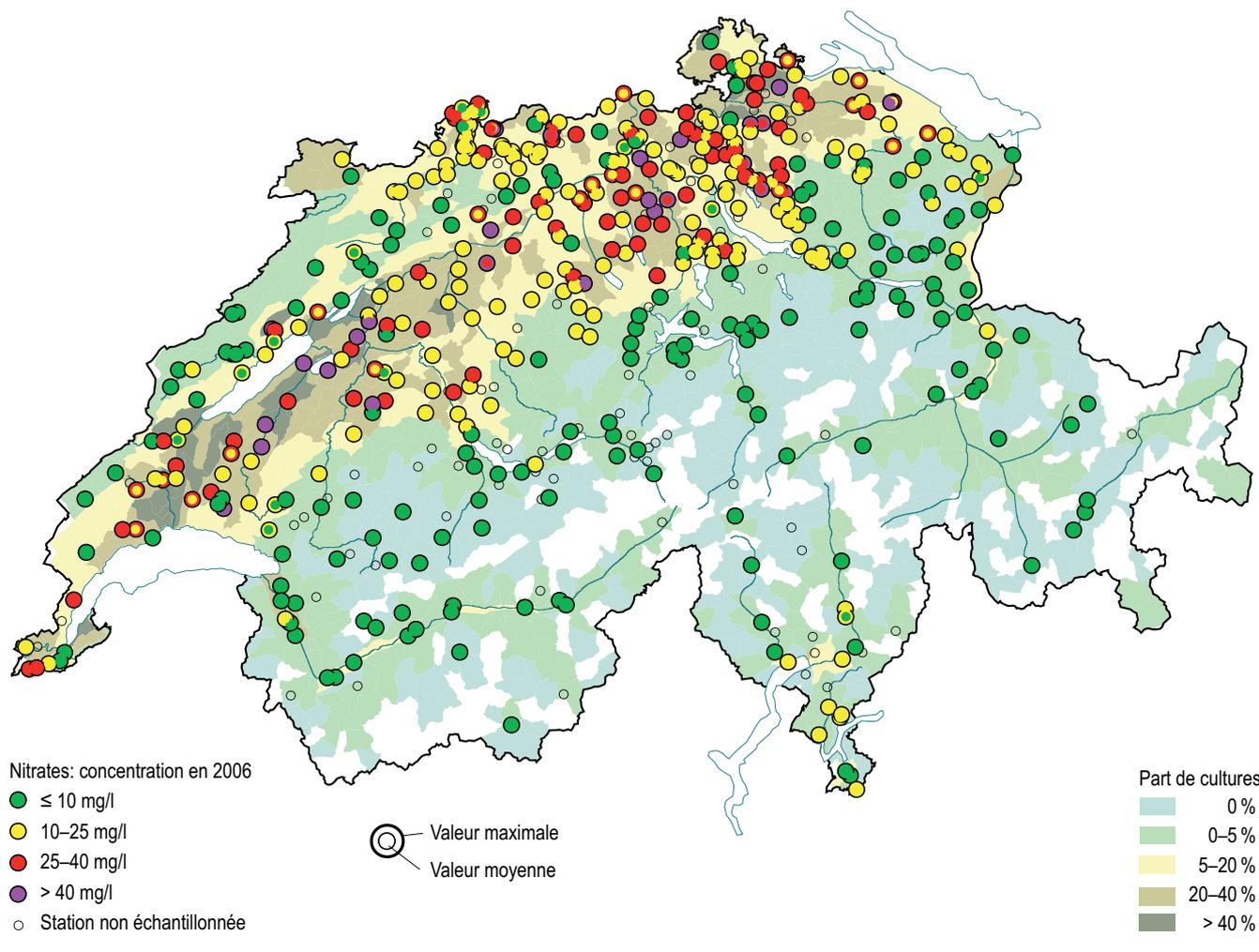
Année	Nombre de stations					
	Echantillonnées		Concentration de nitrates			
		Concentration maximale	≤ 10 mg/l	10–25 mg/l	25–40 mg/l	> 40 mg/l
2004	456		174	193	66	23
2005	526		232	194	79	21
2006	469		169	183	91	26
		Concentration minimale	≤ 10 mg/l	10–25 mg/l	25–40 mg/l	> 40 mg/l
2004	456		183	195	66	12
2005	526		241	206	67	12
2006	469		182	191	79	17

La plupart des stations où l'exigence chiffrée de l'OEaux a été dépassée se situent sur le Plateau, mais certaines aussi dans le Jura (cf. fig. 8). Les concentrations de nitrates sont en général restées inférieures à 10 mg/l dans les Alpes et dans l'ensemble inférieures à 25 mg/l dans les Préalpes et au sud des Alpes.

Différences régionales

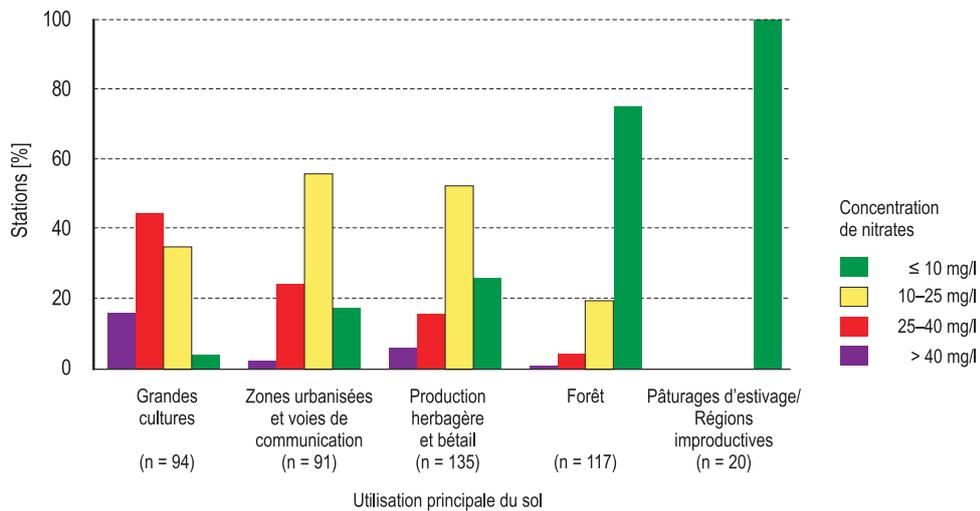
Fig. 8 > Nitrates: concentrations en 2006 et part de cultures

Valeurs moyenne et maximale par station.



Le type et l'intensité de l'utilisation du sol se reflètent clairement dans la concentration de nitrates dans les eaux souterraines. Dans les stations dont le bassin d'alimentation n'est pas exploité du tout, ou n'accueille que des pâturages d'estivage, les concentrations de nitrates sont toujours inférieures à 5 mg/l. Elles demeurent aussi le plus souvent faibles dans les stations au bassin d'alimentation très boisé (cf. fig. 9). Par contre, dans les bassins d'alimentation où prédominent les catégories «zones urbanisées et voies de communication» ou «production herbagère et bétail», ces concentrations dépassent 25 mg/l dans respectivement 20 et 25 % des stations (cf. tab. 4). Les concentrations les plus élevées ont été mesurées dans les stations où le sol est principalement voué aux «grandes cultures»: en 2006, l'exigence chiffrée de l'OEaux (25 mg/l) et la valeur de tolérance de l'OSEC (40 mg/l), ont été dépassées dans respectivement 61 et 16 % de ces stations.

Utilisation du sol

Fig. 9 > Nitrates: concentrations en 2006 en fonction de l'utilisation principale du sol*Valeur maximale par station. n = nombre de stations.***Tab. 4 > Nitrates: concentrations de 2004 à 2006 et utilisation principale du sol***Valeur maximale par année et par station.*

Utilisation principale du sol	Année	Nombre de stations		
		Echantillonnées	Concentration de nitrates	
			> 25 mg/l	> 40 mg/l
Grandes cultures	2004	95	43	14
	2005	93	42	12
	2006	94	57	15
Production herbagère et bétail	2004	135	23	5
	2005	140	28	5
	2006	135	29	8
Viticulture, arboriculture	2004	6	-	-
	2005	6	-	-
	2006	6	-	-
Pâturages d'estivage	2004	8	-	-
	2005	20	-	-
	2006	11	-	-
Forêt	2004	105	3	-
	2005	154	5	-
	2006	117	6	1
Régions improductives	2004	9	-	-
	2005	15	-	-
	2006	9	-	-
Zones urbanisées et voies de communication	2004	92	19	3
	2005	92	24	4
	2006	91	24	2
Non définie	2004	6	1	1
	2005	6	1	1
	2006	6	1	1

Evolution dans le temps

Les valeurs annuelles maximale et minimale mesurées dans une station permettent d'estimer la variabilité de la concentration de nitrates dans cette station au cours d'une année. L'écart entre valeur maximale et valeur moyenne s'est révélé inférieur à 1 mg/l pour près de 50 % des stations échantillonnées au moins deux fois dans l'année ($n \geq 395$), la concentration de nitrates y étant restée relativement constante. Dans 7 % environ des stations échantillonnées plusieurs fois, la concentration de nitrates a dénoté une forte variation, la différence entre valeur maximale et valeur moyenne dépassant 5 mg/l.

Variabilité à court terme

Seules des séries chronologiques longues et continues permettent de percevoir des évolutions à long terme. Dans les stations pour lesquelles on dispose de telles données, la concentration de nitrates a diminué de 10 à 20 % en moyenne depuis le milieu des années 1990 jusqu'en 2002 environ (OFEFP et OFEG 2004). Cette tendance s'est surtout manifestée là où le bassin d'alimentation est principalement voué aux grandes cultures ou à la production herbagère et au bétail (cf. fig. 10).

Tendances à long terme

Cette tendance ne s'est pas maintenue au cours des années suivantes. Entre 2003 et 2006, la concentration moyenne de nitrates a augmenté dans 52 % des stations (augmentation > 1 mg/l), alors qu'elle n'a diminué, au cours de la même période, que dans 12 % des stations (diminution > 1 mg/l). Si l'on a observé une hausse de plus de 5 mg/l de la concentration de nitrates dans 18 % des stations, une baisse de la même ampleur n'est intervenue que dans 3 % des stations.

Tendance à la hausse

L'augmentation des concentrations de nitrates est surtout perceptible dans les stations où le sol est principalement occupé par de grandes cultures, ainsi que par la production herbagère et le bétail (cf. fig. 11). Dans ces stations, la concentration de nitrates a augmenté de 2 à 3 mg/l en moyenne par an entre 2003 et 2006.

Utilisation du sol

Fig. 10 > Nitrates: évolution de la concentration de nitrates ces dix dernières années en fonction de l'utilisation principale du sol (grandes cultures, production herbagère et bétail, zones urbanisées et voies de communication, forêt)

Médiane des moyennes annuelles des diverses stations. Le calcul se fonde sur des données provenant des stations NAQUA des cantons AG, BE, BS, GE, JU, NE, NW, SO, SZ, VD et ZH. L'interprétation des données des cinq dernières années sur l'ensemble du réseau confirme cette évolution.

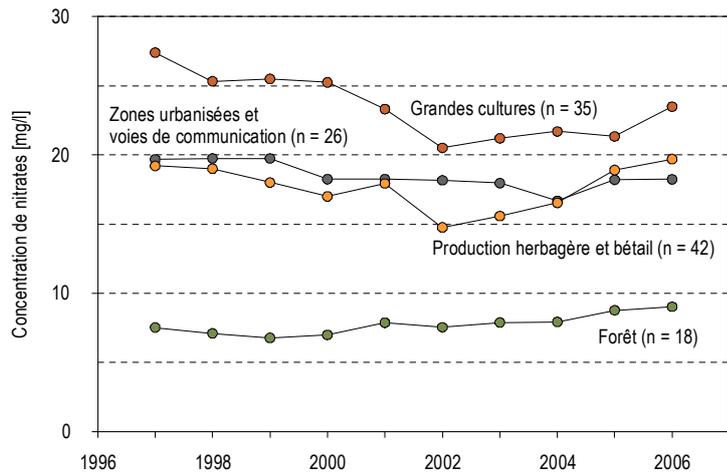
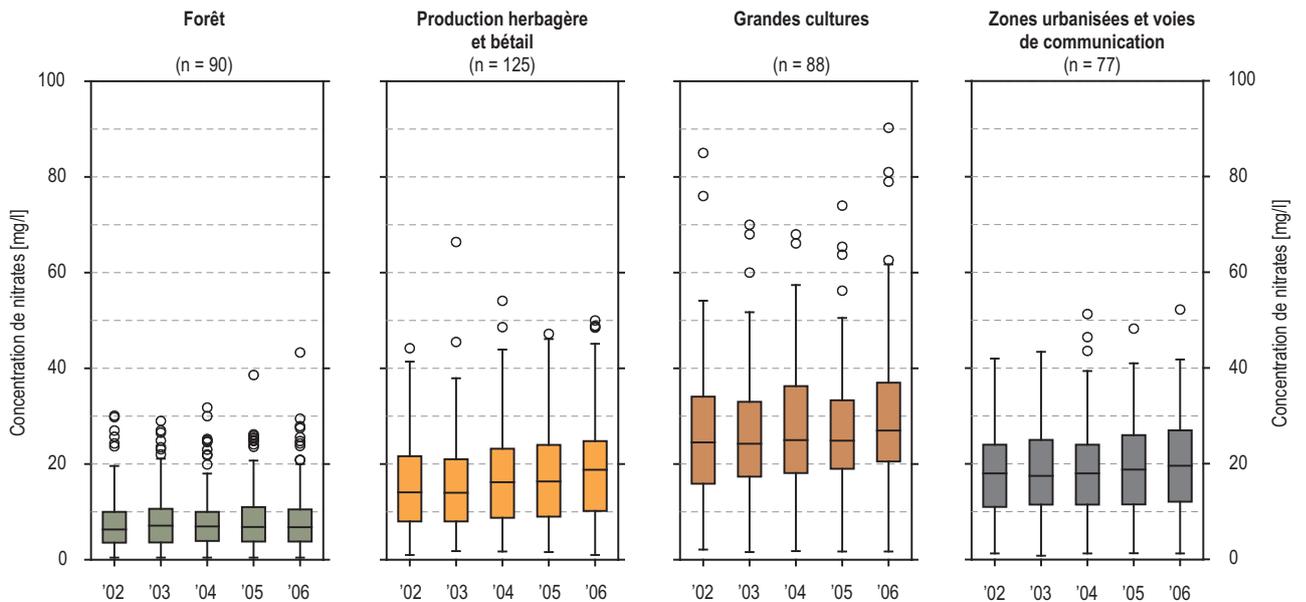


Fig. 11 > Nitrates: évolution de la concentration 2002 à 2006 selon l'utilisation principale du sol

Valeur maximale par année et par station. Informations sur les boxplots dans l'annexe A1.

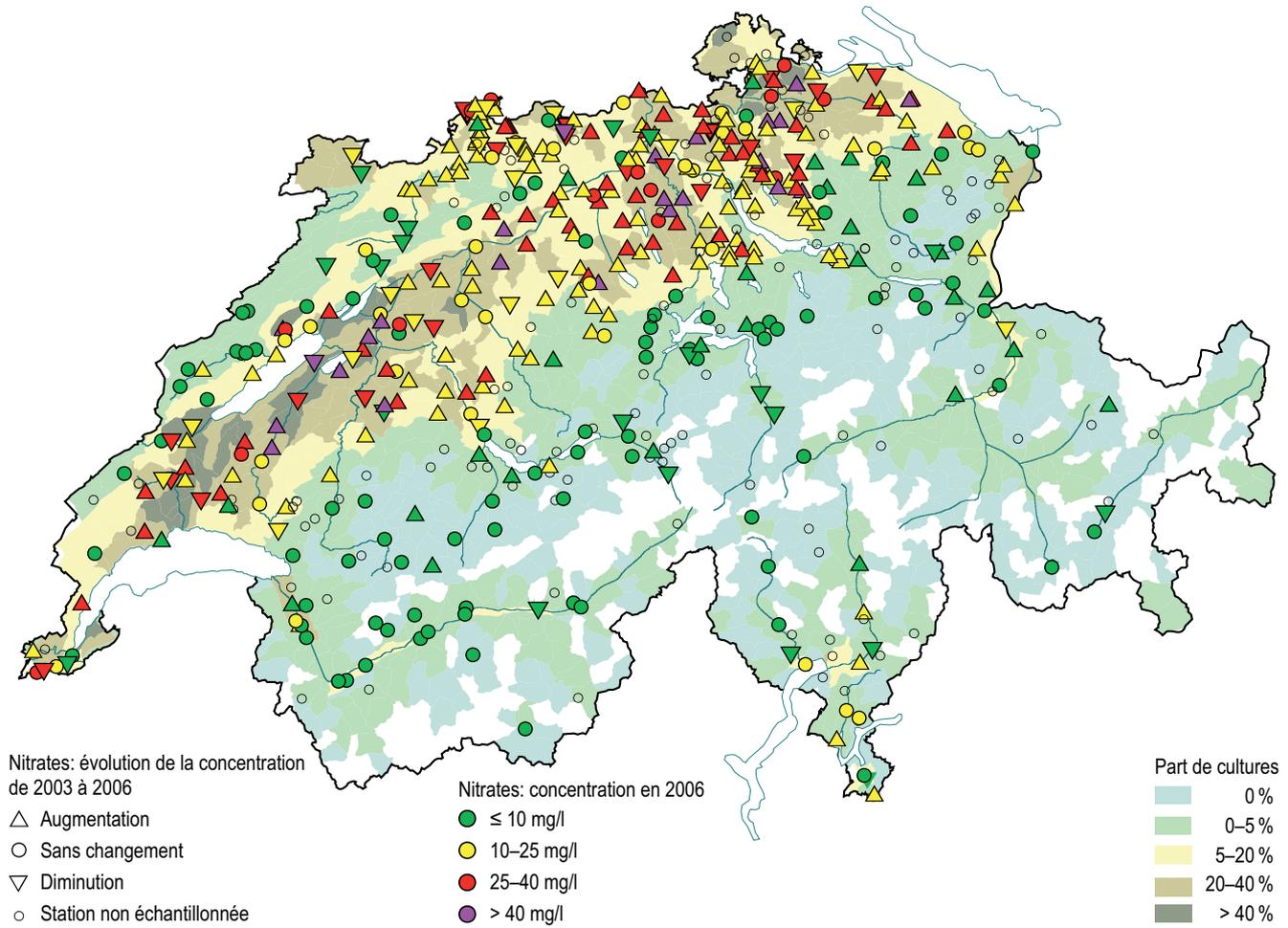


Les stations où la concentration de nitrates a augmenté se situent principalement sur le Plateau, mais certaines se trouvent dans le Jura et sur le versant sud des Alpes (cf. fig. 12). Dans les régions alpines, les concentrations de nitrates sont toutefois restées plus ou moins inchangées, c'est-à-dire le plus souvent basses et proches de l'état naturel.

Différences régionales

Fig. 12 > Nitrates: évolution de la concentration de 2003 à 2006 et part de cultures

Valeur maximale par année et par station.



2.2.4 Nitrates – interprétation

Les concentrations de nitrates supérieures à 5 mg/l dans les eaux souterraines sont souvent à mettre sur le compte d'influences anthropiques, et l'exploitation agricole intensive est la première responsable des valeurs élevées qui ont été mesurées. Presque toutes les stations où l'exigence chiffrée de l'OEaux de 25 mg/l a été dépassée possèdent un bassin d'alimentation entièrement ou partiellement au moins utilisé par l'agriculture. Seules trois stations avec des concentrations de nitrates supérieures à 25 mg/l se situent entièrement en zone urbanisée. Dans leurs cas, l'emploi d'engrais azotés dans les espaces verts et dans les jardins, voire une canalisation non étanche, pourraient être l'origine des concentrations élevées.

Agriculture

Malgré les diverses mesures prises pour réduire les apports d'azote dans les eaux souterraines, on n'est pas encore parvenu à atteindre l'objectif de la Stratégie nitrates de la Confédération, à savoir abaisser la concentration de nitrates au-dessous de 25 mg/l dans tous les captages (sources et puits) exploités pour leur eau potable (OFAG et OFEFP 1998a). Dans nombre de stations avec un bassin d'alimentation voué à l'agriculture, ces concentrations ont même à nouveau augmenté depuis 2003, pour dépasser en 2006 les 25 mg/l dans 61 % des stations où les grandes cultures constituent l'utilisation principale du sol.

Objectif non encore atteint

La hausse des nitrates observée ces cinq dernières années peut avoir différentes causes: d'une part, l'agriculture a peut-être utilisé davantage de produits azotés; d'autre part, les conditions climatiques exceptionnelles ont sans doute modifié temporairement le régime des eaux, c'est-à-dire la réalimentation des nappes souterraines et donc aussi les conditions de transport des nitrates du sol vers les eaux souterraines.

Causes

Le bilan des flux d'azote dans l'agriculture suisse fournit une première indication sur l'importance du surplus d'azote épandu sur les surfaces agricoles; surplus qui est stocké dans les sols et peut être lessivé vers les eaux souterraines. Le bilan en question ne permet cependant pas de tenir compte d'autres changements dans la production agricole (telle la part respective de terres ouvertes, des friches et des cultures risquées du point de vue des nitrates, comme les légumes, le tabac ou les pommes de terre), ni des processus se déroulant dans le sol (minéralisation de la matière organique, p. ex.). Après avoir nettement diminué au début des années 1990, le surplus d'azote dans l'agriculture stagne depuis la fin de cette même décennie et a même à nouveau légèrement augmenté. Cette évolution résulte surtout de la hausse des importations de fourrage et de l'utilisation d'engrais minéraux (OFAG 2008a, Herzog et al. 2005, Peter et al. 2006). L'augmentation des friches hivernales favorise en outre le lessivage de l'azote.

Bilan d'azote

Le déficit général des précipitations pendant les années 2003 à 2005 a aussi pu contribuer à la nouvelle hausse des concentrations de nitrates. La grande sécheresse qui a marqué l'été 2003 a en effet sensiblement réduit la recharge des eaux souterraines par les précipitations et par l'infiltration de l'eau des rivières drainant des bassins versants non englacés (OFEFP, OFAG, MétéoSuisse 2004). En 2003 et les années suivantes, le niveau des eaux souterraines est dès lors resté nettement inférieur à la moyenne pluri-annuelle dans de nombreuses stations (cf. chapitre 2.1). Etant proportionnel aux quan-

Sécheresse

tités d'eau percolée, le lessivage des nitrates du sol a aussi temporairement diminué et, avec lui, l'apport de nitrates dans les eaux souterraines. Alors que les concentrations de nitrates atteignaient en 2003, sans doute pour cette raison-là justement, les valeurs les plus basses de ces dernières années dans de nombreuses stations, l'azote excédentaire non assimilé par les plantes s'est momentanément accumulé dans le sol. Une analyse de sols agricoles du Bade-Wurtemberg, qui a connu en 2003 les mêmes conditions climatiques que la Suisse, a montré que la teneur des horizons superficiels du sol en azote avait plus que doublé par rapport à l'année précédente (LUFA 2007, LUBW 2007). Par la suite, l'azote accumulé dans le sol a en grande partie été transformé en nitrates (par minéralisation) et lessivé vers les eaux souterraines. Ce processus a engendré des réactions particulièrement fortes et rapides dans les aquifères proches de la surface, avec des sols sableux et peu profonds, comme a pu le constater l'Office de l'environnement du canton de Saint-Gall dans un captage d'eau souterraine de la vallée de la Thur (OFEFP, OFAG, MétéoSuisse 2004).

La recharge des eaux souterraines à partir des précipitations et des cours d'eau exerce donc une grande influence sur l'évolution à court terme des concentrations de nitrates dans les eaux souterraines. Le fait que les stations sises dans un bassin d'alimentation voué à l'agriculture sont les plus touchées par la hausse de ces concentrations témoigne cependant d'un autre phénomène: les quantités d'azote épandues sur les champs, et par conséquent celles qui demeurent dans le sol après la récolte et qui finissent par être lessivées vers les eaux souterraines, jouent quant à elles un rôle décisif sur le long terme.

2.2.5 Nitrites, ammonium et phosphates

Les nitrites et l'ammonium ont été analysés dans presque toutes les stations jusqu'en 2004. Depuis 2005, ces deux substances ne sont plus analysées que dans 50 stations du module TREND. Sur l'ensemble de la période d'observation, les phosphates n'ont cependant été analysés que dans les stations du module TREND.

Des **nitrites** ont été détectés, aussi bien en 2004 (n = 455) qu'en 2005 (n = 50), à chaque fois dans 10 % environ des stations (cf. tab. 5). Sauf dans le cas de deux stations, les concentrations sont toujours restées inférieures à la valeur indicative des *Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines* (0,05 mg/l). Les nitrites ne constituent donc toujours pas un problème pour la qualité des eaux souterraines en Suisse.

Tab. 5 > Nitrites, ammonium et phosphates: concentrations de 2004 à 2006

Valeur maximale par année et station.

Substance	Année	Nombre de stations		
		Echantillonnées	Concentration	
			> LQ	> Limite*
Nitrites	2004	455	52	2
	2005	50	5	-
	2006	50	1	-
Ammonium	2004	430	158	2
	2005	50	-	-
	2006	50	-	-
Phosphates	2004	47	34	-
	2005	50	43	-
	2006	50	33	-

* Nitrites: état naturel + 0,05 mg/l (Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines); ammonium: 0,1 mg/l (OEaux); phosphates: état naturel + 0,15 mg/l (Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines)
LQ = limite de quantification

En 2004, l'**ammonium** a été détecté dans à peine 40 % de toutes les stations échantillonnées (n = 430). Sauf dans le cas de deux stations, les concentrations sont demeurées inférieures à l'exigence chiffrée de l'OEaux (0,1 mg/l). En 2005 et en 2006, on n'a enregistré aucune détection d'ammonium (n = 50). L'ammonium ne constitue donc toujours pas un problème pour la qualité des eaux souterraines en Suisse. Il n'est de ce fait pas nécessaire d'accroître le nombre de stations à échantillonner.

Des **phosphates** ont été détectés dans plus de deux tiers des stations échantillonnées à des concentrations situées entre 0,01 et 0,13 mg/l. Dans toutes les stations, les concentrations de phosphates n'ont donc jamais dépassé l'état naturel de plus de 0,15 mg/l (0,05 mg/l P), c'est dire que la valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines a toujours été respectée. Les phosphates ne constituent donc pas un problème pour les eaux souterraines en Suisse.

Stations échantillonnées

Nitrites: aucun problème pour la qualité des eaux souterraines

Ammonium: aucun problème pour la qualité des eaux souterraines

Phosphates: pas de dépassement de la valeur indicative

2.3 Produits phytosanitaires

2.3.1 Introduction

Plus de 320¹ substances actives organiques de synthèse sont autorisées en Suisse dans le domaine phytosanitaire. Tous herbicides, insecticides, acaricides, fongicides, désinfectants des semences, régulateurs de croissance, etc. confondus, on trouve ainsi plus de 1000 produits différents sur le marché (OPPh; OFAG 2008b).

Plus de 320 substances actives organiques de synthèse

Les produits phytosanitaires sont surtout utilisés en agriculture. Mais on y recourt également dans les pépinières, les installations sportives, les jardins privés et les zones industrielles, ainsi que, dans une moindre mesure, sur les toits plats, dans les peintures de façade et, souvent de manière illégale, le long des voies de communication². En outre, la production industrielle peut aussi émettre de tels produits dans l'environnement.

Domaines d'utilisation

Selon les données de la Société suisse des industries chimiques (SGCI), quelque 1110 tonnes de produits phytosanitaires organiques de synthèse ont été vendues chaque année en Suisse entre 2004 et 2006³ (Gamma 2007). La majeure partie étant constituée par les fongicides et les désinfectants des semences (56 % environ), suivis par les herbicides (presque 40 %) et les insecticides (près de 4 %). Avec un marché de 190 t environ, le produit phytosanitaire le plus vendu en Suisse est l'herbicide total glyphosate.

Quantités utilisées

Après avoir sensiblement reculé entre 1989 et 1996, le volume des ventes de produits phytosanitaires organiques de synthèse est resté presque constant ces dix dernières années (Gamma 2007). A poids égal, les nouvelles substances tendent à devenir plus efficaces, de sorte qu'il est désormais possible d'épandre moins de produit sur une même surface à traiter. On peut dès lors supposer que ces substances nouvelles et plus puissantes ont des effets néfastes sur l'environnement, même à plus faibles concentrations.

Les quantités effectivement utilisées en Suisse pourraient se révéler nettement plus élevées, car les chiffres de la SGCI se fondent sur les déclarations des divers producteurs et importateurs et ne prennent notamment pas en compte les importations parallèles⁴. Ayant entrepris de recenser les quantités de produits phytosanitaires vendus en 2000, en 2001 et en 2002, l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) est parvenu à un total qui dépasse d'un tiers environ les données publiées par la SGCI⁵.

¹ La liste de l'ordonnance sur les produits phytosanitaires comprend en réalité 368 produits chimiques autorisés comme produits phytosanitaires. Nombreux sont toutefois ceux qui, comme les phéromones (appâts), ont peu de chances, de par leur mode d'application, de se retrouver dans les eaux souterraines.

² N'est autorisé que le traitement plante par plante contre les végétaux problématiques le long des routes nationales et cantonales, pour autant qu'ils ne puissent être combattus par d'autres méthodes, et l'application le long des voies de chemin de fer.

³ Sans les huiles minérales (22 à 41 t), les insecticides végétaux et biologiques (31 à 39 t) et les fongicides anorganiques (192 à 202 t).

⁴ Ce mode de calcul faussant significativement les statistiques de vente, la SGCI envisage de renoncer à leur publication.

⁵ Depuis 2000, les firmes doivent faire des déclarations détaillées des produits phytosanitaires vendus (art. 53 OPPh).

La probabilité de lessivage des produits phytosanitaires vers les eaux souterraines ne dépend pas seulement des caractéristiques physicochimiques de leurs substances actives (décomposition, adsorption, solubilité dans l'eau, etc.), mais aussi de facteurs climatiques, hydrogéologiques et pédologiques, ainsi que des conditions d'application. Outre les substances actives de ces produits, leurs métabolites, des impuretés issues de leur production (sous-produits) et des adjuvants⁶ peuvent également parvenir dans les nappes souterraines.

Facteurs de mobilité

L'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) fixe l'objectif écologique suivant pour l'eau souterraine: elle ne doit pas contenir de substances de synthèse persistantes⁷, donc aucun produit phytosanitaire. Actuellement, près de la moitié de l'eau souterraine extraite en Suisse peut alimenter directement le réseau d'eau potable sans traitement préalable. Pour préserver cette situation, l'OEaux comprend une exigence chiffrée qui s'applique aux eaux du sous-sol exploitées comme eau potable ou destinées à l'être: la limite est de 0,1 µg/l pour chaque produit phytosanitaire pris isolément.

Contraintes légales

2.3.2 Produits phytosanitaires – analyses réalisées

Les analyses du programme standard d'observation des produits phytosanitaires ont en principe été réalisées dans toutes les stations NAQUA échantillonnées, de sorte que les résultats fournissent une image représentative de l'ensemble de la Suisse (cf. tab. 6). En 2004 et en 2006, des échantillons ont été prélevés dans respectivement 449 et 463 stations. En 2005, ce fut le cas dans 526 stations, car cette année-là toutes les stations accessibles ont fait l'objet d'analyses, même celles rarement échantillonnées, car situées dans des régions au sol peu ou pas exploité et où l'on ne s'attendait donc pas à déceler des produits phytosanitaires. Normalement, quatre échantillons au maximum ont été prélevés par an et par station.

Programme standard d'observation des produits phytosanitaires: stations échantillonnées, fréquence des prélèvements

Un programme complémentaire a été réalisé en 2005 et en 2006 dans 115 stations au moins, l'accent étant mis sur les régions où le sol est principalement occupé par de grandes cultures ou par des zones urbanisées et des voies de communication. En 2004 et en 2005, une étude pilote a été menée sur un ensemble de 50 stations, sélectionnées pour la grande probabilité d'y trouver des produits phytosanitaires.

Programme complémentaire
Etude pilote

Au total, on dispose pour la période de 2004 à 2006 de résultats concernant 292 substances actives, produits de dégradation et sous-produits différents. Sur ce total, 164 substances actives étaient autorisées en Suisse (en 2006).

L'annexe A2 fournit les valeurs détaillées de toutes les substances analysées. L'annexe A3 indique le type de produit, le genre d'autorisation et le domaine d'application des produits phytosanitaires autorisés en Suisse. D'autres représentations graphiques des données pour les années 2004 et 2005 sont disponibles sur Internet (www.environnement-suisse.ch/eauxsouterraines).

⁶ Produits qui renforcent l'action des produits phytosanitaires, par exemple des solvants organiques tels que le triméthylbenzène, l'éthylbenzène ou le xylène contenus dans certains insecticides.

⁷ Annexe 1, ch. 2, al. 3, let. b, OEaux.

Tab. 6 > Produits phytosanitaires: programmes d'analyses – 2004, 2005 et 2006

Substance	2004		2005			2006	
	Programme standard	Etude pilote	Programme standard	Programme complémentaire	Etude pilote	Programme standard	Programme complémentaire
2,4-D		X		X			X
2,6-dichlorobenzamide ⁸							X
Alachlore				X			X
Aldicarbe				X			X
AMPA				X			X
Atrazine	X		X			X	
Bentazone				X			X
Bromacil				X			X
Chlortoluron				X			X
Cyanazine			X			X	
Déséthylatrazine	X		X			X	
Désisopropylatrazine	X		X			X	
Diazinone		X			X		
Dicamba					X		
Dichlobenil							X
Dichlorprop-P				X			X
Diméthénamide		X			X		
Diméthénamide ESA		X			X		X
Diméthénamide OXA		X			X		X
Dinosébe				X			X
Diuron	X (NS)		X			X	
Glyphosate				X			X
Hexazinone				X			X
Isoproturon	X (NS)		X			X	
MCPA		X		X			X
MCPP (mécoprop)		X		X			X
Mésotrione		X			X		X
Métamitron			X			X	
Métazachlore				X			X
Métolachlore ⁹	X	X	X			X	
Métolachlore ESA	X	X	X	X	X		X
Métolachlore OXA	X	X	X	X	X		X
Métribuzine	X (NT)		X (NT)				
Propazine			X			X	
Simazine	X		X			X	
Sulcotrione	X	X	X	X	X		X
Tébutame	X	X		X			X
Terbutylazine	X		X			X	
Terbutryne	X (NT)		X			X	

NT = seulement dans le module NAQUA TREND; (NS) = seulement dans le module NAQUA SPE; sans indication = dans les deux modules

⁸ Le 2,6-dichlorobenzamide est inclus dans le programme standard NT depuis 2006.

⁹ Seul l'isomère métolachlore-S est autorisé en Suisse.

2.3.3 Produits phytosanitaires – résultats

Relevé de la situation

Entre 2004 et 2006, l'exigence chiffrée de l'OEaux pour les produits phytosanitaires¹⁰ a été dépassée au moins une fois par an dans 10 % environ des stations analysées (cf. tab. 7). Les produits phytosanitaires ont par ailleurs été détectés à l'état de traces ($\leq 0,1 \mu\text{g/l}$) dans près de la moitié des stations analysées.

Chiffres-clés 2004–2005–2006

Tab. 7 > Produits phytosanitaires: concentrations de 2004 à 2006

Valeur maximale.

Année	échantillonnées	sans détection	$\leq 0,1 \mu\text{g/l}$	$> 0,1 \mu\text{g/l}$
Nombre de stations				
2004	449	203	205	41
2005	526	261	208	57
2006	463	208	203	52
Proportion				
2004		45 %	46 %	9 %
2005		50 %	40 %	11 %
2006		45 %	44 %	11 %

Sur l'ensemble de la Suisse, 21 substances ont dépassé au moins une fois l'exigence chiffrée de l'OEaux ($0,1 \mu\text{g/l}$). Il s'agit d'herbicides ou de leurs métabolites, ainsi que de l'oxadixyl, un fongicide autrefois autorisé dans les cultures maraîchères (cf. fig. 13). Parmi les substances aux concentrations les plus fortes, on trouve les suivantes: **déséthylatrazine**, **métolachlore ESA**, **métolachlore OXA**, **2,6-dichlorobenzamide** et **AMPA** (cf. annexe A2). Le **glyphosate** et l'**isoproturon** présentent également des valeurs élevées, mais seulement certaines années.

Principaux dépassements: divers herbicides et leurs métabolites

Au total, 38¹¹ substances actives différentes autorisées en Suisse et 18 non autorisées ont été détectées pendant la période d'observation (cf. tab. 8 et annexe A2). De plus, 13 des 16 métabolites analysés ont été détectés.

Total de substances détectées: 69

Les herbicides du groupe des triazines et leurs métabolites, en particulier l'**atrazine** et la **déséthylatrazine**, viennent toujours en tête de liste des produits qui dépassent l'exigence chiffrée de l'OEaux, et ce sont aussi les produits phytosanitaires que l'on a rencontrés le plus souvent dans les eaux souterraines. L'**atrazine** ou son métabolite **déséthylatrazine** ont dépassé l'exigence chiffrée de l'OEaux dans 2 à 6 % des stations. De plus, l'une au moins de ces deux substances a été détectée dans près de 40 % des

Détection fréquente des triazines

¹⁰ L'«exigence chiffrée, applicable aux eaux du sous-sol utilisées comme eau potable ou destinées à l'être», est fixée à $0,1 \mu\text{g/l}$ maximum pour chaque substance; annexe 2, ch. 22, OEaux.

¹¹ Y compris les substances apparentées à une substance autorisée: fluzafop-butyl, MCPP (mécoprop), métalaxyl et métolachlore.

stations analysées. La **désisopropylatrazine**, le second métabolite de l'atrazine, a été identifiée dans un peu moins de 10 % des stations. Les autres triazines souvent détectées sont la **simazine** (18 % environ des stations analysées) et la **terbuthylazine** (6 % environ).

Le métolachlore ESA, métabolite de l'herbicide métolachlore, compte parmi les substances présentant de nombreux dépassements de l'exigence chiffrée de l'OEaux et le plus souvent détectée, tant en pourcentage qu'en termes absolus. Dans près d'un tiers des stations analysées, on a mesuré des concentrations de **métolachlore ESA** atteignant jusqu'à 0,5 µg/l. Le deuxième métabolite, le **métolachlore OXA**, a été détecté dans 7 à 10 % des stations. Les substances mères recherchées dans toutes les stations accessibles ont cependant été identifiées dans moins de 3 % des cas.

Le **2,6-dichlorobenzamide**, un métabolite de l'herbicide dichlobenil, a été détecté dans plus de 20 % des stations analysées, en concentrations atteignant jusqu'à 0,48 µg/l, alors que la substance mère ne l'a jamais été.

Métabolites souvent plus fréquents que les substances mères

Tab. 8 > Produits phytosanitaires: résultats d'analyse des programmes standard et complémentaire en 2006

Les résultats détaillés de toutes les substances analysées figurent dans l'annexe A2.

Substance	limites de quantification (LQ) [µg/l]	Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques*		
		n	≥ LQ	dont > limite	% ≥ LQ	dont % > limite	min. [µg/l]	médiane [µg/l]	max. [µg/l]
Programme standard									
Atrazine	0,001–0,02	463	163	10	35	2	0,005	0,024	0,482
Déséthylatrazine	0,001–0,04	463	216	17	47	4	0,001	0,034	0,429
Désisopropylatrazine	0,001–0,02	462	36	0	8	0	0,007	0,015	0,055
Cyanazine	0,001–0,02	462	2	0	0,4	0	0,019		0,022
Diuron	0,001–0,05	463	5	0	1	0	0,003	0,005	0,018
Isoproturon	0,001–0,05	463	8	0	2	0	0,004	0,021	0,066
Métamitron	0,001–0,05	440	1	0	0,2	0	0,004		0,004
Métolachlore	0,001–0,04	463	8	1	2	0,2	0,002	0,021	0,456
Propazine	0,001–0,02	462	4	0	1	0	0,001	0,010	0,023
Simazine	0,001–0,04	463	72	0	16	0	0,006	0,017	0,091
Terbutylazine	0,001–0,02	463	26	0	6	0	0,003	0,012	0,056
Terbutryne	0,001–0,04	462	5	0	1	0	0,009	0,011	0,036
Programme complémentaire									
2,4-D	0,005–0,02	206	0	0	0	0			
2,6-dichlorobenzamide ¹²	0,01–0,1	309	67	15	22	5	0,012	0,050	0,480
Alachlore	0,003–0,05	302	0	0	0	0			
Aldicarbe	0,001–0,04	219	0	0	0	0			
AMPA	0,05	115	7	5	6	4	0,059	0,133	0,456
Bentazone	0,001–0,1	212	13	1	6	0,5	0,007	0,020	0,500
Bromacil	0,001–0,1	232	1	0	0,4	0	0,070		0,070
Chlortoluron	0,001–0,025	315	9	1	3	0,3	0,002	0,015	0,190
Dichlobenil	0,01–0,1	223	0	0	0	0			
Dichlorprop-P	0,005–0,02	204	0	0	0	0			
Diméthénamide ESA	0,01	135	3	0	2	0	0,020		0,023
Diméthénamide OXA	0,01	135	0	0	0	0			
Dinosébe	0,005–0,1	219	2	0	0,9	0	0,012		0,014
Glyphosate	0,05	117	0	0	0	0			
Hexazinone	0,003–0,02	292	1	0	0,3	0	0,030		0,030
MCPA	0,005–0,02	212	1	0	0,5	0	0,016		0,016
MCPP (mécoprop)	0,005–0,02	212	2	0	0,9	0	0,040		0,064
Mésotrione	0,005	135	0	0	0	0			
Métazachlore	0,003–0,02	252	0	0	0	0			
Métazachlore ESA	0,01	135	62	12	46	9	0,011	0,025	0,514
Métazachlore OXA	0,01	135	13	2	10	1	0,020	0,025	0,592
Sulcotrione	0,005–0,1	213	0	0	0	0			
Tébutame	0,001–0,02	298	1	0	0,3	0	0,002		0,002

* Maximum de la station ≥ LQ; médiane si détections dans quatre stations au moins.
LQ = limite de quantification; n = nombre; limite = exigence chiffrée de l'OEaux (0,1 µg/l)

¹² En 2006, le 2,6-dichlorobenzamide figurait dans le programme standard NT.

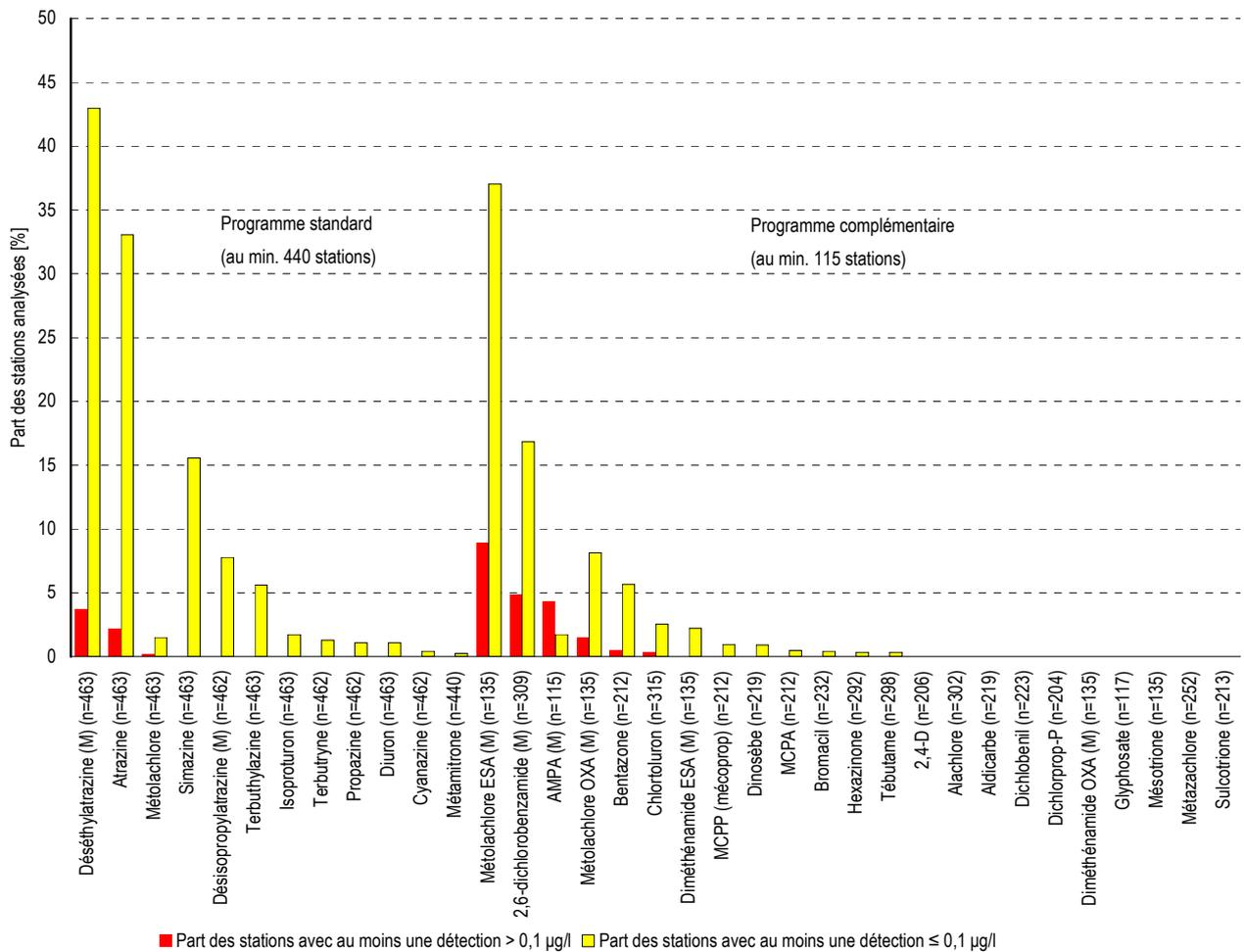
Le **glyphosate**, l'herbicide le plus utilisé en Suisse et dans le monde, a été détecté en 2005 dans 4 des 117 stations analysées en concentrations atteignant jusqu'à 0,21 µg/l, mais n'a pas été détecté en 2006. L'**AMPA**, le métabolite du glyphosate, a été détecté en 2005 et en 2006 dans 8 % environ des stations analysées, en concentrations atteignant jusqu'à 0,46 µg/l.

Glyphosate et AMPA

Voici les autres substances, qui ont été identifiées lors de l'une au moins des trois campagnes annuelles dans plus de 5 % des stations analysées: **cyanazine**, **bentazone**, **napropamide**, **bromopropylate**, **déséthylterbutylazine** et **oxadixyl**. Les quatre dernières d'entre elles n'ont cependant été recherchées que par certains cantons et dans 40 à 60 stations par campagne.

Fig. 13 > Produits phytosanitaires: détections en 2006 (programmes standard et complémentaire)

Entre parenthèses: nombre de stations analysées par substance; (M) = métabolite.

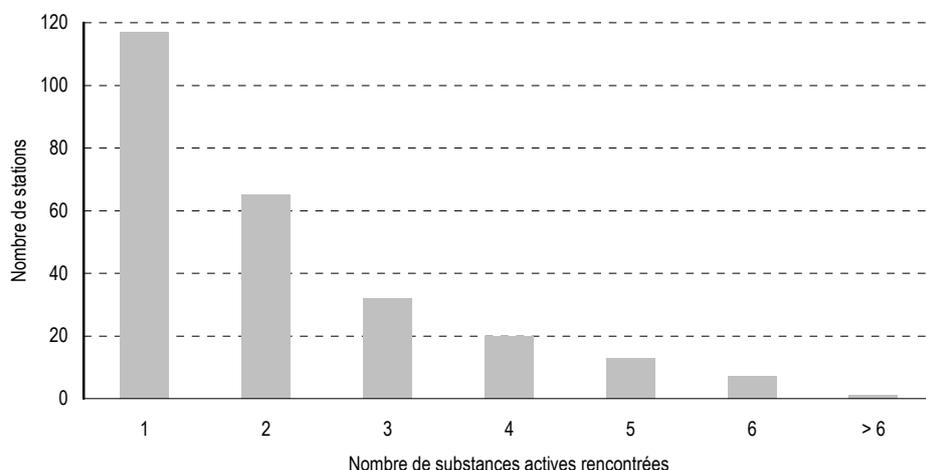


Dans la plupart des stations où des produits phytosanitaires ont été identifiés, on a détecté une à deux substances actives, voire jusqu'à 20 dans le pire des cas (cf. fig. 14). Ce dernier correspond à une station située dans une région vouée à une agriculture intensive et, de plus, en aval d'une décharge.

Souvent une à deux substances actives par station

Fig. 14 > Produits phytosanitaires: nombre de substances actives détectées par station en 2006

Une substance active correspond à une substance mère et à ses métabolites. Le maximum détecté dans une station atteint 24 substances actives. Seules 10 substances actives ont été analysées dans toutes les stations.



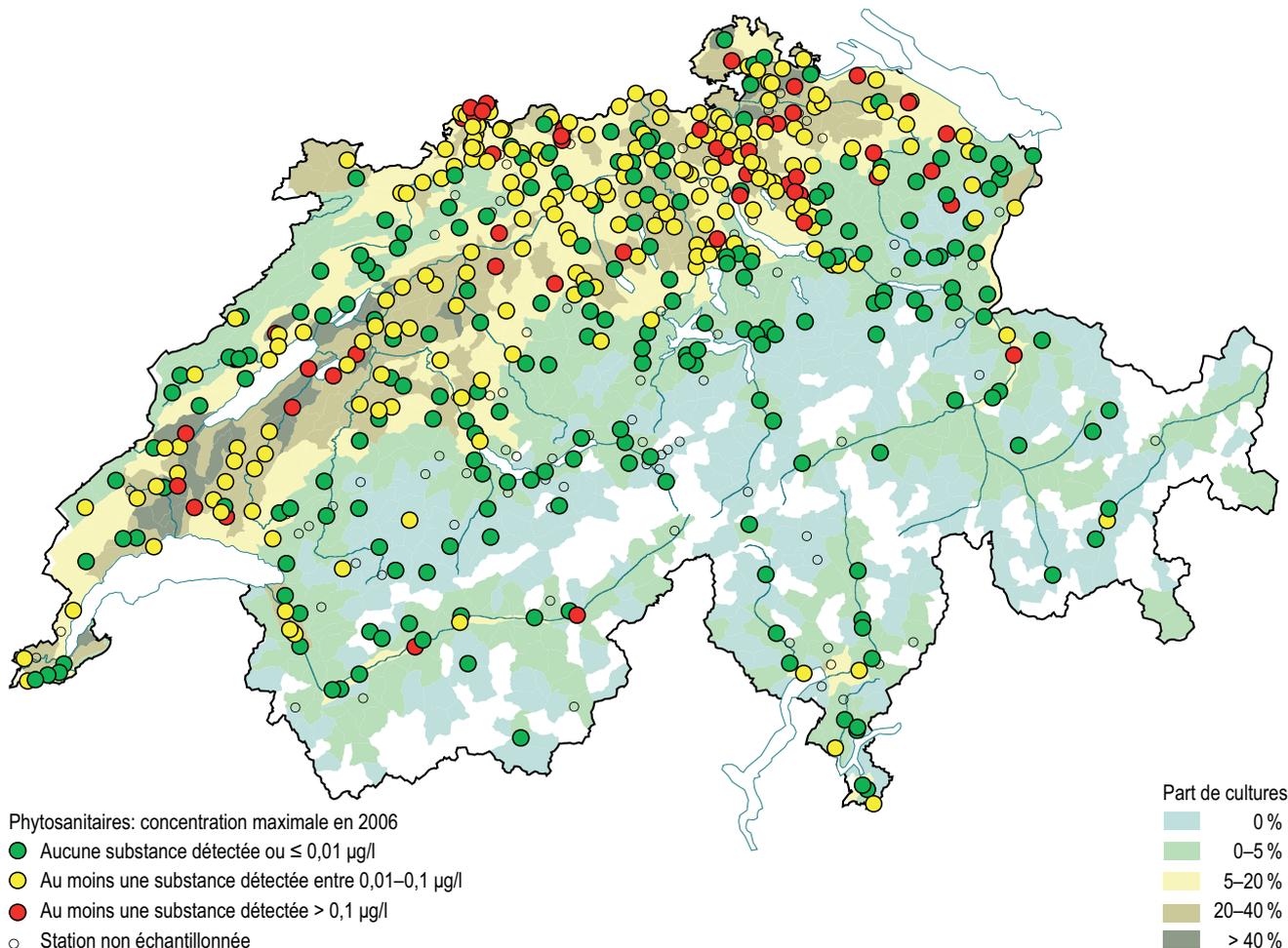
La figure 15 indique les concentrations maximales de produits phytosanitaires dans les diverses stations en 2006.

C'est avant tout dans les régions vouées à une agriculture intensive et dans les zones urbanisées du Plateau, de la vallée du Rhône, du Tessin et du Jura sises à une altitude inférieure à 800 m environ, que l'on trouve les nappes souterraines chargées en produits phytosanitaires.

Différences régionales

Fig. 15 > Produits phytosanitaires: concentrations en 2006 et part de cultures

*Valeur maximale de toutes les substances isolées, substances mères et métabolites.
Le nombre de substances analysées par station peut varier, avec un maximum de cinq analyses par station.
Données cartographiques: Eurostat/GISCO 1992.*



La répartition des résultats montre un lien évident avec l'utilisation principale du sol (cf. fig. 16). L'exigence chiffrée de l'OEaux ($0,1 \mu\text{g/l}$) a ainsi été dépassée dans un sixième environ des stations sises dans des bassins d'alimentation où prédominent les catégories «grandes cultures» et «zones urbanisées et voies de communication». Dans 80 % environ de ces stations, on a détecté des traces de produits phytosanitaires, contre près de 50 % dans l'ensemble des stations analysées.

Utilisation du sol

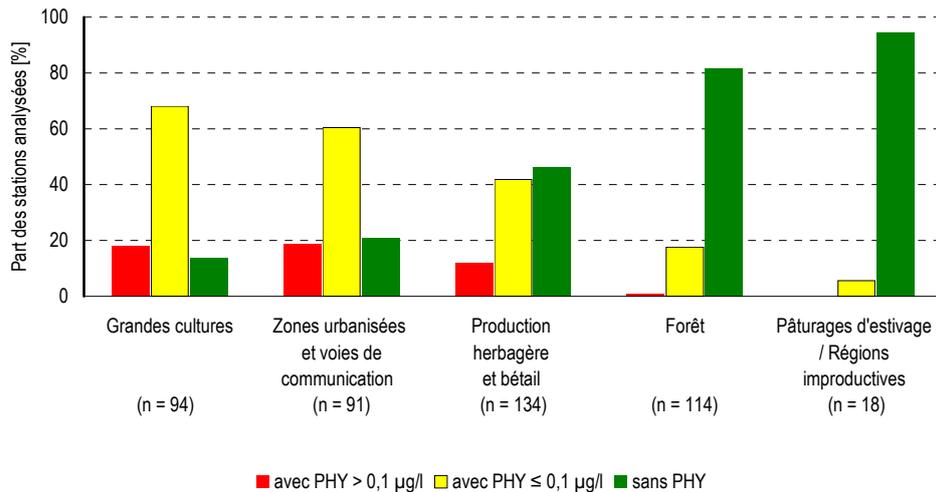
A quelques exceptions près, les stations présentant des valeurs supérieures à $0,1 \mu\text{g/l}$ se situent en dessous de 800 m d'altitude. Mais on a aussi ponctuellement détecté des produits phytosanitaires en faibles concentrations dans des stations situées au-dessus de 1000 m. Ces résultats montrent bien que l'utilisation du sol est en général moins intensive dans les régions d'altitude.

Altitude

Fig. 16 > Produits phytosanitaires: détections en 2006 en fonction de l'utilisation principale du sol

Valeur maximale pour chaque substance par station.

n = nombre de stations. PHY = produits phytosanitaires.



Evolution dans le temps

La collecte systématique des données sur la charge en produits phytosanitaires n'a débuté au niveau national qu'en 2002. Les données historiques faisant largement défaut dans les stations NAQUA, il s'avère pour l'heure impossible d'apprécier l'évolution à long terme de la charge en produits phytosanitaires.

Collecte systématique des données depuis 2002

Il est en revanche possible de suivre l'évolution (du moins sur les quatre dernières années) d'un ensemble de sept substances analysées au moins une fois par an dans 373 stations (cf. fig. 17). On perçoit ainsi une lente diminution des concentrations et du nombre de détections pour les herbicides du groupe des triazines (atrazine, simazine et terbuthylazine): alors que l'atrazine et ses métabolites dépassaient encore l'exigence chiffrée de l'OEau (0,1 µg/l) dans 48 stations en 2004, ces dépassements se limitent à 27 stations en 2006. Dans le cas de l'atrazine seule, le recul est encore plus net, puisque le nombre des dépassements a diminué de 22 à 10.

Triazine: tendance à la baisse

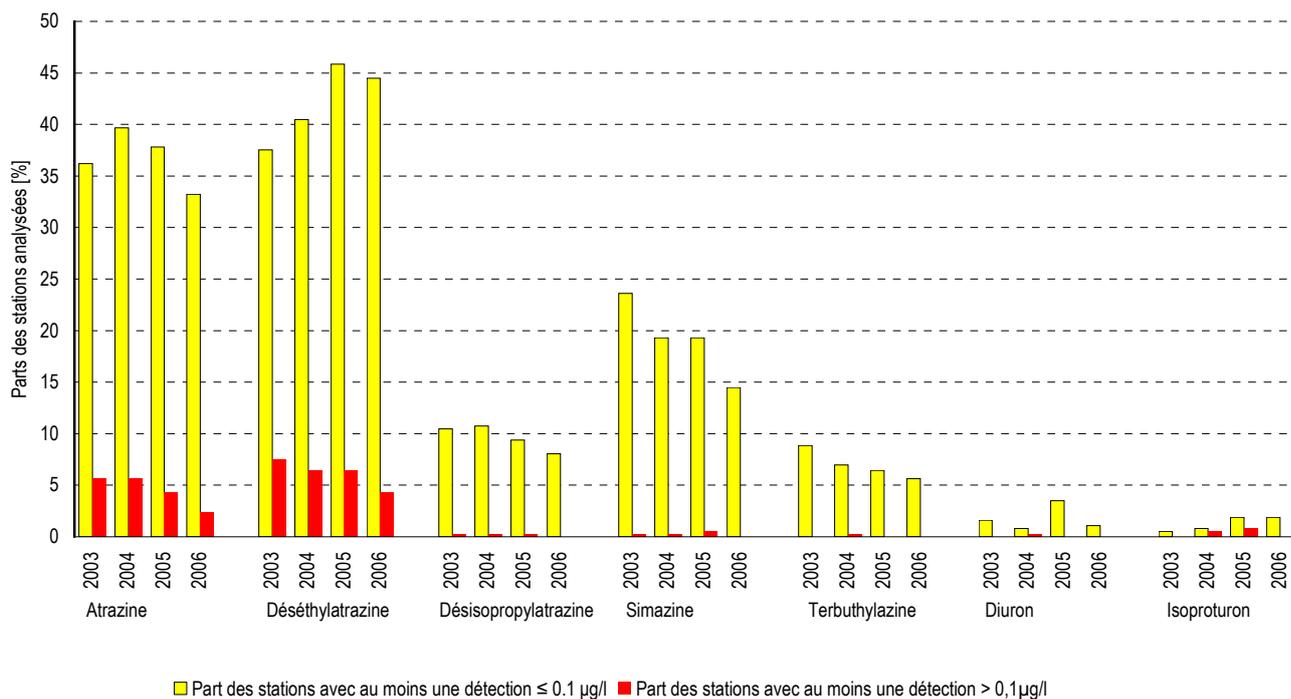
Contrairement aux herbicides du groupe des triazines, les phénylurées diuron et isoproturon ne dénotent pas une évolution dans le temps clairement perceptible. Chacune de ces substances a été détectée dans 5 à 14 stations chaque année.

Pour ce qui est des substances le plus souvent rencontrées (atrazine, déséthylatrazine, 2,6-dichlorobenzamide et métolachlore) la charge polluante dans les stations concernées s'avère dans l'ensemble plutôt constante au fil des ans. L'atrazine a par exemple été détectée plusieurs fois par an dans 80 % des stations concernées. A l'inverse, les substances rarement présentes apparaissent de manière plutôt sporadique. Entre 2004 et 2006, l'isoproturon n'a ainsi été détecté qu'une fois dans 65 % des stations concernées.

Variabilité à court terme

Fig. 17 > Produits phytosanitaires: évolution des détections de sept substances du programme standard – 2003 à 2006

Ensemble de données comparables provenant de 373 stations.



Si l'on considère tous les produits phytosanitaires analysés, les dépassements de l'exigence chiffrée de l'OEaux entre 2004 et 2006 ne dénotent pas de tendance manifeste. Alors que l'atrazine et ses métabolites dépassent l'exigence nettement moins souvent en 2006 qu'en 2004, les métabolites du métolachlore et le 2,6-dichlorobenzamide, inclus dans le programme standard depuis 2006, se classent parmi les substances comptant le plus de dépassements.

2.3.4 Produits phytosanitaires – interprétation

Les résultats montrent que les produits phytosanitaires sont souvent présents dans les eaux souterraines des stations analysées. Au vu des connaissances actuelles, les concentrations mesurées ne mettent toutefois pas en danger la santé des personnes qui consomment l'eau potable provenant de ces nappes souterraines. Il est toutefois préoccupant de constater que l'exigence chiffrée de l'OEaux (fixée à 0,1 µg/l pour les nappes souterraines exploitées comme eau potable) a été dépassée par une substance au

Pas de danger pour la santé, mais charge polluante préoccupante

moins dans un dixième¹³ environ de toutes les stations analysées, et que des résidus de produits phytosanitaires ont été détectés dans près de la moitié des stations.

Les substances détectées dans les eaux souterraines ont été ou sont utilisées en grandes quantités, comme c'est le cas de l'atrazine ou du glyphosate, ou sont par ailleurs mobiles et persistantes, à l'instar d'autres triazines et de différents métabolites. Les 21 substances rencontrées en concentrations supérieures à 0,1 µg/l sont des herbicides et leurs métabolites, ainsi que le fongicide oxadixyl. Les fongicides, bien que parfois utilisés en grandes quantités, sont nettement plus rarement détectés. D'une part, leur application est ciblée (sur les plantes et non pas sur le sol; utilisation surtout en viticulture et en arboriculture, qui occupent des surfaces peu étendues), d'autre part ils sont souvent peu persistants, car ils se dégradent facilement.

Les herbicides du groupe des triazines, particulièrement l'**atrazine** et ses **métabolites**, mais aussi la **cyanazine**, la **simazine**, la **terbuthylazine** et son métabolite, la **déséthyl-atrazine**, comptent toujours parmi les produits phytosanitaires les plus souvent détectés dans les eaux souterraines.

Il est frappant de relever le nombre de détections de cyanazine, de simazine et de terbuthylazine dans les régions où l'utilisation principale du sol appartient aux catégories «zones urbanisées et voies de communication», alors que la cyanazine a été autorisée jusqu'en 2006 uniquement sur les cultures de pois. Ces résultats s'expliquent peut-être par la fréquence d'utilisations illégales, mais aussi par la difficulté à classer correctement l'utilisation du sol lorsque les surfaces attribuables aux zones urbanisées, à l'agriculture et aux jardins sont étroitement imbriquées. Dans deux stations au moins, force est d'admettre que les traces de produits phytosanitaires identifiées proviennent d'un site de production et d'une décharge.

La diminution des triazines observée entre 2003 et 2006 était attendue car l'autorisation de l'atrazine a été progressivement restreinte au cours des vingt dernières années¹⁴, avant d'être complètement retirée au début de 2007¹⁵. Ne se dégradant cependant que lentement, l'atrazine et ses métabolites risquent fort de séjourner dans les eaux souterraines encore longtemps après la période transitoire, comme l'indiquent les analyses réalisées dans le Bade-Wurtemberg (LUBW 2007). La simazine, détectée plus rarement en 2006 qu'en 2004, n'est, elle aussi, plus autorisée depuis début 2007. Par contre, la terbuthylazine est toujours autorisée sur un grand nombre de cultures. D'autres analyses devront être entreprises ces prochaines années pour déterminer si la baisse observée dans son cas est une véritable tendance ou seulement un phénomène passager. Vu leur dégradation lente et leurs fréquentes détections, les triazines et leurs métabolites devront également continuer à faire l'objet d'analyses.

Des substances mobiles et persistantes, appliquées en grandes quantités, se retrouvent dans les eaux souterraines

Agriculture et zones urbanisées

Diminution lente des triazines: poursuite de l'observation

¹³ Au cours des trois années considérées, un dépassement de l'exigence chiffrée a été mesuré dans 16 % des stations analysées (15 % de toutes les stations NAQUA). La proportion atteint même 25 % si l'on considère les stations où les grandes cultures constituent l'utilisation principale du sol.

¹⁴ L'application d'atrazine a été successivement interdite le long des voies ferrées, des routes, des chemins ou des places, dans les régions karstiques et dans les zones de protection S2. Par ailleurs, quantité et période d'application ont été limitées.

¹⁵ La période transitoire concernant l'application de l'atrazine s'étend jusqu'en 2011.

Le **dichlobenil**, substance mère du **2,6-dichlorobenzamide** souvent détecté, est un herbicide relativement courant utilisé sous forme de granulés à action prolongée dans la viticulture et l'arboriculture, sous les arbustes d'ornement, mais aussi pour protéger les prairies et les pâturages contre les lampés (sorte de Rumex). Le métabolite 2,6-dichlorobenzamide est dès lors surtout présent dans les stations dont le bassin d'alimentation comprend essentiellement les catégories d'utilisation du sol «production herbagère et bétail» ou «zones urbanisées et voies de communication». Au vu des résultats disponibles, le 2,6-dichlorobenzamide sera intégré dans le programme standard dès 2008.

Renforcement du suivi
des métabolites

Le **métolachlore**, substance mère des métabolites métolachlore ESA et métolachlore OXA, compte parmi les herbicides les plus vendus en Suisse. Il est utilisé dans la culture de maïs et de betteraves, ainsi que sur d'autres grandes cultures¹⁶. Il compte aussi parmi les substituts possibles à l'atrazine. Il n'est donc pas étonnant de trouver souvent cette substance active et ses métabolites dans les stations situées dans les régions de grandes cultures. Afin de suivre cette évolution de près, des analyses du métolachlore ESA et du métolachlore OXA sont programmées dans d'autres stations.

Si le **glyphosate**, l'herbicide le plus vendu en Suisse, n'est détecté que ponctuellement dans les eaux souterraines, ses concentrations sont relativement plus fortes. C'est notamment le cas de son métabolite **AMPA** (acide aminométhyl-phosphonique), la limite de quantification analytique (0,05 µg/l) étant assez élevée. Ses taux de détection ne peuvent donc pas être directement comparés à ceux d'autres substances, dont la limite de quantification est sensiblement plus basse. Le glyphosate se dégrade certes relativement vite et se fixe solidement sur les particules du sol, compte tenu des grandes quantités utilisées, il importe toutefois d'accorder une plus grande attention au phénomène de migration vers le sous-sol le long de voies d'écoulement préférentielles. La présence de l'AMPA n'est pas à mettre exclusivement sur le compte d'une utilisation de glyphosate, car cette substance se forme aussi par hydrolyse d'acides phosphoniques. Ce genre de substances entrent dans la composition de lessives et de détergents industriels et artisanaux et sont aussi utilisées dans les circuits de refroidissement, les eaux de remplissage de chaudière et comme additifs pour béton. Une étude ciblée est prévue afin d'étudier en détail la migration du glyphosate et de l'AMPA vers les eaux souterraines.

Glyphosate et AMPA:
analyses ciblées

Il n'y a que quelques années que l'on accorde une attention accrue à la charge des eaux souterraines en produits phytosanitaires (Hanke et al. 2007). Parmi les 16 métabolites analysés dans le cadre de NAQUA, 13 ont parfois présenté des taux de détection élevés. Il arrive fréquemment, que l'on détecte les métabolites plus souvent et en concentrations plus fortes que leurs substances mères. Preuve en sont le dichlobenil et le 2,6-dichlorobenzamide ou le métolachlore et ses métabolites (métolachlore ESA et métolachlore OXA). Bien que les produits phytosanitaires soient autorisés depuis longtemps, les connaissances sur les métabolites et leur comportement dans l'environnement sont encore très lacunaires. Une étude récente (Eawag 2007) a ainsi montré que

Développement
des techniques analytiques

¹⁶ Le métolachlore est autorisé en Suisse comme herbicide sur les plantes suivantes: haricots, maïs, tournesol, soja, betteraves fourragère et sucrière, chicorée et kénaf.

le métabolite de l'atrazine à atteindre les concentrations les plus élevées n'est pas toujours la déséthylatrazine mais l'hydroxyatrazine. Il n'existe pour l'heure aucune méthode d'analyses de routine applicable aux métabolites, et il importe dès lors de perfectionner inlassablement les moyens d'analyses, afin d'évaluer toute l'ampleur de la charge indésirable¹⁷. Il importe donc absolument d'intensifier l'observation de ces métabolites dans les eaux souterraines.

Le rythme des prélèvements apparaît suffisant pour connaître la charge de base en produits phytosanitaires. Les quatre prélèvements prévus au maximum par année ne permettent cependant guère d'enregistrer les brefs pics de concentration de substances très mobiles ou rapidement dégradables. On ne dispose en outre pas d'informations sur les produits phytosanitaires effectivement utilisés dans chaque bassin d'alimentation (substances actives, quantités, localisation, date d'application, conditions météorologiques). Or un suivi ciblé présuppose un inventaire détaillé et fiable des substances actives. En l'absence de ces éléments d'information, l'observation des eaux souterraines demeurera lacunaire et inutilement onéreuse.

Inventaire
des substances actives

¹⁷ Le projet KoMet de l'OFEV et de l'EAWAG vise à mettre au point des combinaisons de méthodes de mesure et de modélisations, afin d'étudier les produits de transformation, en priorité dans les eaux superficielles, mais aussi dans les eaux souterraines. Il devrait fournir d'importantes connaissances pour l'autorisation des produits chimiques et l'évaluation de la qualité des eaux.

2.4 Composés organiques volatils (COV)

2.4.1 Introduction

L'expression composés organiques volatils (COV) désigne des composés organiques carbonés possédant une pression de vapeur élevée¹⁸. Elle englobe par conséquent des substances appartenant à différents groupes de produits et possédant des propriétés écologiques et toxicologiques différentes. Les COV analysés dans le cadre de NAQUA appartiennent aux groupes ci-après, qui se recoupent partiellement: les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM), les éthers MTBE et ETBE, utilisés comme additifs dans les carburants, et les hydrocarbures halogénés volatils (HHV).

Définitions

Extraits ou produits en grandes quantités, les COV se retrouvent aussi en quantités significatives dans l'environnement. En 2006, la Suisse a par exemple consommé quelque 12 millions de tonnes de produits pétroliers, dont plus de la moitié sous forme de carburants (OFEN 2007). En 2004, les émissions suisses de COV dans l'environnement ont atteint 102 300 t (OFEV 2007), dont un peu plus de 50 % provenaient de l'industrie et de l'artisanat, 20 % environ des transports, 20 % des ménages et du trafic et 8 % environ de l'agriculture et de la sylviculture. Dans l'ensemble, ces émissions ont diminué de 21 % par rapport à 2001, surtout en raison de la taxe d'incitation prélevée sur les COV depuis 2000¹⁹.

Quantités utilisées

Les principaux apports dans les eaux souterraines seraient dus à des négligences lors de l'utilisation de carburants et de solvants et à leur élimination incorrecte, ainsi qu'à des accidents et à des défauts d'étanchéité des installations de stockage. Très volatils, les COV peuvent parvenir dans l'atmosphère par évaporation et être ensuite entraînés par les précipitations vers les eaux superficielles ou souterraines.

Voies d'apport

Hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM)

Les hydrocarbures aromatiques monocycliques comprennent essentiellement les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylène) ainsi que d'autres composés aromatiques dotés du noyau benzénique, tels le triméthylbenzène ou le styrène. Dans le présent rapport, les hydrocarbures aromatiques monocycliques halogénés²⁰ sont inclus dans le groupe des hydrocarbures aromatiques monocycliques.

Plusieurs HAM, dont les BTEX notamment, entrent dans la composition de l'essence et, en plus faible proportion, dans celle d'autres produits pétroliers tels que l'huile de chauffage, le diesel ou le kérosène. De plus, les HAM sont souvent employés comme solvants et, dans l'industrie chimique, comme produits de base pour la synthèse de différents composés organiques carbonés.

Domaines d'utilisation

¹⁸ Pression de vapeur de 0,1 mbar au moins à 20 °C ou point d'ébullition maximum de 240 °C à 1013,25 hPa (OCOV).

¹⁹ La taxe d'incitation sur les COV vise avant tout à réduire les immissions atmosphériques. Les COV émis dans l'atmosphère jouent un rôle décisif dans la formation d'ozone dans les couches d'air proches du sol.

²⁰ Il y a dès lors recoupement avec la catégorie des hydrocarbures halogénés.

Dans le cas des HAM, l'exigence chiffrée de l'OEaux, applicable aux eaux du sous-sol utilisées comme eau potable ou destinée à l'être, est fixée à 1 µg/l pour chaque substance.

Contraintes légales

MTBE et ETBE

Le MTBE (méthyl-tert-butyléther) est utilisé en Suisse depuis le milieu des années 80 comme additif dans l'essence, dont il accroît le pouvoir anti-détonnant. Dans les carburants, il remplace les composés organiques au plomb, mais aussi parfois le benzène et d'autres hydrocarbures aromatiques.

Domaines d'utilisation

En Europe, on encourage depuis quelques années le recours aux agrocarburants pour remplacer les carburants fossiles. Aux côtés de l'éthanol, l'ETBE (éthyl-tert-butyl-éther) figure aussi parmi les composants agricoles, à condition qu'il soit synthétisé par transformation d'éthanol d'origine biologique. L'ETBE est un proche parent du MTBE et se comporte de manière identique dans l'environnement. Les pays voisins de la Suisse ont, depuis quelques années déjà, partiellement libéré de l'impôt sur les huiles minérales les substances d'origine agricole utilisées dans les carburants, si bien que l'industrie pétrolière a converti, ou convertira bientôt, complètement sa production de MTBE en ETBE. En Suisse, la suppression partielle de l'impôt sur les huiles minérales est entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2008. Une grande partie de son approvisionnement en carburant est de toute façon assuré par des importations provenant de l'Union européenne, et donc des produits disponibles à l'étranger. Or de plus en plus de ces produits contiennent de l'ETBE. Depuis fin 2005 déjà, on décèle d'ailleurs régulièrement de l'ETBE dans le Rhin inférieur (TZW 2007).

ETBE, substitut du MTBE

Leur persistance et leur mobilité élevées dans le sous-sol, ainsi que leurs faibles seuils de détection olfactive et gustative (2,5 µg/l env.), font du MTBE et de l'ETBE une menace pour les eaux souterraines exploitées comme eau potable.

Menace pour l'environnement

La Suisse n'a pour l'heure pas fixé d'exigence légale pour le MTBE et l'ETBE dans l'eau souterraine. Seule l'ordonnance sur les sites contaminés définit, dans le cadre de l'évaluation des sites pollués, une valeur de 200 µg/l pour le MTBE. Les *Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines* donnent une valeur indicative de 2 µg/l pour l'eau souterraine. En cas de dépassement de cette valeur, il convient de rechercher l'origine de la pollution et de prendre les mesures qui s'imposent. Aucune valeur indicative de ce type n'existe actuellement pour l'ETBE.

Contraintes légales

Hydrocarbures halogénés volatils (HHV)

Les HHV sont des hydrocarbures volatils dans lesquels un ou plusieurs atomes d'hydrogène ont été remplacés par un halogène (fluor, chlore ou brome principalement). Ces substances, souvent employées dans l'industrie et l'artisanat, servent notamment de solvants ou de produits de base et intermédiaires dans la synthèse des plastiques, ainsi que d'agents dans l'usinage des métaux, le nettoyage chimique et l'extraction de graisses. Les HHV peuvent aussi se former accessoirement (sous-produits) lors de réactions chimiques. C'est le cas des trihalométhanes (le chloroforme entre autres)

Domaines d'utilisation

généralisés lors de la désinfection au chlore de l'eau potable et des eaux de piscine ou lors du blanchiment au chlore.

Les HHV sont très peu biodégradables et la plupart d'entre eux s'avèrent persistants dans l'environnement. Ils s'accumulent dans les tissus adipeux des organismes supérieurs et sont souvent toxiques. Par ailleurs, certaines de ces substances sont suspectées d'être cancérogènes ou d'interférer avec le système immunitaire des organismes supérieurs. De ce fait, de gros efforts ont été entrepris depuis une vingtaine d'années afin de réduire la consommation des HHV, et leur utilisation a en effet nettement reculé ces dernières années.

Menace pour l'environnement

Les HHV présentant une forte persistance et une mobilité élevée dans l'environnement, il faut s'attendre à ce que les sites contaminés continuent d'en relâcher dans les eaux souterraines. Leur poids spécifique étant supérieur à celui de l'eau, ces substances s'accumulent sur le fond des aquifères et peuvent ainsi polluer les eaux souterraines des décennies encore après avoir pénétré dans le sous-sol. Cette caractéristique rend particulièrement difficile l'assainissement des sites contaminés par des HHV.

L'OEaux fixe l'exigence chiffrée pour les HHV à 1 µg/l (pour chaque substance) dans les eaux du sous-sol utilisé comme eau potable ou destinées à l'être.

Contraintes légales

Autres composés organiques volatils (COV)

Les autres COV analysés comprennent le naphthalène et plusieurs hydrocarbures aliphatiques. Le naphthalène est un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP) que l'on trouve notamment dans le diesel et l'huile de chauffage. Il est aussi employé comme produit de base dans la synthèse de colorants, de produits phytosanitaires, de solvants, etc. L'exigence chiffrée de l'OEaux est fixée à 0,1 µg/l pour les HAP. Les hydrocarbures aliphatiques analysés, tels l'hexane ou l'octane, sont des composants typiques des combustibles et des carburants, mais sont parfois aussi utilisés comme solvants. L'exigence chiffrée de l'OEaux est fixée à 1 µg/l pour les hydrocarbures aliphatiques.

Domaines d'utilisation, contraintes légales

2.4.2 COV – analyses réalisées

En 2004 et en 2005, le programme standard portait sur 11 substances, mais la liste a été étendue à 35 substances en 2006. Le programme standard n'est pas identique dans les modules TREND et SPE (cf. tab. 9), de sorte que l'on dispose au total de résultats d'analyses pour 78 composés organiques volatils différents²¹. La liste de tous les paramètres analysés figure dans l'annexe A2.

Programme d'analyses

En 2004 et en 2006, respectivement 421 et 431 stations ont été échantillonnées. En 2005, des prélèvements furent entrepris dans 505 stations, car cette année-là on a pris en compte davantage de stations dépourvues de charge polluante. De 2004 à 2006, on a analysé au total 27 HAM différents (cf. tab. 11).

Stations échantillonnées

²¹ Le programme standard COV a été étendu à d'autres substances selon les possibilités des laboratoires participants.

Pendant la même période, on a recherché du MTBE dans 421 à 496 stations. Bien que l'ETBE ne fit pas encore partie du programme standard, quelques laboratoires ont détecté sa présence en 2005 et en 2006 dans respectivement 13 et 96 stations (cf. tab. 13).

Les hydrocarbures halogénés volatils (HHV) n'appartiennent au programme standard que depuis 2006. Ils ont toutefois été analysés auparavant dans le cadre du module TREND et aussi par de nombreux laboratoires dans une majorité de stations du module SPE. En 2004 et en 2006, respectivement 337 et 431 stations ont été analysées et l'on a détecté au total 40 HHV différents (cf. tab. 14).

Le naphthalène a été analysé dans 305 à 401 stations chaque année et il appartient depuis 2006 au programme standard du module SPE. Des hydrocarbures aliphatiques ont en outre été analysés par certains laboratoires dans 11 à 40 stations.

Tab. 9 > COV: programmes d'analyse – 2004, 2005 et 2006

Substances du programme standard	2004	2005	2006
Hydrocarbures aromatiques monocycliques			
1,2,3-trichlorobenzène			X (NS)
1,2,4-triméthylbenzène			X (NS)
1,2-dichlorobenzène			X (NS)
1,3,5-triméthylbenzène			X (NS)
Benzène	X	X	X
Bromobenzène			X (NS)
Chlorobenzène			X (NS)
Ethylbenzène	X	X	X
m/p-xylènes	X (NS)	X (NS)	X (NS)
o-xylène	X (NS)	X (NS)	X (NS)
Styrène			X (NS)
Toluène	X	X	X
MTBE et ETBE			
MTBE	X	X	X
Hydrocarbures halogénés volatils			
1,1,1-trichloroéthane	X (NT)	X (NT)	X
1,1,1,2-tétrachloroéthane			X (NS)
1,1-dichloroéthane			X (NS)
1,2-dichloroéthane			X (NS)
1,2-dichloropropane			X (NS)
Bromodichlorométhane			X
Bromométhane			X (NS)
Tribromométhane (bromoforme)			X (NS)
Chloroéthylène (chlorure de vinyle)			X (NS)
Chlorométhane			X (NS)
Trichlorométhane (chloroforme)	X (NT)	X (NT)	X
cis-1,2-dichloroéthylène		X (NT)	X
Dibromochlorométhane			X (NS)
Dibromométhane			X (NS)
Dichlorodifluorométhane			X
Hexachlorobutadiène			X (NS)
Dichlorométhane (chlorure de méthylène)			X (NS)
Tétrachloroéthylène (per)	X (NT)	X (NT)	X
Tétrachlorométhane	X (NT)	X (NT)	X
Trichloroéthylène (tri)	X (NT)	X (NT)	X
Trichlorofluorométhane		X (NT)	X
Autres			
Naphtalène			X (NS)

(NT) = seulement dans le module NAQUA TREND, (NS) = seulement dans le module NAQUA SPE, sans note = dans les deux modules

2.4.3 COV – résultats

Relevé de la situation

Les données de 2006 sont présentées ci-après sous forme de graphiques. Les diagrammes pour les années 2004 et 2005 sont très similaires.

Généralités

En 2004, en 2005 et en 2006, l'exigence chiffrée de l'OEaux²² (HAM et HHV) ou la valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines²³ (MTBE) ont été dépassées au moins une fois par an dans 6 à 8 % des stations analysées (cf. tab. 10). De plus, des traces de composés organiques volatils (COV) ont été détectées dans environ un tiers des stations analysées.

Chiffres clés 2004–2005–2006

Tab. 10 > COV: concentrations de 2004 à 2006

Valeurs maximales.

Année	échantillonnées	sans détection	≤ exigence chiffrée / valeur indicative	> exigence chiffrée / valeur indicative
Nombre de stations				
2004	421	253	135	33
2005	505	327	148	30
2006	431	247	149	35
Proportion				
2004		60 %	32 %	8 %
2005		65 %	29 %	6 %
2006		57 %	35 %	8 %

²² Dans son annexe 2, ch. 22, intitulé «Exigences supplémentaires pour les eaux du sous-sol utilisées comme eau potable ou destinées à l'être», l'OEaux fixe la limite à 1 µg/l (0,001 mg/l) pour chaque substance.

²³ Dans leur annexe A1, «Valeurs indicatives pour la qualité des eaux souterraines», les *Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines* prévoient < 2 µg/l pour le MTBE (OFEFP 2004).

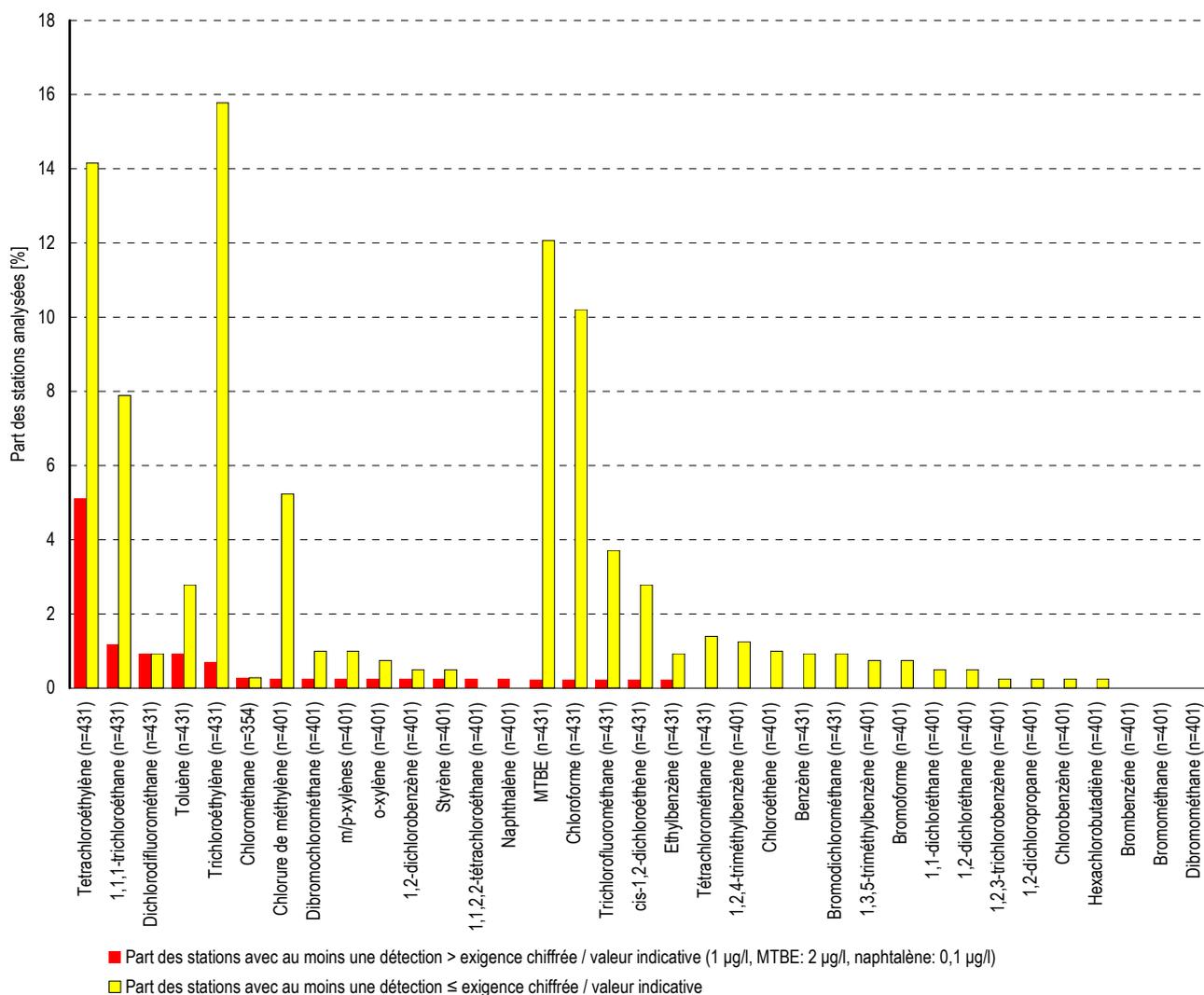
Parmi les substances qui dépassent l'exigence chiffrée de l'OEaux (HAM et HHV) ou la valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (MTBE), c'est le **tétrachloroéthylène** qui se distingue, et de loin, avec des dépassements dans près de 6 % des stations analysées.

Dépassements principalement pour le tétrachloroéthylène

Le **tétrachloroéthylène** est aussi le composé organique volatil le plus souvent détecté, suivi par le **trichloroéthylène** et le **MTBE**. Dans le cas du MTBE, la valeur indicative de 2 µg/l n'est toutefois dépassée que dans des cas isolés (cf. fig. 18).

Fig. 18 > COV: détections en 2006 (programme standard)

Entre parenthèses: nombre de stations analysées par substance.

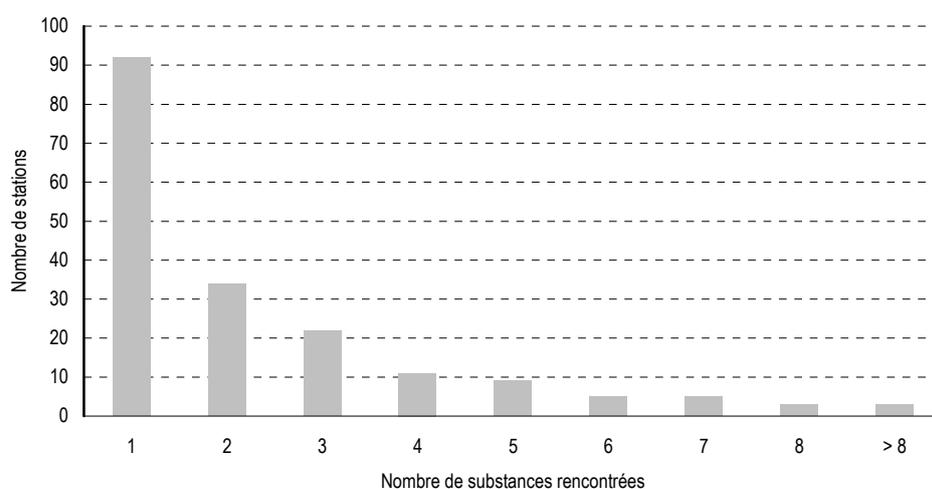


Lorsque des COV ont été identifiés, on a détecté une seule de ces substances dans presque la moitié des stations, mais leur nombre a dépassé dix dans des cas isolés (cf. fig. 19).

Le plus souvent, détection d'une seule substance par station

Fig. 19 > COV: nombre de composés détectés par station en 2006

Le maximum détecté dans une station atteint 13 substances.



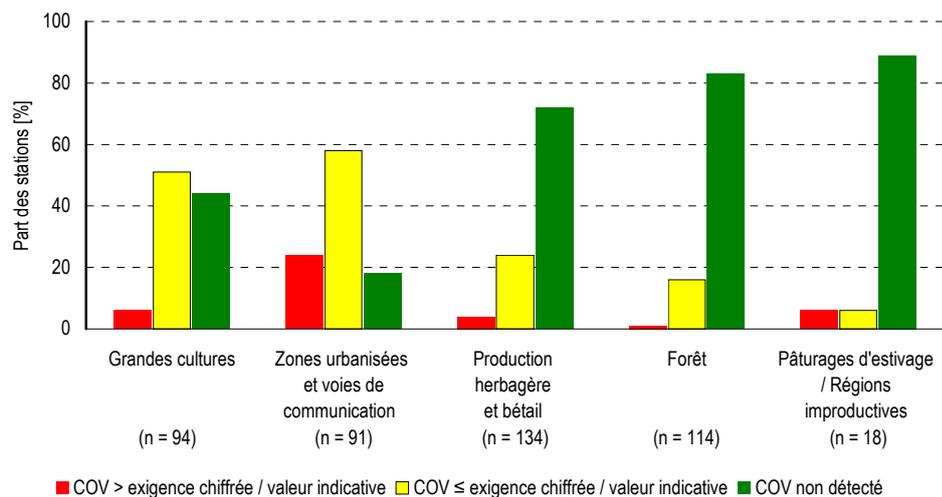
Les exigences chiffrées de l'OEaux ont été dépassées dans nettement plus de stations où l'utilisation principale du sol appartient à la catégorie «zones urbanisées et voies de communication» (20%) que sur l'ensemble des stations analysées (8%). Des traces de COV ont en outre été détectées dans presque 80% des bassins d'alimentation dominés par ce type d'utilisation du sol, contre environ 40% sur l'ensemble des stations analysées (cf. fig. 20).

Utilisation du sol

Outre ces régions, les bassins d'alimentation où le sol est principalement occupé par les grandes cultures présentent souvent des traces de COV: la proportion des stations analysées où l'on en a détecté atteint presque 60%, soit plus que la moyenne. Vu l'imbrication étroite des surfaces urbanisées et cultivées, il s'avère difficile de déterminer laquelle de ces utilisations du sol est à l'origine de la charge indésirable.

Fig. 20 > COV: détections en 2006 en fonction de l'utilisation principale du sol

Valeur maximale pour chaque substance par station. n = nombre de stations.



Hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM)

L'exigence chiffrée de 1 µg/l fixée pour les HAM n'a été dépassée qu'en de rares occasions (cf. fig. 21). Voici les substances en cause: 1,2-dichlorobenzène, chlorobenzène, benzène, éthylbenzène, m/p-xylènes, o-xylène, styrène et toluène.

Chiffres-clés 2004–2005–2006

Des traces de HAM ont été détectées dans 6% environ des stations analysées. Au maximum, huit substances ont été détectées dans une même station (cf. tab. 11).

Tab. 11 > HAM: détections de 2004 à 2006

Evaluation selon les stations (concentration maximale par substance).

	2004	2005	2006
Nombre de stations analysées	421	505	431
Nombre de stations avec au moins une substance détectée	18	39	26
Part de stations avec au moins une substance détectée	4 %	8 %	6 %
Dont nombre de stations avec au moins une substance >1 µg/l	2	4	6
Part de stations avec au moins une substance >1 µg/l	0,5 %	0,8 %	1,4 %
Nombre maximal de substances détectées par station	6	8	7

Voici les substances qui ont été détectées le plus fréquemment: toluène, éthylbenzène, m/p-xylènes et 1,2,4-triméthylbenzène (jusqu'à 4% des stations analysées; cf. tab. 12).

Tab. 12 > HAM: composés le plus souvent détectés en 2006

Les résultats détaillés de tous les HAM analysés figurent dans l'annexe A2.

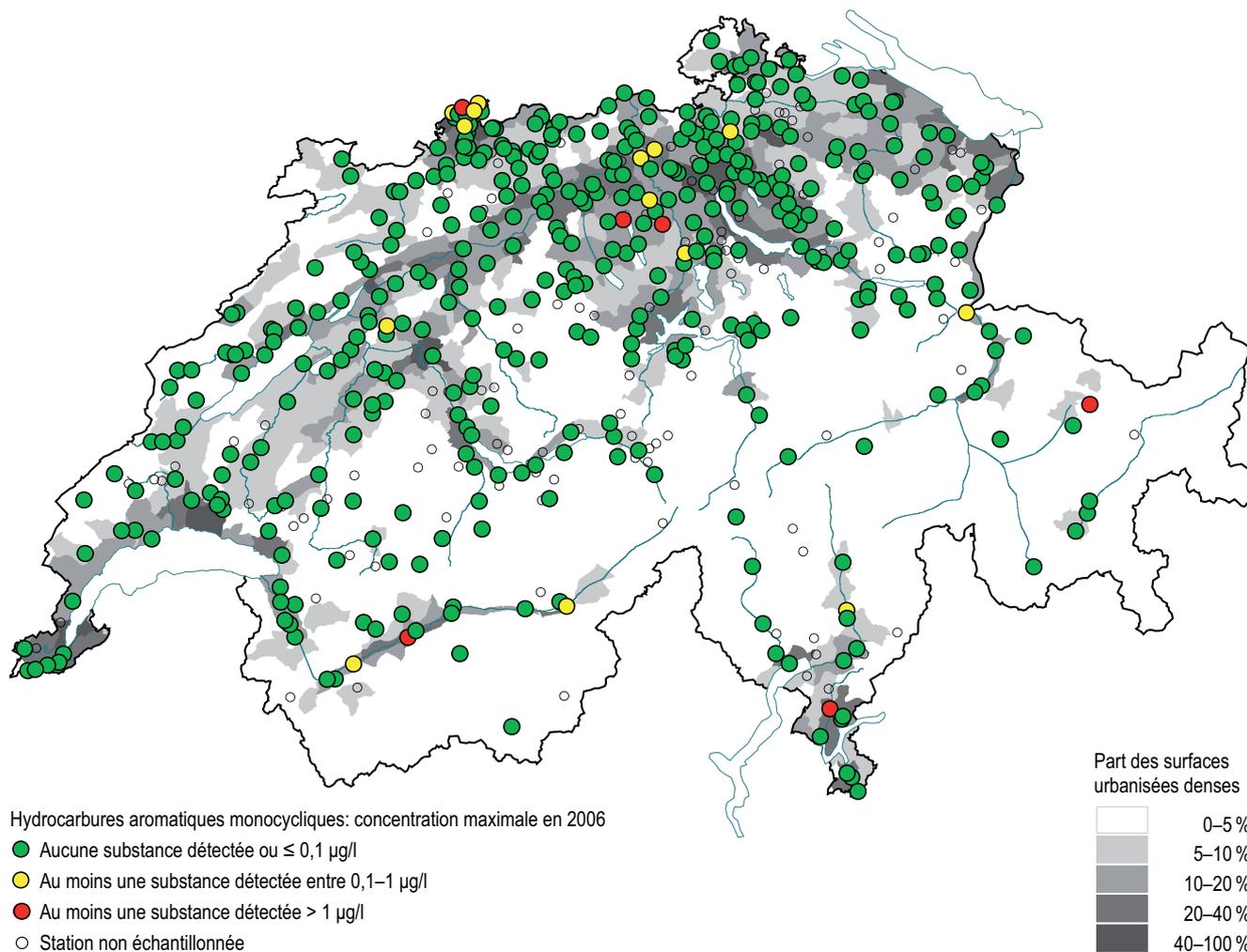
Substance			Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques*		
	Type	LQ [µg/l]	n	≥ LQ	dont > 1 µg/l	% ≥ LQ	% > 1 µg/l	min. [µg/l]	médiane [µg/l]	max. [µg/l]
Programme standard										
1,2,3-trichlorobenzène	HAM	0,004–0,14	401	1	0	0,2	0	0,60		0,60
1,2,4-triméthylbenzène	HAM	0,01–0,5	401	5	0	1	0	0,10	0,20	0,40
1,2-dichlorobenzène	HAM	0,02–0,18	401	3	1	0,7	0,2	0,02		1,20
1,3,5-triméthylbenzène	HAM	0,02–0,5	401	3	0	0,7	0	0,07		0,10
Benzène	HAM	0,01–0,5	431	4	0	0,9	0	0,01	0,10	0,10
Bromobenzène	HAM	0,02–0,11	401	0	0	0	0			
Chlorobenzène	HAM	0,01–0,5	401	1	0	0,2	0	0,55		0,55
Ethylbenzène	HAM	0,02–0,5	431	5	1	1	0,2	0,04	0,20	3,80
m/p-xylènes	HAM	0,02–0,5	401	5	1	1	0,2	0,10	0,90	21,00
o-xylène	HAM	0,02–0,5	401	4	1	1	0,2	0,10	0,35	11,00
Styrène	HAM	0,02–0,11	401	3	1	0,7	0,2	0,04		7,20
Toluène	HAM	0,02–1	431	16	4	4	0,9	0,10	0,40	20,00

* Maximum de la station ≥ LQ; médiane si détections dans au moins quatre stations

LQ = limite de quantification; n = nombre; exigence chiffrée OEaux: au maximum 1 µg/l pour chaque substance

Fig. 21 > HAM: concentrations en 2006 et densité d'urbanisation

*Valeur maximale de toutes les substances isolées. Le nombre de substances analysées par station peut varier.
Données cartographiques: Eurostat/GISCO 1992.*



MTBE et ETBE

La valeur indicative de 2 µg/l définie par les Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines n'est dépassée que dans de très rares cas (dans une seule station, non identique, en 2004 et en 2006). Entre 2004 et 2006, on a cependant détecté des traces de MTBE, toujours inférieures à la valeur indicative, dans 12 à 19 % des stations (cf. tab. 13 et fig. 22).

Chiffres-clés 2004–2005–2006

L'**ETBE** n'a jusqu'ici pas été détecté dans les stations analysées.

Tab. 13 > MTBE et ETBE: résultats d'analyse – 2006

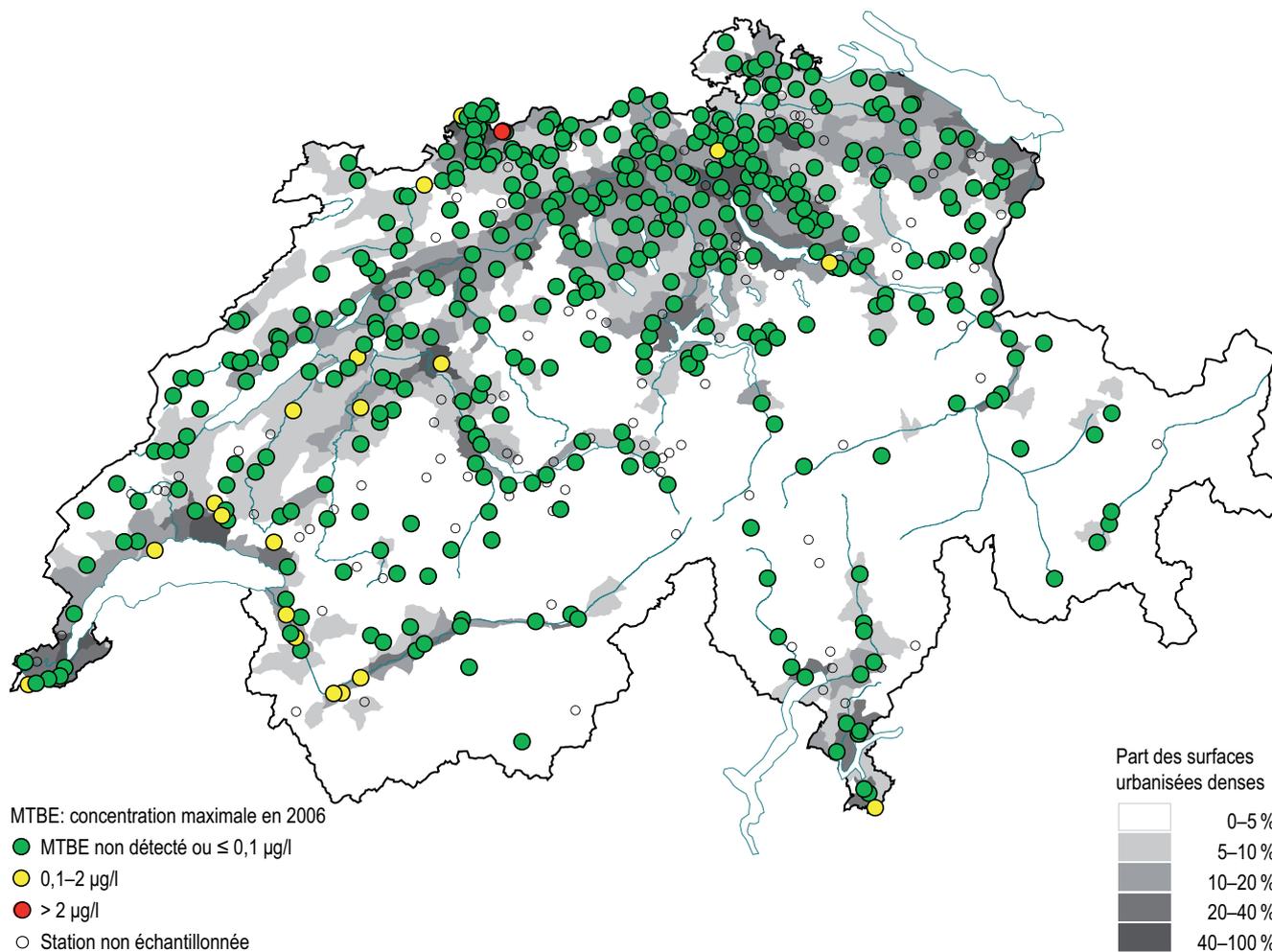
Substance			Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques*		
	Type	LQ [µg/l]	n	≥ LQ	dont > 2 µg/l	% ≥ LQ	% > 2 µg/l	min. [µg/l]	médiane [µg/l]	max. [µg/l]
MTBE	Ether	0,024–1	431	53	1	12	0,2	0,04	0,10	6,40
ETBE	Ether	0,03–0,15	96	0		0				

* Maximum de la station ≥ LQ; médiane si détections dans au moins quatre stations.

LQ = limite de quantification; n = nombre; valeur indicative pour le MTBE = 2 µg/l (*Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines*)

Fig. 22 > MTBE: concentrations en 2006 et densité d'urbanisation

Valeur maximale. Données cartographiques: Eurostat/GISCO 1992.



Hydrocarbures halogénés volatils (HHV)

Les HHV constituent le groupe de composés organiques volatils de loin le plus souvent détectés dans l'eau souterraine (cf. tab. 14, tab. 15, fig. 23). L'exigence chiffrée de l'OEaux (1 µg/l) a été dépassée au moins une fois dans une proportion atteignant 10 % des stations analysées. Voici les substances qui ont été identifiées dans la trentaine de stations concernées: tétrachloroéthylène (concentrations maximales atteignant 250 µg/l), trichloroéthylène (14,0 µg/l), 1,1,1-trichloroéthane (5,7 µg/l), dichlorodifluorométhane (11,1 µg/l), trichlorométhane (chloroforme, 5,5 µg/l), ainsi que 1,1,2,2-tétrachloroéthane, 1,2-dichloroéthane, bromodichlorométhane, chlorométhane, cis-1,2-dichloroéthylène, dibromochlorométhane, dichlorométhane et trichlorofluorométhane.

Des traces de HHV ont été détectées dans un tiers environ des stations analysées. Au maximum, douze substances ont été détectées dans une même station (cf. tab. 14).

Tab. 14 > HHV: détections de 2004 à 2006

Evaluation selon les stations (concentration maximale pour chaque substance).

	2004	2005	2006
Nombre de stations analysées	337	426	431
Nombre de stations avec au moins une substance détectée	129	135	159
Part de stations avec au moins une substance détectée	38 %	32 %	37 %
Dont nombre de stations avec au moins une substance >1 µg/l	33	28	30
Part de stations avec au moins une substance >1 µg/l	10 %	7 %	7 %
Nombre maximal de substances détectées par station	11	11	12

La substance le plus fréquemment rencontrée a été le **tétrachloroéthylène**, détecté chaque année dans près d'un cinquième des stations analysées. On a par ailleurs souvent détecté d'autres substances: **trichloroéthylène** (16 % environ des stations analysées), **1,1,1-trichloroéthane** et **trichlorométhane** (ou chloroforme; ensemble dans 10 % environ des stations).

Parmi les 40 hydrocarbures halogénés volatils analysés, 25 substances ont été identifiées dans les eaux souterraines. Parmi elles figurent également des fréons ou chlorofluorocarbones (CFC), autrefois utilisés en grandes quantités comme réfrigérants et propulseurs, mais interdits depuis en raison de leur effet destructeur sur la couche d'ozone. Les autres substances sont des solvants ou des résidus de la dégradation d'autres HHV (comme le cis-1,2-dichloroéthylène).

Chiffres-clés 2004-2005-2006

Substances

Le chloroéthylène (ou chlorure de vinyle) a été détecté dans six stations au cours de la période d'observation, ses concentrations maximales demeurant toujours inférieures à l'exigence chiffrée de l'OEaux (1 µg/l). Dans trois stations, elles ont cependant dépassé la valeur de concentration, plus faible, fixée par l'OSites²⁴ pour les sites pollués (0,1 µg/l).

Tab. 15 > HHV: composés le plus souvent détectés en 2006

Les résultats détaillés de toutes les substances analysées figurent dans l'annexe A2.

Substance			Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques*		
	Type	LQ [µg/l]	n	≥ LQ	dont > 1 µg/l	% ≥ LQ	% > 1 µg/l	min. [µg/l]	médiane [µg/l]	max. [µg/l]
Programme standard										
1,1,1-trichloroéthane	HHV	0,01–0,17	431	39	5	9	1	0,01	0,11	4,30
1,1,2,2-tétrachloroéthane	HHV	0,02–0,2	401	1	1	0,2	0,2	1,40		1,40
1,1-dichloroéthane	HHV	0,02–0,5	401	2	0	0,5	0	0,08		0,20
1,2-dichloroéthane	HHV	0,01–0,2	401	2	0	0,5	0	0,05		0,20
1,2-dichloropropane	HHV	0,01–0,2	401	1	0	0,2	0	0,07		0,07
Bromodichlorométhane	HHV	0,01–0,2	431	4	0	0,9	0	0,12	0,24	0,53
Bromométhane	HHV	0,02–0,23	401	0	0	0	0			
Tribromométhane (bromoforme)	HHV	0,01–0,2	401	3	0	0,7	0	0,05		0,72
Chloroéthylène (chlorure de vinyle)	HHV	0,02–0,35	401	4	0	1	0	0,10	0,37	0,87
Chlorométhane	HHV	0,03–0,2	354	2	1	1	0,3	0,18		1,10
Trichlorométhane (chloroforme)	HHV	0,02–0,2	431	45	1	10	0,2	0,03	0,13	4,90
cis-1,2-dichloroéthylène	HHV	0,02–0,1	431	13	1	3	0,2	0,03	0,23	1,08
Dibromochlorométhane	HHV	0,01–0,2	401	5	1	1	0,2	0,02	0,10	1,04
Dibromométhane	HHV	0,01–0,2	401	0	0	0	0			
Dichlorodifluorométhane	HHV	0,01–0,3	431	8	4	2	0,9	0,01	1,09	11,10
Hexachlorobutadiène	HHV	0,03–0,22	401	1	0	0,2	0	0,30		0,30
Dichlorométhane	HHV	0,02–0,5	401	22	1	5	0,2	0,02	0,07	2,20
Tétrachloroéthylène	HHV	0,01–0,1	431	83	22	19	5	0,02	0,32	250,00
Tétrachlorométhane	HHV	0,01–0,5	431	6	0	1	0	0,02	0,05	0,30
Trichloroéthylène	HHV	0,01–0,1	431	71	3	16	0,7	0,04	0,29	3,21
Trichlorofluorométhane	HHV	0,01–0,15	431	17	1	4	0,2	0,01	0,11	5,78

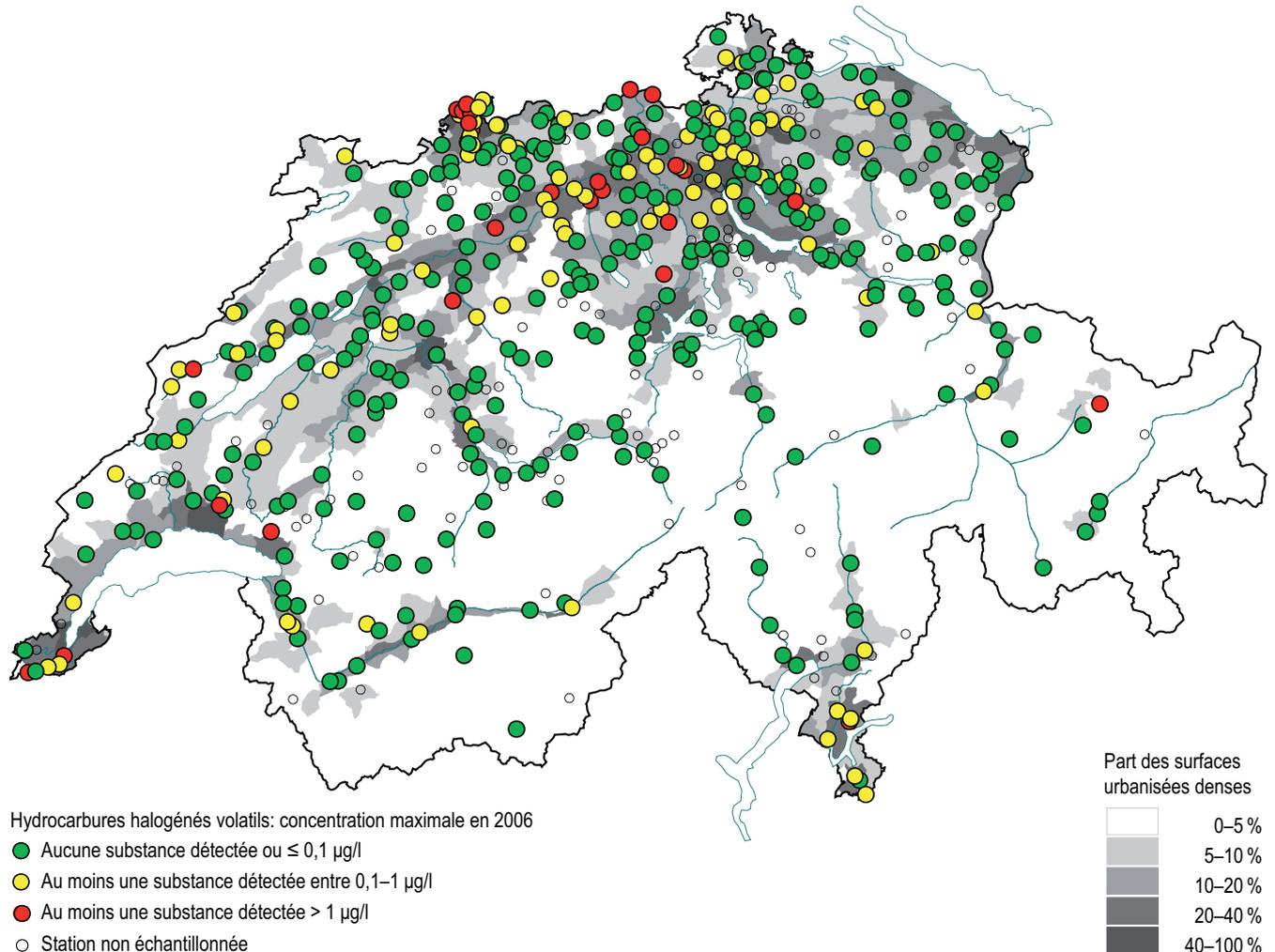
* Maximum de la station ≥ LQ; médiane si détections dans au moins quatre stations.

LQ = limite de quantification; n = nombre; exigence chiffrée OEaux: < 1 µg/l

²⁴ «Valeurs de concentration pour l'évaluation des atteintes portées aux eaux par les sites pollués» (annexe 1, OSites): chlorure de vinyle: < 0,1 µg/l.

Fig. 23 > HHV: concentrations en 2006 et densité d'urbanisation

*Valeur maximale de toutes les substances isolées. Le nombre de substances analysées par station peut varier.
Données cartographiques: Eurostat/GISCO 1992.*



Autres composés organiques volatils (COV)

En 2004 et en 2006, le **naphtalène** a été détecté à une occasion chacune de ces deux années. La concentration de $1,6 \mu\text{g/l}$ observée en 2006 correspond à 16 fois l'exigence chiffrée de l'OEaux.

On n'a pas détecté la présence d'hydrocarbures aliphatiques.

Evolution dans le temps

Dans l'ensemble, la proportion des stations où l'on a détecté des composés organiques volatils (COV) n'a guère changé pendant la période considérée. A la vérité, les principaux groupes d'hydrocarbures halogénés volatils (HHV) ne sont mesurés que depuis 2006 dans toutes les stations analysées.

La charge des hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) et des autres COV est dans l'ensemble si faible qu'aucune tendance ne se dégage. Ces substances n'apparaissent en général que sporadiquement. Sur les 36 stations où l'on a identifié la présence de toluène entre 2004 et 2006, seules sept ont enregistré un nombre de détections supérieur à un. Les autres substances détectées ont aussi été rarement rencontrées plus d'une fois dans la même station.

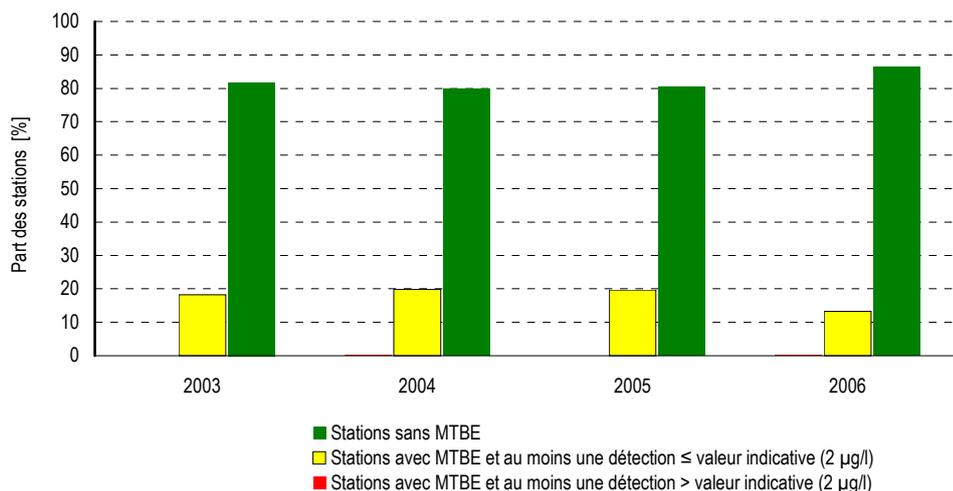
HAM: détections sporadiques

L'observation d'un ensemble de données comparables a révélé une diminution des stations où l'on a détecté du **MTBE**: leur proportion s'est située à 13 % en 2006, contre 20 % environ les années précédentes (cf. fig. 24). Pendant les quatre années d'observation, du MTBE a été identifié de manière récurrente ou régulière dans 60 % des stations où on l'a détecté et à une seule reprise dans 40 % d'entre elles.

MTBE: tendance à la baisse

Fig. 24 > MTBE: évolution des détections de 2003 à 2006

Ensemble de données comparables; n = 362.



En ce qui concerne les **hydrocarbures halogénés volatils (HHV)**, les données disponibles ne révèlent aucune évolution dans le temps. Cette remarque concerne aussi les stations pour lesquelles on dispose de séries chronologiques plus longues. Dans les stations touchées, les HHV sont souvent détectés régulièrement sur de longues périodes. Le tétrachloroéthylène, par exemple, a été identifié de manière récurrente ou régulière dans 80 % des stations touchées, et une fois seulement dans 20 %.

HHV: détections régulières

2.4.4 COV – interprétation

Généralités

L'exigence chiffrée de l'OEaux pour les composés organiques volatils COV (HAM, HHV et HAP) ou la valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (MTBE) ont été dépassées dans 6 à 8 % des stations analysées. Dans l'ensemble, des traces de COV ont été détectées dans une station analysée sur trois.

Plus l'utilisation d'une région est intensive (dans les zones urbanisées surtout), plus la présence de COV dans les eaux souterraines est fréquente, plus le nombre de substances rencontrées est grand et plus les valeurs maximales sont élevées.

Zones urbanisées

Les résultats des analyses de COV des années 2004 à 2006 montrent un élargissement du spectre des substances détectées par rapport aux analyses de 2002/2003 (44 substances contre 29). La différence s'explique en premier lieu par l'extension des programmes de mesure (augmentation du nombre de stations et des substances analysées par station), mais aussi par les progrès au niveau des méthodes d'analyse.

Extension des programmes de mesures

Hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM)

Entre 2004 et 2006, l'exigence chiffrée de l'OEaux (concentration maximale de HAM fixée à 1 µg/l) n'a été dépassée que dans de rares cas (2 à 6 stations par an), la plupart étant des sites pollués connus situés en zone urbaine.

Les HAM ont été détectés dans environ 4 à 8 % des stations analysées, en majorité à des concentrations relativement basses. Comme en 2002/2003, la substance la plus souvent identifiée est le toluène, largement utilisé comme solvant et comme composant des carburants.

Le nombre relativement petit de détections de HAM ne permet pas d'établir une statistique en fonction de l'utilisation du sol dans le bassin d'alimentation. Les détections de HAM se sont cependant révélées plus fréquentes et les concentrations maximales de chacune des substances analysées en moyenne deux fois plus élevées environ dans les bassins d'alimentation où le sol est principalement occupé par les zones urbanisées et les voies de communication, que dans les bassins dominés par d'autres types d'utilisation. Il est par contre frappant de constater que, outre les stations sises dans des zones urbanisées ou traversées par de grandes routes, on a aussi détecté des HAM dans quelques stations situées à la campagne ou même en montagne. En général, il s'agit toutefois de détections sporadiques, que l'on peut attribuer à des apports très locaux de petites quantités de solvant ou de carburant.

HAM: charges locales

MTBE et ETBE

A trois exceptions près, les concentrations de MTBE se sont situées nettement en dessous de la valeur indicative de 2 µg/l définie par les Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines et ne constituent de ce fait pas un gros problème pour la qualité de l'eau souterraine en Suisse. Entre 2004 et 2006, le MTBE s'est néanmoins classé parmi les trois substances le plus fréquemment détectées dans les régions de la catégorie «zones urbanisées et voies de communication». Cette présence fréquente n'a rien d'étonnant si l'on considère les grandes quantités de MTBE utilisées, sa mobilité et sa faible biodégradabilité.

Pas un gros problème pour la qualité de l'eau souterraine

C'est surtout dans les régions très urbanisées que du MTBE a été identifié dans les eaux souterraines. Les concentrations maximales mesurées dans les régions de la catégorie «zones urbanisées et voies de communication» sont cependant restées comparables à celles des autres utilisations principales du sol.

Du MTBE a été identifiée de manière récurrente ou régulière dans près de deux tiers des stations où il a été détecté. Il ne s'agit donc souvent pas de charges sporadiques, mais plutôt d'un bruit de fond engendré par les apports diffus dus aux précipitations. Des détectations isolées de concentrations élevées, suivies de courbes de restitution évidentes, témoignent néanmoins aussi d'une infiltration directe dans le sous-sol provoquée par la manipulation incorrecte d'essence. La fréquence d'échantillonnage (en général quatre prélèvements par an) n'est pas prévue pour identifier de telles pollutions ponctuelles et limitées dans le temps, ni pour enregistrer correctement les concentrations maximales.

Détectations régulières dans les zones urbanisées

L'évaluation d'un ensemble de données comparables indique que le nombre de stations où du MTBE a été détecté a diminué entre 2004 et 2006, passant d'environ 20 % à 13 %. Cette évolution réjouissante s'explique probablement par la substitution, qui s'est accrue ces dernières années, de l'ETBE au MTBE dans l'essence.

La présence de MTBE dans les eaux souterraines ne respecte cependant pas l'objectif écologique formulé par l'OEaux, selon lequel ces eaux doivent présenter une qualité proche de l'état naturel et ne pas contenir de substances de synthèse persistantes. L'observation de ce polluant dans les eaux souterraines sera donc poursuivie.

MTBE: indésirable dans les eaux souterraines

Dans les quelques stations où on l'a recherché, on n'a jusqu'ici pas détecté d'ETBE. Comme il remplace de plus en plus le MTBE dans l'essence, son utilisation va croissant. Dans l'environnement, son comportement est très similaire à celui du MTBE et on en a déjà régulièrement détecté dans les eaux superficielles, mais jusqu'ici en concentrations nettement inférieures à celles du MTBE. Puisqu'il convient dès lors de poursuivre son observation, l'ETBE a été inclus en 2007 dans le programme standard.

ETBE: non détecté jusqu'ici

Hydrocarbures halogénés volatils (HHV)

Parmi les composés organiques volatils (COV), les HHV constituent le groupe de produits le plus souvent détectés dans les eaux souterraines, les substances les plus fréquentes étant les deux hydrocarbures chlorés tétrachloroéthylène (Per) et trichloroéthylène (Tri) et celles identifiées un peu moins fréquemment le 1,1,1-trichloroéthane et le trichlorométhane (chloroforme).

Bien que la situation ne soit globalement pas alarmante, elle n'est pas satisfaisante: l'exigence chiffrée de 1 µg/l a été dépassée dans près de 10 % des stations analysées. Cette situation témoigne d'évidents problèmes de qualité, qui peuvent exiger, selon l'usage auquel est destinée l'eau souterraine, des investigations et des mesures d'assainissement conformément à l'art. 47 OEaux. Des HHV ont par ailleurs été détectés à des concentrations inférieures à l'exigence chiffrée de l'OEaux (1 µg/l) dans près de 30 % des stations analysées.

La situation n'est pas alarmante, mais reste insatisfaisante

De tous les COV présents dans les eaux souterraines, ce sont les HHV qui sont les plus fortement corrélés avec la densité d'urbanisation du bassin d'alimentation: l'exigence chiffrée de l'OEaux a été dépassée dans 20 % environ des stations et des traces de HHV ont été détectées dans 45 % des stations lorsque l'utilisation principale du sol appartient à la catégorie «zones urbanisées et voies de communication». Dans ces régions, les concentrations maximales de HHV sont à peu près deux fois supérieures (0,4 à 0,5 µg/l) à celles mesurées pour les autres utilisations principales du sol (0,2 µg/l).

Hydrocarbures halogénés volatils corrélés avec la densité d'urbanisation

Les hydrocarbures halogénés volatils (HHV) ont été détectés à plusieurs reprises, voire régulièrement, dans plus de deux tiers des stations où l'on en a trouvé. Le pourcentage des détections régulières pourrait cependant se révéler plus élevé encore, car ce groupe de substances n'est analysé dans toutes les stations du programme standard que depuis 2006. Cette présence fréquente n'est pas étonnante au vu des grandes quantités de HHV utilisées par le passé et de leur persistance dans l'environnement. Dans de nombreux cas, un site pollué pourrait d'ailleurs fort bien être à l'origine de la charge mesurée. Les données disponibles ne permettent toutefois pas de déterminer si les pollutions rencontrées sont d'origine ancienne ou récente.

Sites pollués

2.5 Médicaments

2.5.1 Introduction

Que ce soit pour soigner les êtres humains ou les animaux, on recourt aujourd'hui à une multitude de principes actifs pharmaceutiques. En médecine humaine par exemple, quelque 3000 substances actives différentes sont appliquées en Suisse, moins de 50 d'entre elles représentant 95 % environ des ventes (Alder et al. 2006).

Les résidus de ces substances ou des substances non entièrement dégradées peuvent emprunter diverses voies pour parvenir dans l'environnement et, le cas échéant, atteindre les eaux souterraines: le purin constitue la voie préférentielle pour les produits vétérinaires; les médicaments humains sont, quant à eux, transportés avec les eaux usées jusqu'aux stations d'épuration, d'où ils rejoignent, selon leur biodégradabilité, les eaux superficielles et arrivent éventuellement par infiltration jusque dans les eaux souterraines. Des fuites au niveau des canalisations d'eaux usées permettent en outre à ces substances d'atteindre directement les nappes souterraines.

Voies d'apport

Après les premières détections de résidus pharmaceutiques dans les eaux superficielles et souterraines, des études pilotes ont été menées afin de déterminer les concentrations, la fréquence d'apparition et le type des substances présentes dans les eaux souterraines suisses.

2.5.2 Médicaments – analyses réalisées

La première étude pilote a porté sur 77 principes actifs pharmaceutiques et leurs résidus dans 47 stations de mesure, les limites de quantification variant entre 10 et 20 ng/l selon les produits (1 ng/l = 0,001 µg/l). La seconde étude a été ciblée sur la présence des antibiotiques de la famille des sulfonamides dans 100 stations, avec une limite de quantification comprise entre 3 et 10 ng/l.

Etude pilote menée dans une sélection de stations

Pour effectuer les analyses, on a sélectionné en priorité les stations où l'on pensait trouver les substances en question: stations subissant éventuellement ou à coup sûr l'influence d'eaux usées (détection d'indicateurs des eaux usées comme l'EDTA, p. ex.; cf. chapitre 2.6) dans le cas des médicaments humains; stations situées dans des régions d'élevage intensif de porcs dans le cas des produits vétérinaires. Entre fin 2004 et fin 2005, on a en principe opéré deux prélèvements dans les diverses stations. Nous résumons brièvement ci-après les principales conclusions de cette étude dont les résultats ont été publiés en 2007 (Hanke et al. 2007).

2.5.3 Médicaments – résultats

Relevé de la situation

Sur les 84 principes actifs et résidus analysés, 10 ont été détectés dans les eaux souterraines. Plus de la moitié appartiennent au groupe des antibiotiques (énoxacine, norfloxacine, sulfaméthazine, sulfaméthoxazole, sulfadiazine et sulfathiazole). Vient ensuite deux produits contrastants utilisés en radiologie (acide amidotrizoïque et iopamidol), l'antiépileptique carbamazépine et l'acide clofibrrique, résidu actif d'un hypolipémiant. Le tableau 16 fournit une vue d'ensemble des substances détectées et l'annexe A2 contient les valeurs détaillées de toutes les substances analysées.

Antibiotiques détectés
le plus souvent

Des résidus de médicaments ont été identifiés dans un quart environ des stations analysées. L'antibiotique humain **sulfaméthoxazole** a été détecté dans presque une station sur cinq, la concentration maximale atteignant 48 ng/l et la moyenne la plus élevée 29 ng/l. Les antibiotiques énoxacine et norfloxacine, également utilisés en santé humaine, n'ont été détectés que ponctuellement.

Tab. 16 > Médicaments: substances détectées dans le cadre des études pilotes – 2005

Pour le calcul de la moyenne, les valeurs inférieures à la limite de quantification ont été arrondies à cette limite.

Substance	Utilisation	LQ [ng/l]	Nombre de stations			Concentration maximale [ng/l]	Moyenne maximale par station [ng/l]	Remarque
			échantillonnées	> LQ	> 100 ng/l			
Antibiotiques								
Sulfaméthoxazole	h	5–10	100	18		48	29	
Enoxacine		20	47	4		80	50	détections isolées
Norfloxacine		20	47	2		37	29	détections isolées
Sulfadiazine	h, v	5–10	100	1		7	6	une détection
Sulfaméthazine	v	5–10	100	4	1	102	54	
Sulfathiazole		5	75	1		18	12	une détection
Contrastants radiologiques								
Acide amidotrizoïque	h	10	47	13		92	51	
Iopamidol		10	47	8	1	130	90	
Antiépileptique								
Carbamazépine	h	10	47	9		45	40	
Hypolipémiant								
Acide clofibrrique	h	10	47	1		41	26	une détection

Utilisation: h = médecine humaine; v = médecine vétérinaire. LQ = limite de quantification

L'antiépileptique **carbamazépine** a été détecté dans 9 des 47 stations analysées, les concentrations atteignant jusqu'à 45 ng/l et se situant à des niveaux très proches dans les deux échantillons analysés (moyenne maximale par station: 40 ng/l).

Pour ce qui est des produits contrastants iodés utilisés en radiologie, l'**acide amidotrizoïque** a été détecté dans 13 des 47 stations analysées et sa concentration maximale a atteint 92 ng/l. L'**iopamidol** a été identifié dans 8 des 47 stations analysées, sa concentration atteignant au plus 130 ng/l (moyenne maximale par station: 90 ng/l).

Parmi les médicaments vétérinaires, l'antibiotique sulfaméthazine a été identifié dans 7 des 100 stations analysées. Les valeurs mesurées dans trois des sept stations concernées étaient inférieures à la limite de quantification (5 ng/l). Dans trois des quatre stations restantes, les concentrations maximales se sont situées entre 6 et 11 ng/l. Enfin, dans une seule station sur les sept la concentration a atteint un pic unique de 102 ng/l, à mettre peut-être sur le compte d'un apport ponctuel. Dans le même échantillon «exceptionnel», on a aussi identifié la présence des antibiotiques sulfathiazole et sulfadiazine, de la famille des sulfonamides, qui n'ont été détectés qu'une seule fois au cours de l'étude. Le sulfathiazole est également utilisé en médecine vétérinaire, tandis que la sulfadiazine pourrait aussi provenir de la médecine humaine.

Evolution dans le temps

Les études pilotes présentées ici constituant le premier relevé des concentrations de médicaments dans les eaux souterraines, il est impossible de dégager une évolution dans le temps.

2.5.4 Médicaments – interprétation

Les détections relativement fréquentes de sulfaméthoxazole et de carbamazépine, ainsi que des produits contrastants utilisés en radiologie (acide amidotrizoïque et iopamidol), correspondent aux constats d'autres investigations. On sait par exemple que même les stations d'épuration ne parviennent guère à éliminer la carbamazépine et que l'on en mesure ainsi des concentrations avoisinant 1 µg/l (1000 ng/l) dans les effluents de STEP. Dans le Rhin, à la hauteur de Bâle, les concentrations de cet antiépileptique ont atteint jusqu'à 257 ng/l (Hollender et al. 2007). Leur persistance et leur mobilité font de ces substances d'excellents indicateurs de la présence d'eaux usées ménagères (cf. chapitre 2.6).

Les médicaments de la pharmacopée humaine sont souvent présents dans les stations de mesure où les eaux souterraines subissent l'influence de cours d'eau chargés en eaux usées. Leurs concentrations peuvent y être analogues à celles des eaux superficielles, comme l'a montré une étude réalisée dans la vallée de la Limmat (AWEL 2005). Dans ce genre de situation, seul un abaissement des concentrations dans les eaux superficielles est à même d'améliorer la qualité des eaux souterraines. Voilà pourquoi l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) élabore actuellement une stratégie visant à réduire efficacement l'apport de micropolluants, tels les médicaments, dans

Elimination insuffisante dans les stations d'épuration

Médicaments humains: nombreuses détections dans les stations influencées par des eaux superficielles chargées en eaux usées

les eaux (Schärer et al. 2007; www.environnement-suisse.ch/micropolluants). Dans le cas des médicaments, sa mise en œuvre passera peut-être par une optimisation des stations communales d'épuration.

Les médicaments vétérinaires ne sont que très peu présents dans les eaux souterraines: on n'a pu les identifier que dans quatre stations. Il semblerait que le sol retienne ou dégrade très fortement ces substances, de sorte qu'elles ne parviennent qu'exceptionnellement en quantité mesurable dans les eaux souterraines. Une étude sur le comportement des antibiotiques vétérinaires dans l'environnement a montré qu'un jour seulement après l'épandage de purin, il ne restait dans l'eau du sol que 10% de la quantité extractible, le reste ayant été transformé ou adsorbé par les particules du sol (Stoob et al. 2005).

Aucune exigence chiffrée n'a encore été définie pour les médicaments dans les eaux souterraines. L'annexe 1 de l'OEaux s'applique toutefois aussi à ces substances, puisqu'elle stipule que l'eau souterraine ne doit pas contenir de substances de synthèse persistantes. Bien que les connaissances actuelles permettent d'exclure que les médicaments détectés à l'état de traces puissent porter atteinte à la santé humaine (AWEL 2005, Hanke et al. 2007), leur présence n'en est pas moins indésirable dans les eaux souterraines, qui sont notre principale ressource en eau potable.

L'observation des substances rencontrées le plus souvent (sulfaméthoxazole, carbamazépine et acide amidotrizoïque) se poursuivra dans le cadre du module TREND, afin de fournir des données de base qui permettront ensuite d'apprécier leurs variations temporelles et leur évolution sur le long terme.

Médicaments vétérinaires retenus dans le sol

Pas d'exigence chiffrée

Poursuite des travaux d'observation

2.6 Agents complexants et indicateurs d'eaux usées

2.6.1 Introduction

Les agents complexants **EDTA** (acide éthylènediaminetétracétique) et **NTA** (acide nitrilotriacétique) sont des produits chimiques organiques de synthèse, qui ne se trouvent donc pas à l'état naturel dans l'environnement. Ils forment des complexes stables et très solubles avec des cations métalliques multivalents, tel le calcium. Leurs domaines d'utilisation sont multiples: le NTA est par exemple utilisé comme adoucisseur d'eau dans les lessives et l'EDTA est employé dans les lessives et les produits de nettoyage, dans l'agrochimie et la conservation des aliments (E385 Ca-EDTA, p. ex.). Les eaux usées industrielles et ménagères²⁵ transportent les complexants vers les stations d'épuration, où l'EDTA se dégrade particulièrement mal (LUA Nordrhein-Westfalen 2003). Emportées dans les eaux usées traitées, ces substances peuvent ensuite parvenir dans les eaux superficielles et, de là, atteindre les eaux souterraines par infiltration.

EDTA et NTA:
domaines d'utilisation,
voies d'apport

A la station d'observation du Rhin à Weil am Rhein, la charge annuelle a atteint 45,3 t pour l'EDTA et 20,7 t pour le NTA en 2006 (AUE Basel-Stadt 2007)²⁶.

Les Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines prévoient une valeur indicative de 5 µg/l pour l'EDTA et de 3 µg/l pour le NTA. Pour tous deux, l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants (OSEC) fixe la valeur limite à 200 µg/l dans les eaux potables.

Contraintes légales

Les **cyanures** sont les sels de l'acide prussique (HCN). Les cyanures alcalins et alcalinoterreux sont extrêmement toxiques et très solubles dans l'eau. A pH neutre ou basique, c'est l'anion cyanure mobile qui prédomine. Passant pour se dégrader facilement dans le sol en présence d'oxygène, cet anion est un bon complexant qui forme des complexes relativement stables. Parmi eux figure l'hexacyanoferrate de fer (bleu de Prusse), bien connu, qui se formait autrefois en grande quantité lors de l'épuration des fumées brutes des usines à gaz. Les complexes cyanurés sont en outre utilisés comme additifs alimentaires. Les entreprises de galvanisation ou les décharges de déchets constituent aussi des sources potentielles d'émissions. La valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines est fixée à 25 µg/l CN⁻.

Cyanures:
domaines d'utilisation,
voies d'apport

Le **bore** est très soluble dans l'eau sous forme d'acide borique. Il est mobile dans l'eau souterraine et on s'en sert souvent pour révéler l'influence anthropique. Le bore détecté dans les eaux subissant cette influence provient en majeure partie des lessives (en particulier du perborate de sodium; Voigt et Wippermann 1998) et est transporté avec les eaux usées. Cet élément est par ailleurs utilisé dans l'industrie du verre et de la céramique, de même que dans les herbicides et les engrais. De fortes concentrations de

Bore:
domaines d'utilisation,
voies d'apport

²⁵ Dans le Bade-Wurtemberg, l'utilisation industrielle s'est révélée être la principale source des apports d'EDTA dans l'environnement. Les émissions des ménages ne jouent par contre qu'un rôle secondaire (LfU Baden-Württemberg 2005)

²⁶ A titre de comparaison, la charge annuelle de caféine avoisine 2,9 t et celle de carbamazépine 1,2 t (AUE Basel-Stadt 2007).

bore dans les eaux souterraines peuvent également refléter l'infiltration de lixiviats de décharge dans le sous-sol.

Le bore est toutefois aussi un composant naturel de nombreuses roches et minéraux (tourmaline, mica et amphibole, p. ex.). Les concentrations de bore dans les eaux souterraines dépendent donc aussi de la géologie et de l'hydrogéologie. Dans les eaux souterraines récentes et sans influence anthropique qui circulent dans des roches cristallines et carbonatées, ainsi que dans la molasse et le flysch, les concentrations demeurent en général inférieures à 35 µg/l (Kilchmann 2001)²⁷.

La valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines est fixée à 50 µg/l (0,05 mg/l) au-dessus de l'état naturel.

Sources naturelles et anthropiques

2.6.2 Agents complexants et indicateurs d'eaux usées – analyses réalisées

Le bore, les cyanures, l'EDTA et le NTA ont été mesurés uniquement dans les 50 stations du module TREND.

Le bore a en général été analysé quatre fois par an dans chaque station.

Les cyanures n'ont été mesurés que jusqu'au début de 2005, entre une et cinq fois l'an en fonction des caractéristiques des stations.

L'EDTA et le NTA ont en principe été mesurés entre une et quatre fois l'an selon les caractéristiques des stations.

2.6.3 Agents complexants et indicateurs d'eaux usées – résultats

Relevé de la situation

L'**EDTA** a été détecté dans 19 des 50 stations analysées (soit 38 %), sa concentration maximale atteignant 1,6 µg/l (limite de quantification [LQ]: 0,1 à 0,5 µg/l). Des valeurs supérieures à 1 µg/l ont parfois été mesurées dans cinq stations et la moyenne maximale par station avoisine 0,9 µg/l (cf. fig. 25). Toutes les valeurs sont inférieures à la valeur indicative des *Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines* (5 µg/l).

EDTA souvent détecté

L'EDTA apparaît comme un bon indicateur des médicaments qui sont principalement transportés par les eaux usées ménagères (cf. chapitre 2.5): dans 10 des 14 stations analysées, au moins un principe actif pharmaceutique a été détecté en marge de l'EDTA.

Le **NTA** n'a été détecté dans aucune des 50 stations analysées. La limite de quantification, identique à celle de l'EDTA, se situe entre 0,1 et 0,5 µg/l.

NTA non détecté

Les **cyanures** (anion CN⁻) n'ont été détectés dans aucune des stations analysées en 2004 (LQ = 10 µg/l). Ils n'ont donc plus été recherchés dès 2005.

Cyanures non détectés

²⁷ Parmi ces aquifères, ce sont les eaux souterraines issues de roches cristallines qui présentent les concentrations les plus élevées: > 32 µg/l dans un quart des stations. Les eaux souterraines fortement minéralisées par contact avec des évaporites peuvent même présenter un bruit de fond géochimique plus élevé: > 40 µg/l dans un quart des stations (Kilchmann 2001). Dans les eaux thermales, on mesure parfois des concentrations nettement plus fortes encore: à Baden (AG), elles avoisinent 3 mg/l (Biehler et al. 1993).

De 2004 à 2006, du **bore** a été détecté dans 49 des 50 stations analysées (LQ = 2 µg/l), la concentration maximale atteignant 111 µg/l et la moyenne maximale par station 83 µg/l (cf. fig. 25 et 26). Les concentrations les plus fortes ont été mesurées dans les stations où l'utilisation principale du sol appartient à la catégorie «zones urbanisées et voies de communication» (médiane = 47 µg/l; cf. fig. 26).

Bore: concentrations les plus fortes dans les zones urbanisées

Fig. 25 > Bore et d'EDTA: concentrations de 2004 à 2006

Moyenne par station dans 50 stations TREND. Pour ce diagramme, les valeurs inférieures à la limite de quantification ont été arrondies à cette limite (bore: 2 µg/l; EDTA: 0,1 ou 0,5 µg/l).

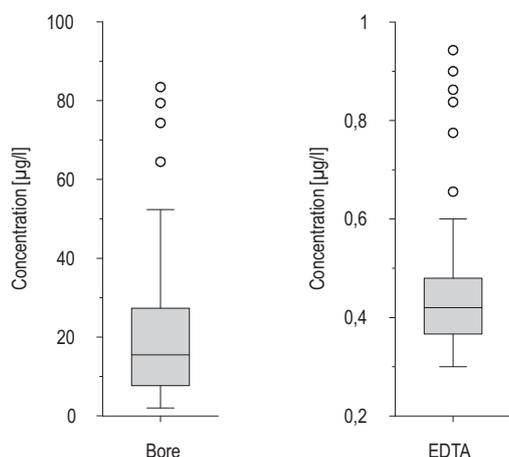
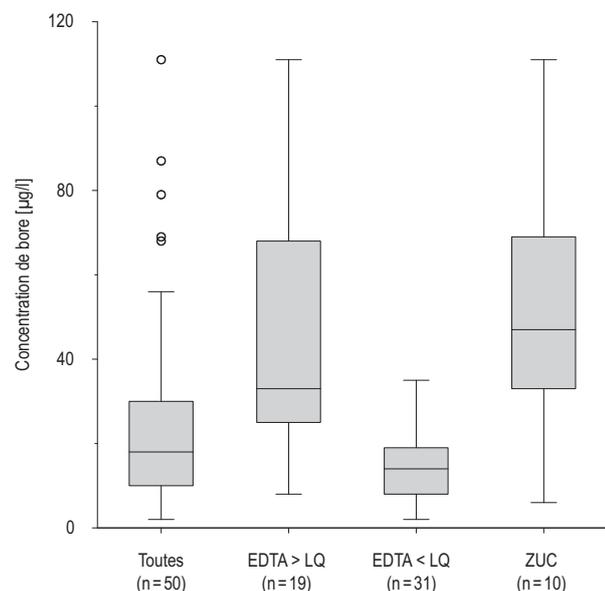


Fig. 26 > Bore: concentrations de 2004 à 2006 dans toutes les stations analysées, dans les stations avec et sans détections d'EDTA et dans les stations au bassin d'alimentation dominé par les zones urbanisées et les voies de communication (ZUC)

Valeur maximale par station. Pour les besoins du diagramme, on a attribué la limite de quantification aux stations sans détection de bore. n = nombre de stations.



Une comparaison avec d'autres substances transportées par les eaux usées permet d'estimer dans quel cas la présence de bore est d'origine géogène, autrement dit à partir de quand on peut supposer qu'elle est due à une source anthropique. Dans les 31 stations sans détection d'EDTA, la concentration maximale de bore se situe à 35 µg/l (cf. fig. 26). Selon les valeurs mentionnées en introduction, de telles concentrations sont sans doute d'origine géogène. Dans toutes les stations où la concentration de bore dépasse 35 µg/l, la présence de médicaments, outre celle d'EDTA, confirme dans sept cas sur neuf l'influence des eaux usées²⁸.

Origines avant tout anthropiques

Une partie au moins du bore serait dès lors d'origine anthropique dans neuf stations au minimum. La valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines pour le bore a été dépassée, temporairement en tout cas, dans deux stations au minimum²⁹.

Evolution dans le temps

Les données recueillies ne permettent pas de mettre en évidence une évolution dans le temps.

2.6.4 Agents complexants et indicateurs d'eaux usées – interprétation

Détecté dans 38 % des stations du module TREND³⁰, à des concentrations dépassant parfois 1 µg/l, l'EDTA compte parmi les produits chimiques organiques de synthèse que l'on rencontre le plus souvent et en concentrations les plus élevées dans les eaux souterraines suisses. Or la présence de telles substances de synthèse persistantes y est en principe indésirable.

EDTA:
indésirable dans les eaux
souterraines

Les résultats prouvent par ailleurs que de nombreux aquifères suisses interagissent étroitement avec les eaux superficielles: nombre de substances sont insuffisamment retenues par l'effet filtrant des berges ou insuffisamment dégradées avant d'atteindre les stations de pompage, souvent installées près des cours d'eau. De ce fait, des polluants provenant des eaux usées traitées et présents dans les eaux superficielles peuvent détériorer la qualité des eaux souterraines (cf. chapitre 2.5). Le bore et l'EDTA sont donc de bons indicateurs de la présence d'eaux usées dans l'eau souterraine. Au vu de ces résultats, il apparaît judicieux de vérifier régulièrement que l'eau brute des captages d'eau potable sis à proximité de cours d'eau ne contient pas de polluants issus des eaux usées.

Bore et EDTA:
indicateurs de polluants issus
des eaux usées traitées

²⁸ On n'avait pas encore recherché la présence de médicaments dans une station qui atteignait ce niveau de concentration.

²⁹ Concentrations dépassant la concentration naturelle géogène maximale de 35 µg/l plus 50 µg/l.

³⁰ Le module TREND n'a pas pour objectif de fournir des statistiques pour l'ensemble du territoire. A titre de comparaison, l'EDTA a été détecté en 2004 dans 24 % des stations dans le Bade-Wurtemberg (LfU Baden-Württemberg 2005) et dans 30 % des stations en 2003 dans le canton de Zurich (LQ 1 µg/l; AWEL 2006).

2.7 Chlorures, sulfates et paramètres hydrochimiques de base

2.7.1 Chlorures

Relevé de la situation

Dans les eaux souterraines sans influence anthropique, les concentrations de chlorures devraient se situer à quelques milligrammes par litre (mg/l). Ces substances proviennent surtout de l'érosion des roches et des minéraux contenant du chlore, mais sont aussi (en faibles quantités toutefois) apportées par les précipitations. Des concentrations accrues apparaissent localement, lorsque l'eau souterraine entre en contact avec des évaporites.

Sources naturelles et anthropiques

Les chlorures entrent dans la composition de nombreux produits utilisés quotidiennement et en grandes quantités, tels les sels de cuisine et de déneigement, les engrais et les sels régénérants anticalcaires (employés dans les ménages [machine à laver la vaisselle, p. ex.] et dans l'industrie). On observe des concentrations élevées de chlorures dans les eaux usées et les lixiviats de décharge. Dans l'eau souterraine, le chlorure est un anion conservatif, c'est-à-dire qu'une fois dissous dans l'eau il y reste sans être éliminé par des réactions chimiques. En l'absence de sources naturelles significatives, les chlorures constituent ainsi un bon indicateur de l'influence anthropique, même s'ils ne peuvent pas désigner une source spécifique.

Indicateur d'influence anthropique

La présence de chlorures est en général déterminée quatre fois par an dans les 50 stations du module TREND.

Stations analysées et fréquence d'échantillonnage

Dans toutes les stations, les concentrations de chlorures ont dépassé la limite de quantification (0,1 mg/l). De 2004 à 2006, leur moyenne a atteint ou dépassé 10 mg/l dans la moitié des stations (cf. fig. 27). La valeur la plus élevée, proche de 47 mg/l, a été enregistrée dans une station située dans une grande ville. Dans ce cas, l'exigence chiffrée de l'OEaux (40 mg/l)³¹ a donc été dépassée et une telle concentration ne peut pas être d'origine naturelle.

L'influence anthropique sur les concentrations de chlorures apparaît de manière flagrante lorsque l'on considère l'utilisation du sol dans le bassin d'alimentation (cf. fig. 27). Dans les zones principalement occupées par des zones urbanisées et des voies de communication, la médiane des moyennes des stations dépasse ainsi de plus d'un ordre de grandeur celle des stations sises dans des régions comptant surtout des surfaces boisées et improductives. La comparaison avec la présence d'EDTA (indicateur d'eaux usées) prouve aussi que l'influence anthropique intervient dans de nombreux cas. La médiane des stations avec détections d'EDTA se situe à 20 mg/l, contre 7 mg/l pour les stations sans détection.

Utilisation du sol

³¹ L'exigence chiffrée de l'OEaux, fixée à 40 mg/l, s'applique sous réserve de «conditions naturelles particulières».

Evolution dans le temps

De 2003 à 2006, les concentrations de chlorures se sont accrues: en 2006, on a enregistré des concentrations moyennes inférieures ou égales à 8,1 mg/l en 2003, alors qu'elles étaient inférieures ou égales à 9,9 mg/l en 2006 (cf. fig. 28). Cette année-là, les concentrations mesurées se sont révélées supérieures à celles de 2003 dans 34 des 38 stations, la différence dépassant 10 mg/l dans deux stations (cf. fig. 29). Parmi les stations où l'accroissement est supérieur à 2 mg/l, 12 sur 15 se situent dans une région où l'utilisation principale du sol appartient à la catégorie «zones urbanisées et voies de communication» ou subissent l'influence d'eaux superficielles ou d'eaux usées. L'augmentation observée s'expliquerait donc par les quantités relativement grandes de sel de déneigement utilisé au cours des hivers 2004/2005 et 2005/2006, qui ont été marqués par de fortes chutes de neige sur le versant nord des Alpes. Selon les Salines suisses du Rhin, qui approvisionnent tout le pays, à l'exception du canton de Vaud, la quantité totale de sel de déneigement vendu au cours des trois hivers 2003 à 2006 a atteint le double de celle livrée pendant les trois hivers 2000 à 2003. Durant l'hiver 2005/2006 par exemple, les services de voirie ont épandu quatre fois plus de sel de déneigement que pendant la saison froide 2000/2001.

Tendance à la hausse

La hausse des concentrations pourrait aussi avoir été causée par les déficits de précipitations observés en 2003 et en 2005 dans une grande partie de la Suisse (cf. chapitre 2.1).

Les données fournies par certains cantons illustrent une évolution similaire des concentrations de chlorures.

Interprétation

Les concentrations de chlorures rencontrées ne posent aucun problème. Pouvant être mesurés aisément et à peu de frais, les chlorures témoignent de manière exemplaire de l'influence que les activités humaines exercent souvent sur la qualité des eaux souterraines.

Pas de problème

Fig. 27 > Chlorures: concentrations de 2004 à 2006 en fonction de l'utilisation principale du sol

Moyenne de chacune des 50 stations TREND. ZUC: zones urbanisées et voies de communication; GdC: grandes cultures; Fo et RI: forêt et régions improductives. n = nombre de stations.

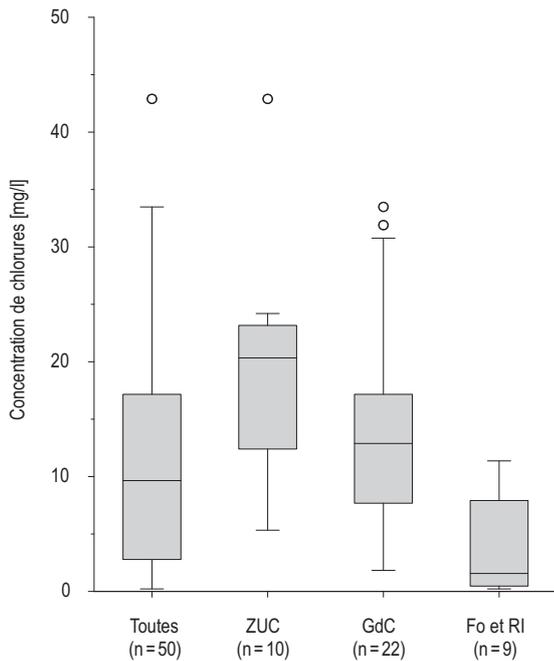


Fig. 28 > Chlorures: évolution des concentrations de 2001 à 2006

Moyenne par station. Le diagramme se fonde sur les relevés de 38 stations où l'on opère au moins quatre prélèvements par an.

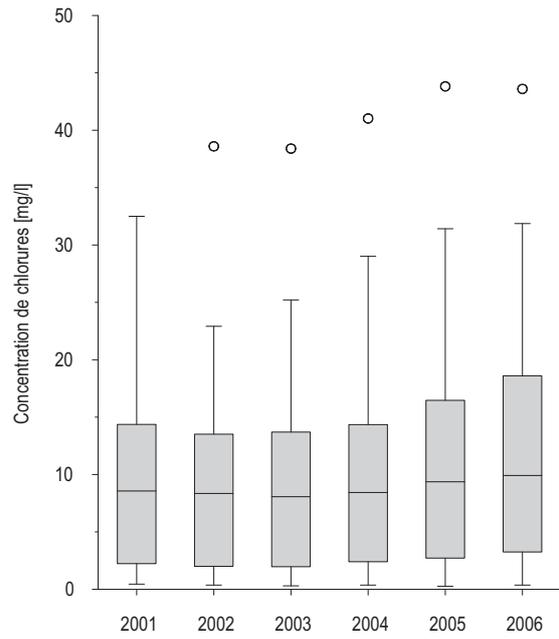
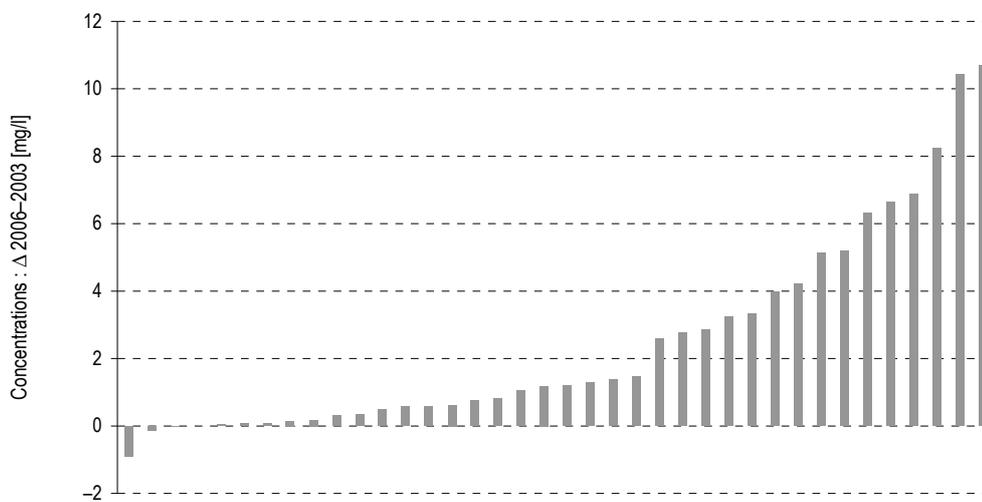


Fig. 29 > Chlorures: variation des concentrations entre 2003 et 2006

Valeurs de 38 stations. Calcul basé sur les moyennes par station, les valeurs positives indiquant une augmentation.



2.7.2 Sulfates

Les sulfates présents dans les eaux souterraines proviennent de la dissolution de minéraux sulfatés (gypse et anhydrite) ou de l'altération de minéraux sulfurés. Ils peuvent cependant aussi y être transportés par les activités humaines: application d'engrais sulfatés, eaux usées et lixiviat de décharges, par exemple.

Sources naturelles
et anthropiques

Les sulfates ont en général été déterminés quatre fois par an dans les 50 stations du module TREND.

Stations analysées
et fréquence d'échantillonnage

Les concentrations de sulfates dépassent la limite de quantification (1 mg/l) dans toutes les stations. La figure 30 présente la répartition de leurs concentrations moyennes et maximales de 2004 à 2006. La médiane des moyennes par station se situe à 21 mg/l. La valeur la plus élevée de 132 mg/l a été mesurée dans une source du Muschelkalk et peut s'expliquer par la dissolution de minéraux sulfatés.

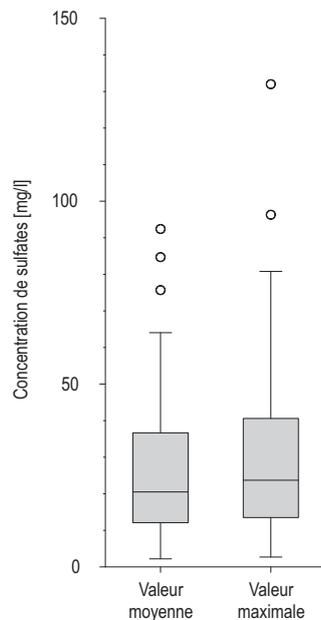
De 2004 à 2006, des teneurs supérieures à 40 mg/l ont été mesurées dans 13 stations au total. Dans quatre stations, ces valeurs accrues résultent d'une influence anthropique et constituent dès lors un dépassement de l'exigence chiffrée de l'OEaux et de la valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines, fixées toutes deux à 40 mg/l³². Il s'agit en l'occurrence de deux stations situées dans de grandes agglomérations, d'une station dont une part significative du bassin d'alimentation est occupée par des zones urbanisées et d'une station en zone agricole dont les eaux souterraines sont en interaction avec un cours d'eau qui sert de milieu récepteur à l'effluent d'une station d'épuration. Dans six autres stations, les valeurs élevées enregistrées peuvent être mises sur le compte de sources naturelles, et une influence aussi bien géogène qu'anthropique s'avère plausible dans les trois cas restants.

Origine géogène ou anthropique
des valeurs dépassant la valeur
indicative

Les concentrations de sulfates ne présentent pas de changements significatifs par rapport aux années précédentes (cf. OFEFP et OFEG 2004)

Pas de tendance évolutive

³² L'exigence chiffrée de l'OEaux, fixée à 40 mg/l, s'applique sous réserve de «conditions naturelles particulières».

Fig. 30 > Sulfates: concentrations de 2004 à 2006*Valeurs moyenne et maximale des 50 stations TREND.*

2.7.3 Paramètres hydrochimiques de base

Outre les éléments et les composés décrits dans les divers chapitres du présent rapport, d'autres paramètres ont été mesurés dans le cadre de NAQUA. Il s'agit de grandeurs physicochimiques telles que la conductivité électrique et le pH, de paramètres globaux comme les AOX³³ et le COD³⁴, la dureté, ainsi que les concentrations d'oxygène (O₂), de sodium (Na), de potassium (K), de magnésium (Mg), de calcium (Ca) et de silicium (Si). Ces paramètres servent à mieux comprendre le système hydrologique, à resituer les résultats des analyses de polluants dans la situation hydrogéologique, à garantir la qualité des prélèvements ou à disposer de données actuelles sur les paramètres définis par les textes de loi (COD et AOX).

Les valeurs ou marges typiques de ces paramètres, fondées sur les moyennes par station, figurent dans l'annexe A2. Les paramètres en question ont déjà été évoqués en détail dans le rapport sur les eaux souterraines de 2004 (OFEFP et OFEG 2004).

Les paramètres de base servent à comprendre le système

³³ AOX: composés organiques halogénés adsorbables. Ce paramètre global inclut de nombreux hydrocarbures halogénés.

³⁴ COD: carbone organique dissous (*DOC* ou *dissolved organic carbon* en anglais).

2.8 Éléments traces (métaux lourds inclus)

2.8.1 Introduction

Les éléments traces traités dans ce chapitre comprennent les métaux lourds³⁵ chrome (Cr), nickel (Ni), cuivre (Cu), zinc (Zn), cobalt (Co), titane (Ti), mercure (Hg), plomb (Pb) et cadmium (Cd), le métal alcalin lithium (Li), les alcalinoterreux béryllium (Be), strontium (Sr) et baryum (Ba), les semi-métaux arsenic (As) et sélénium (Se), ainsi que l'halogène fluor (F).

Paramètres

Ces éléments parviennent d'une part dans les eaux souterraines par le biais de processus géogènes, tel l'arsenic libéré par l'érosion de minéraux sulfurés. D'autre part, nombre d'entre eux sont largement et couramment utilisés par l'homme, de sorte qu'ils pénètrent dans l'environnement et peuvent donc, le cas échéant, atteindre les eaux souterraines. Certains d'entre eux sont des éléments traces essentiels.

Sources naturelles
et anthropiques

2.8.2 Éléments traces – analyses réalisées

Les éléments traces ont fait l'objet d'analyses uniquement dans les 50 stations du module TREND.

Stations analysées

De 2004 à 2006, les éléments zinc, lithium, strontium, baryum et fluor ont été déterminés dans chaque station, en principe quatre fois l'an. Les analyses de zinc sont peu nombreuses dans certaines stations en raison des difficultés que pose parfois le prélèvement (cf. ci-dessous). Selon les caractéristiques des stations et des séries chronologiques déjà existantes, les métaux lourds (zinc excepté) ainsi que le béryllium, l'arsenic et le sélénium ont été analysés au moins une fois par an.

Fréquence des prélèvements

Les concentrations indiquées ci-après ont été mesurées dans des échantillons non filtrés et correspondent donc à la concentration totale de l'élément dans l'eau souterraine, que les substances soient dissoutes ou pas. En ce qui concerne les métaux lourds nickel, cuivre, zinc, mercure, plomb et cadmium, la valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines est définie pour des concentrations dissoutes. Une partie des éléments en présence étant adsorbés sur les particules des échantillons non filtrés, les résultats fournis peuvent être considérés comme représentatifs des concentrations maximales en fraction dissoute.

Concentration totale:
fractions dissoute et adsorbée

Dans le cas du chrome, on a déterminé la teneur totale et pas seulement celle de sa forme hexavalente (chrome VI), hautement toxique.

Chaque prélèvement d'eau souterraine vise à obtenir un échantillon aussi représentatif que possible des conditions régnant dans l'aquifère. Autrement dit, l'échantillonnage et

Méthode optimisée
d'échantillonnage

³⁵ Il n'existe pas de définition communément admise des métaux lourds. On classe parfois dans ce groupe les métaux dont la densité est supérieure à 5 g/cm³ (cf. Bliefert 1997, p. 369).

les installations de la station ne doivent pas fausser les concentrations des éléments analysés. Dans le cas des métaux lourds, le risque de contamination des échantillons réside dans les matériaux utilisés dans l'équipement des captages³⁶, par exemple au niveau des crépines, des pompes ou des tubages. On a ainsi renoncé à mesurer les concentrations de zinc dans trois stations connues pour leur source de contamination potentielle (telle la présence d'une crépine galvanisée à chaud). Une méthode d'échantillonnage spécialement conçue pour ces éléments prévient ce genre de problèmes.

2.8.3 Eléments traces – résultats

Relevé de la situation

Pour ce qui est des métaux lourds, ce sont surtout le zinc, le cuivre et le chrome qui ont été détectés de 2004 à 2006 (cf. fig. 31):

Métaux lourds:
zinc, cuivre et chrome détectés

- > Le zinc a été détecté dans 38 des 47 stations analysées, et régulièrement dans 23 d'entre elles³⁷ (limite de quantification: 1 µg/l). La concentration maximale a atteint 30 µg/l, mais la moyenne maximale par station seulement 6,3 µg/l. La valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines, fixée à 5 µg/l pour le zinc dissous, a été dépassée plus d'une fois dans trois stations pendant la période considérée. Toutes les concentrations sont toutefois restées nettement inférieures à la valeur de tolérance pour l'eau potable, que l'OSEC fixe à 5000 µg/l pour le zinc dissous.
- > Le cuivre a été détecté dans 23 des 50 stations analysées, et régulièrement dans huit d'entre elles (LQ: 1 µg/l). La concentration maximale a atteint 4,3 µg/l et la moyenne maximale par station 2,6 µg/l. La valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (2 µg/l) a été dépassée plusieurs fois dans cinq stations. Toutes les concentrations mesurées sont demeurées nettement inférieures à la valeur de tolérance pour l'eau potable, que l'OSEC fixe à 1500 µg/l pour le cuivre dissous.
- > Le chrome a été identifié dans 7 des 50 stations analysées, et régulièrement dans quatre d'entre elles (LQ: 1 µg/l). La concentration maximale a atteint 4,3 µg/l. La valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (2 µg/l) a été dépassée plus d'une fois dans deux stations, où la présence de chrome est d'origine géogène (sources issues de la molasse marine supérieure, cf. Kilchmann 2001). Toutes les valeurs se sont situées en dessous de la valeur limite de l'OSEC³⁸.
- > Le nickel et le titane n'ont été détectés que sporadiquement et dans quelques rares stations (LQ: 1 µg/l pour chacun). La concentration maximale a atteint 2,2 µg/l pour le nickel et 6,9 µg/l pour le titane.
- > Le cobalt (LQ: 1 µg/l), le mercure (0,5 µg/l), le plomb (1 µg/l) et le cadmium (0,2 µg/l) n'ont été identifiés dans aucun prélèvement.

³⁶ NAQUA ne possède pas ses propres stations, qui seraient spécialement équipées pour l'observation de la qualité des eaux souterraines.

³⁷ Plus de deux fois au cours de la période considérée ou détections dans les stations dotées d'une méthode spécifique de prélèvement.

³⁸ Valeur limite de l'OSEC: 0,02 mg/kg chrome(VI). Dans le cadre de NAQUA, on mesure la concentration totale de chrome.

Dans le cas des autres éléments traces, la situation de 2004 à 2006 se présente comme suit (cf. fig. 31 et 32):

- > Parmi les semi-métaux, l'arsenic a été détecté dans 12 stations, et régulièrement dans 10 d'entre elles (LQ: 0,5 µg/l). La concentration maximale a atteint 7,8 µg/l et la moyenne maximale d'une station 7,1 µg/l. La valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (5 µg/l) a été dépassée dans une station, où la présence d'arsenic est d'origine géogène (source issue de roches cristallines). Le sélénium n'a été détecté que sporadiquement et dans une seule station, la concentration maximale y atteignant 2,7 µg/l (LQ: 1 µg/l).
- > Le métal alcalin lithium a été mesuré dans 44 stations à des concentrations atteignant jusqu'à 11 µg/l.
- > Parmi les alcalinoterreux, le strontium a été détecté dans toutes les stations et sa concentration maximale a atteint 1100 µg/l, (LQ: 10 µg/l). Le baryum a été identifié dans 49 stations à des concentrations atteignant jusqu'à 200 µg/l. Le béryllium n'a pas été détecté (LQ: 1 µg/l).
- > Le fluor a été détecté dans toutes les stations et sa concentration maximale a atteint 440 µg/l.

Les figures 31 et 32 illustrent les moyennes des stations pour les substances les plus souvent détectées. Le tableau dans l'annexe A2 fournit les principales indications sur les concentrations mesurées, en se fondant sur les valeurs maximales des stations.

Fig. 31 > Cuivre, zinc, chrome, lithium et arsenic: concentrations

Moyenne par station de 2004 à 2006 (Li: de 2005 à 2006).
 Nombre de stations: zinc 47, autres 50. Les valeurs inférieures à la limite de quantification ont été arrondies à cette limite (arsenic: 0,5 µg/l, autres: 1 µg/l).

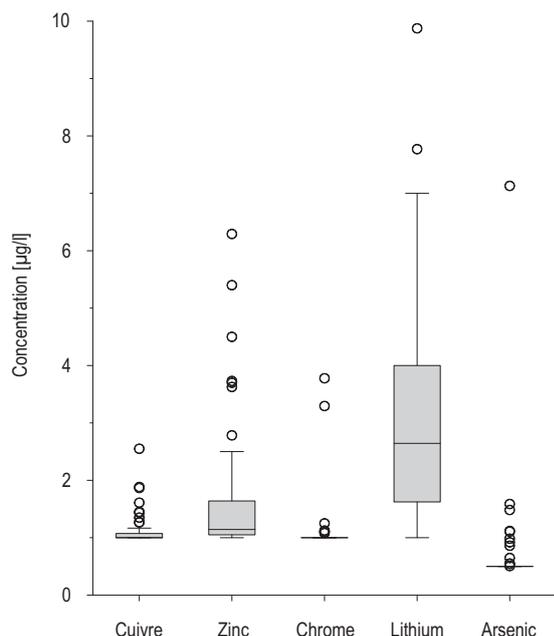
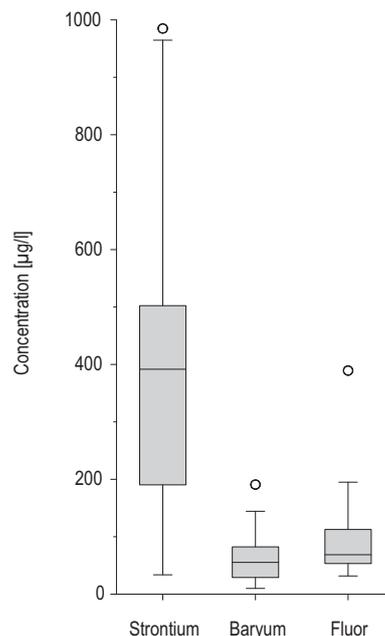


Fig. 32 > Strontium, baryum et fluor: concentrations de 2004 à 2006

Moyenne par station. Nombre de stations: 50. Les valeurs inférieures à la limite de quantification ont été arrondies à cette limite (10 µg/l pour les trois éléments).



Evolution dans le temps

Les données disponibles ne permettent pas de dégager une évolution dans le temps.

2.8.4 Eléments traces – interprétation

Pour les éléments traces recherchés, en particulier les métaux lourds, les données provenant des 50 stations du module TREND indiquent que les concentrations détectées dans les eaux souterraines en Suisse ne posent pas de problème. Ce constat concorde avec les résultats des relevés cantonaux, comme ceux réalisés dans le canton de Zurich (AWEL 2006). Dans des conditions géologiques particulières ou à proximité d'un site pollué, les concentrations peuvent cependant atteindre localement des valeurs plus élevées.

Métaux lourds: anomalies locales dues à la géologie ou à la proximité de sites pollués

Les informations sur les matériaux utilisés dans les stations s'avérant lacunaires, on peut supposer, malgré toutes les précautions prises lors de l'échantillonnage, que les concentrations dans l'aquifère s'avèrent parfois inférieures aux valeurs indiquées dans ce rapport (notamment en ce qui concerne le zinc et le cuivre).

Dans le cas des métaux lourds tels que le plomb et le cadmium, les faibles concentrations enregistrées dans les eaux souterraines s'expliquent en particulier par leur mobilité, souvent faible dans le sol et l'aquifère³⁹. Aujourd'hui encore, des métaux lourds peuvent parvenir, en quantités parfois importantes, dans l'environnement. (C'est le cas du cuivre qui provient des fongicides utilisés dans l'agriculture, de la corrosion des installations sanitaires et des toits et de l'abrasion des caténaires, et du cuivre qui provient des glissières de sécurité et d'autres éléments de construction galvanisés). Ces apports ont notamment été mis en évidence dans le cadre de l'observatoire national des sols (www.nabo.admin.ch) ou par des analyses des eaux de chaussées (OPED 2006).

Du point de vue de la protection des eaux souterraines, aucune intervention ne s'impose. L'emploi de certains éléments, de métaux lourds notamment, étant largement répandu, un suivi sera toutefois maintenu: un nombre limité de prélèvements dans quelques stations soigneusement sélectionnées devrait toutefois suffire pour identifier à temps un éventuel changement de la situation. On prévoit par ailleurs de déterminer la présence d'éléments traces potentiellement plus mobiles dans les eaux souterraines, tel l'antimoine.

Pas de nécessité d'agir

³⁹ En Suisse, les eaux souterraines possèdent en général un pH basique et sont influencées par la dissolution de la calcite.

2.9 Radionucléides

2.9.1 Introduction

De par leur nature, tous les minéraux contiennent des éléments radioactifs (radionucléides). Sous l'effet de processus géochimiques, ceux-ci tendent à s'accumuler dans certains types de sols ou de roches. Selon la concentration naturelle des radionucléides (et des produits de leur désintégration) dans l'aquifère et dans le sol, de leur vitesse de désintégration radioactive et de leurs propriétés géochimiques, on en trouvera également dans les eaux souterraines. D'habitude, on ne mesure pas la concentration chimique des radionucléides, mais leur (radio)-activité. L'unité est le becquerel par litre (Bq/l), un becquerel correspondant à une désintégration par seconde. Pour le tritium, on utilise aussi l'unité-tritium UT (*tritium-unit* et *TU* en anglais). Dans un litre d'eau, 1 UT équivaut à 0,118 Bq (1 Bq correspond donc à 8,47 UT).

L'uranium 234 (^{234}U), le radium 226 (^{226}Ra) et le radon 222 (^{222}Rn) font partie de la chaîne de désintégration allant de l'uranium 238 (^{238}U) au plomb stable 206 (^{206}Pb). La durée de demi-vie varie entre 4,5 milliards d'années pour l'uranium 238 et 3,8 jours pour le radon 222, en passant par 246 000 ans pour l'uranium 234 et 1600 pour le radium 226.

Le tritium (^3H) se forme d'une part en quantités limitées dans l'atmosphère et, d'autre part, dans les roches, ses quantités demeurant alors négligeables pour les eaux souterraines proches de la surface (Clark et Fritz 1997, p. ex.). En Suisse, l'activité naturelle du tritium dans les précipitations avoisine 1 Bq/l (5 à 10 UT). Les essais atomiques des années 50 et 60 en ont certes diffusé de grandes quantités dans l'atmosphère et donc dans le cycle de l'eau, de sorte que les hydrogéologues ont ensuite pu pendant de longues années se servir de l'isotope ^3H , l'un des constituants de la molécule d'eau, pour estimer le temps de séjour de l'eau dans le sous-sol. Aujourd'hui, l'activité du tritium dans les précipitations a retrouvé son niveau naturel et ses émissions anthropiques proviennent surtout de l'activité industrielle et des décharges. Elles peuvent engendrer des apports, temporairement et localement accrus, dans les eaux souterraines. On sait en effet que le tritium entrainé par le passé dans la fabrication d'aiguilles de montre luminescentes. A présent, on enregistre parfois aussi une activité élevée du tritium dans les eaux de lavage des usines d'incinération des ordures ménagères ou les effluents de stations d'épuration (Estier et al. 2007).

C'est le module ISOT (isotopes dans le cycle de l'eau)⁴⁰ qui suit l'évolution des activités du tritium dans les précipitations, ainsi que dans les eaux superficielles et souterraines. Des informations détaillées sur le tritium et nombre d'autres radionucléides présents dans l'environnement figurent sur les pages internet de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP; www.bag.admin.ch).

Sources naturelles
et anthropiques

⁴⁰ www.environnement-suisse.ch/eauxsouterraines

2.9.2 Radionucléides – analyses réalisées

En collaboration avec l'université de Neuchâtel, l'activité des radionucléides tritium, radon 222, radium 226, ainsi que la somme des activités des isotopes 234 et 238 de l'uranium, ont été mesurées à une reprise en 2005 dans des échantillons provenant des 50 stations du module TREND. Grâce à un contrat de coopération avec l'OFSP, les analyses ont pu être réalisées à l'Université de Neuchâtel. Les mesures ont servi à constituer une banque de données de référence pour ces isotopes et à compléter la caractérisation des stations.

Stations échantillonnées

Le radon 222 est un gaz noble radioactif. Afin d'éviter un dégazage de l'eau souterraine, tous les prélèvements ont été effectués aussi près que possible de l'émergence de l'aquifère.

Pour l'uranium, nous indiquons ici la somme des activités des isotopes ^{234}U et ^{238}U . Le rapport de leurs activités ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) dans les eaux souterraines suisses est en général supérieur à un. Les concentrations chimiques sont toutefois dominées par l'uranium 238 (durée de demi-vie nettement plus longue), 1 µg/l d'uranium correspondant à 12,4 mBq/l ^{238}U (Surbeck 2007).

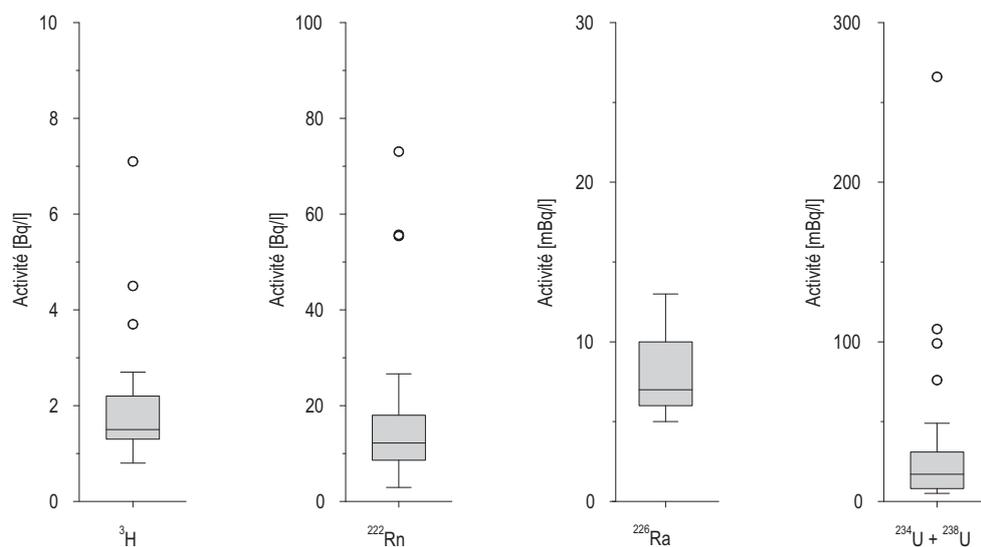
2.9.3 Radionucléides – résultats

Relevé de la situation

Dans la moitié des stations échantillonnées, on a mesuré des activités du tritium inférieures ou égales à 1,5 Bq/l (cf. fig. 33). Cette valeur est légèrement supérieure aux valeurs naturelles, mais demeure inférieure de plusieurs ordres de grandeur à la valeur de tolérance que l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants (OSEC) fixe à 1000 Bq/l pour le tritium dans les aliments. Des activités élevées ont été observées dans deux stations du Seeland bernois et dans une station de la vallée de la Thur.

Fig. 33 > Tritium (^3H), radon 222 (^{222}Rn), radium 226 (^{226}Ra) et somme des uraniums 234 et 238 ($^{238}\text{U} + ^{234}\text{U}$): activités isotopiques en 2005

50 stations du module TREND. Les échelles et les unités diffèrent d'un élément à l'autre.

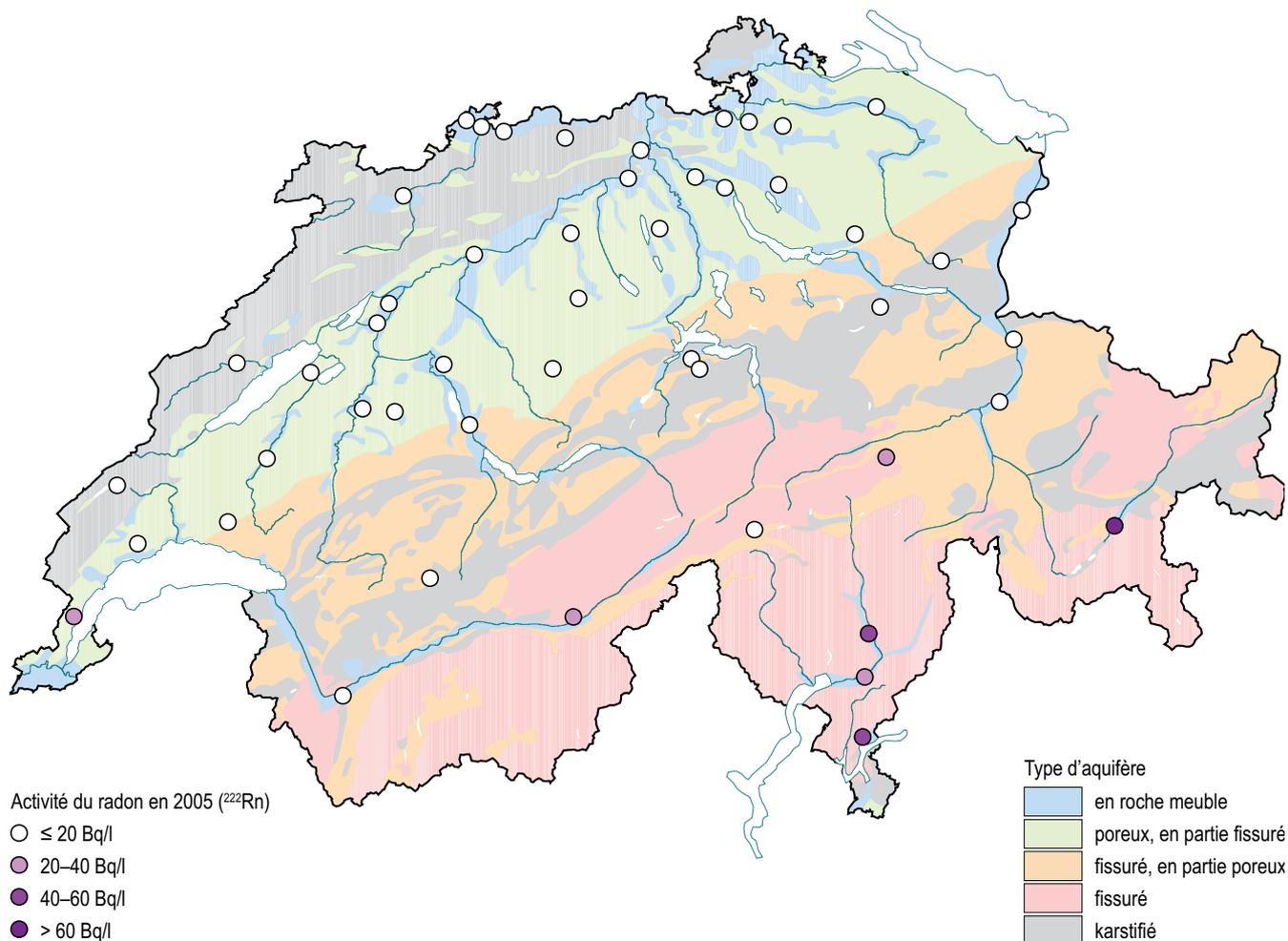


Le radon (^{222}Rn) est la principale source de radioactivité dans les échantillons d'eaux souterraines (cf. fig. 33): la moitié des mesures ont indiqué des activités inférieures ou égales à 12 Bq/l, le maximum se situant à 73 Bq/l. Les valeurs individuelles les plus élevées, supérieures à 50 Bq/l, ont été mesurées dans deux stations au Tessin et une en Engadine (cf. fig. 34). Dans ces stations, la forte présence de radon s'expliquerait par une accumulation naturelle de la substance mère ^{226}Ra dans les formations cristallines de l'aquifère (et à la rigueur dans le sol). Ne possédant qu'une demi-vie très brève dans les eaux souterraines, le radon ne peut être transporté très loin. Les résultats concordent avec la carte du radon de la Suisse (www.bag.admin.ch), les trois stations se situant dans des communes où le risque dû au radon est élevé. La répartition observée est identique à celle constatée dans le cadre d'une étude détaillée portant sur les eaux potables et minérales du canton des Grisons. Cette étude a également mesuré des valeurs supérieures à 50 Bq/l dans 5 % des stations (Deflorin et Surbeck 2004). Aucune exigence chiffrée, valeur limite ou valeur de tolérance n'a été fixée pour la présence de radon dans l'eau souterraine ou l'eau potable, car c'est plutôt le radon présent dans l'air ambiant des bâtiments, d'un captage par exemple, qui pourrait à la rigueur poser problème (Surbeck 2005).

Les activités de l'isotope ^{226}Ra se sont révélées inférieures d'environ trois ordres de grandeur à celles de son isotope descendant ^{222}Rn , et elles variaient dans une moindre mesure (cf. fig. 33). Dans la moitié des stations, elles étaient inférieures ou égales à 7 mBq/l, toutes les valeurs restant nettement en dessous de la valeur limite globale, que l'OSEC fixe à 1 Bq/l pour les aliments liquides (1000 mBq/l). Les activités mesurées dans le cadre des études présentées ici sont sensiblement inférieures à celles enregistrées dans le canton des Grisons, où les activités ont dépassé 20 mBq/l dans 20 % des stations (Deflorin und Surbeck 2004).

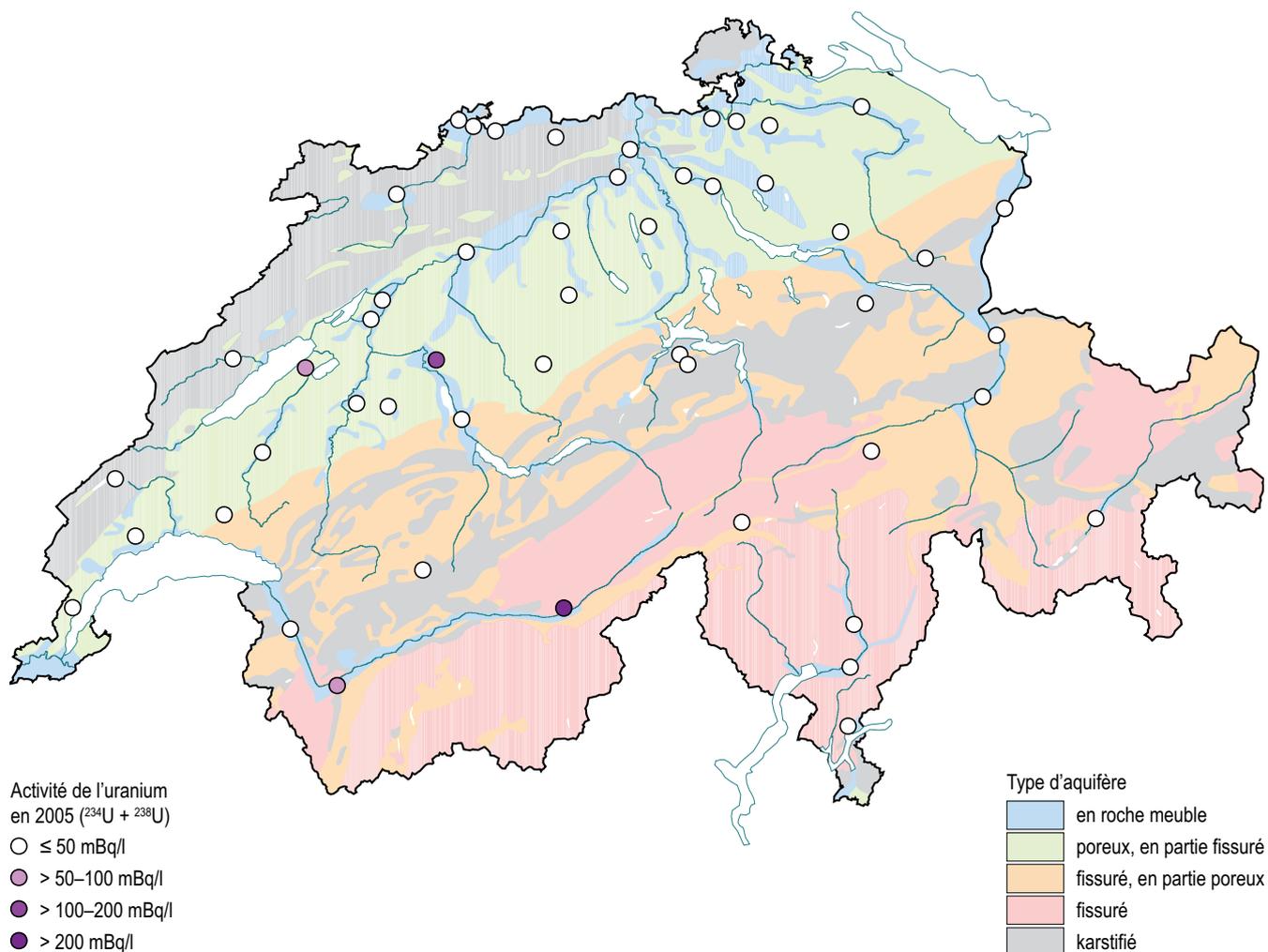
Radon 222:
principale source de radioactivité

Fig. 34 > Radon: activité en 2005 selon le type d'aquifère



Dans 37 des 50 stations, la somme des activités des isotopes 234 et 238 de l'uranium a dépassé la limite de quantification de 10 mBq/l, les valeurs mesurées demeurant toutefois le plus souvent inférieures à 35 mBq/l (cf. fig. 33). La figure 35 montre la répartition géographique des activités de l'uranium en 2005. Accusant 266 mBq/l, une source située en Valais dénote des activités nettement accrues. Leur niveau pourrait s'expliquer par les minéralisations uranifères qui caractérisent la portion méridionale du massif de l'Aar. Si toutes les mesures se sont situées nettement en dessous de la valeur limite fixée par l'OSEC à 10 Bq/l, la littérature spécialisée fait cependant état d'activités nettement plus élevées encore: la plus forte concentration d'uranium mesurée dans une eau potable en Suisse avoisine 40 $\mu\text{g/l}$, ce qui correspond à une activité de l'isotope ^{238}U de 496 mBq/l (Surbeck 2007).

Fig. 35 > Uranium: activité en 2005 selon le type d'aquifère



2.9.4 Radionucléides – interprétation

Les données des 50 stations du module TREND fournissent un aperçu de la radioactivité dans les nappes d'eau souterraine caractéristiques de la Suisse. Bien que l'on observe parfois des activités accrues dans certaines conditions géologiques, aucune intervention ne s'impose pour protéger les eaux souterraines.

Radioactivité localement accrue dans certaines conditions géologiques

Par le passé, c'est surtout la présence d'uranium dans les eaux souterraines qui a régulièrement alimenté le débat public. A l'époque, l'OFSP et les cantons ont alors procédé à des relevés détaillés (Surbeck 2007).

Aucune nécessité d'agir

3 > Conclusions et perspectives

Les études menées de 2004 à 2006 offrent une vue d'ensemble exhaustive et fiable de l'état actuel des eaux souterraines en Suisse, de même que de premières informations sur son évolution. La palette des produits phytosanitaires et des hydrocarbures volatils analysés a pu être élargie et des études pilotes fournissent de premières indications sur les antibiotiques et les autres médicaments.

La prise en compte de l'aspect quantitatif représente un pas important vers une observation attentive des eaux souterraines, car les données réunies confèrent une meilleure fiabilité et une plus grande pertinence à l'interprétation des données qualitatives. Il faut bien dire que la période d'observation s'est révélée exceptionnelle sur le plan quantitatif: les eaux souterraines ont stagné à des niveaux très bas entre 2003 et 2005 et l'année 2005 a été marquée par une brève mais violente crue. Les séries de données disponibles ne permettent cependant pas encore d'identifier une tendance à long terme dans l'état quantitatif des eaux souterraines suisses. Dans la perspective du changement climatique qui s'annonce, il est toutefois indispensable de poursuivre les travaux d'observation.

En Suisse, les eaux souterraines sont en général de bonne qualité. Le plus souvent, il est en effet possible de capter et d'exploiter cette précieuse ressource comme eau potable sans lui faire subir de coûteux traitements. L'utilisation intensive du territoire constitue toutefois un risque sérieux, car elle engendre un apport de polluants qui sont loin d'être inoffensifs. Les exigences chiffrées de l'OEaux pour les nitrates (25 mg/l) et pour les produits phytosanitaires (0,1 µg/l) ont ainsi été dépassées respectivement dans près de 25 % et dans plus de 10 % des stations NAQUA analysées. On a par ailleurs détecté des traces de produits phytosanitaires, certes inférieures à l'exigence chiffrée, dans près de la moitié des stations analysées. De plus, on a découvert des concentrations d'hydrocarbures halogénés volatils (HHV) supérieures à l'exigence chiffrée de l'OEaux (1 µg/l) dans 8 % environ des stations analysées, des traces de HHV dans plus d'un tiers des stations et des traces de MTBE dans 12 à 19 % d'entre elles.

La présence de ces polluants dans les eaux souterraines souligne à quel point il est vital de poursuivre sans relâche les efforts de protection. Ces efforts comprennent l'application stricte, en particulier dans les régions soumises à une utilisation intensive, des mesures prescrites pour préserver notre principale ressource en eau potable (OFEV 2008a).

Nitrates

Comparées aux valeurs mesurées pendant la période précédente, les concentrations de nitrates ont à nouveau dénoté une nette hausse dès fin 2003. Cette tendance anéantit plus de la moitié de l'amélioration (baisse de 18 % de la charge) observée entre le milieu des années 1990 et fin 2003. La nouvelle hausse des nitrates est très perceptible

dans les régions agricoles, alors qu'aucune augmentation sensible n'a été enregistrée au cours de la même période dans les régions principalement occupées par des forêts.

Il serait toutefois vain de vouloir déterminer clairement les raisons de cette évolution. Les conditions climatiques, surtout la quantité et la répartition des précipitations au cours des années 2003 à 2006, ont probablement joué un rôle non négligeable, après que le climat des années précédentes avait plutôt favorisé la diminution des nitrates. Mais l'agriculture n'est sans doute pas en reste. Depuis l'année culturale 2004/2005, l'indice de protection du sol ne constitue par exemple plus une obligation dans les prestations écologiques requises (PER), d'où une multiplication des jachères hivernales et donc un accroissement des pertes de nitrates sur les parcelles réservées aux grandes cultures (Grünig 2006). A l'avenir, la pression (perceptible à l'échelon mondial) visant à intensifier davantage l'agriculture (pression sur les prix à la production, hausse générale des prix des produits agricoles, augmentation de la demande d'agrocarburants, réduction des surfaces productives, etc.) pourrait contribuer à détériorer encore la situation.

L'évolution peu réjouissante des concentrations de nitrates jusqu'en 2006 prouve que notre pays est loin d'avoir résolu le problème de ces substances et qu'il importe de poursuivre et d'intensifier les efforts (locaux et régionaux) d'assainissement, en appliquant par exemple l'art. 62a LEaux. La politique agricole nationale doit en outre (par le biais des PER et de l'ordonnance sur les paiements directs) contribuer davantage à réduire les pertes de nitrates.

Produits phytosanitaires

On observe d'une part une légère détente sur le front des produits phytosanitaires bien connus, comme les triazines et leurs métabolites, et surtout l'atrazine. Les autorisations de l'atrazine et de la simazine n'ayant pas été prolongées en 2007 et leur emploi étant limité à une période transitoire de quatre ans, soit jusqu'en 2011, on peut espérer que la situation ira s'améliorant. Les expériences engrangées dans les pays voisins, où l'atrazine est parfois interdite depuis plus de dix ans, montrent cependant qu'il faut s'attendre à trouver pendant des décennies encore des concentrations considérables de ce produit et de ses métabolites dans les eaux souterraines.

L'optimisation des méthodes analytiques a d'autre part permis de constater que des métabolites mobiles et persistants de produits phytosanitaires, tels que le 2,6-dichlorobenzamide, le métolachlore ESA ou l'AMPA, sont présents dans nombre des stations analysées et qu'ils y dépassent souvent l'exigence chiffrée de l'OEaux (0,1 µg/l). Il est donc fort possible que les eaux souterraines contiennent de grandes concentrations d'autres métabolites, non encore détectables, de ce type de produits. De plus, de nouveaux produits arrivent sans cesse sur le marché. Afin d'obtenir leur autorisation, il faut prouver que ces produits et leurs métabolites sont toxicologiquement inoffensifs au vu des connaissances actuelles. Enfin, outre le fait que l'ordonnance sur la protection des eaux prescrit qu'aucune substance de synthèse persistante, même toxicologique-

ment inoffensive, ne doit se trouver dans l'eau souterraine⁴¹, la population admet de moins en moins la présence de substances étrangères dans l'eau potable⁴².

Afin de mieux protéger les captages d'eau souterraine contre d'éventuelles pollutions, il faudrait reconsidérer l'emploi de produits phytosanitaires aux emplacements particulièrement sensibles, tels les environs immédiats des captages d'eau potable.

Dans les bassins d'alimentation dont l'utilisation est prédominée par les zones urbanisées et les voies de communication, le taux de pollution par des produits phytosanitaires est presque aussi élevé que dans les régions vouées aux grandes cultures. C'est la preuve que les efforts doivent aussi se poursuivre dans ces secteurs (organiser des campagnes de sensibilisation auprès des utilisateurs privés et des services communaux, p. ex). Sachant que l'on utilise de plus en plus de produits phytosanitaires dans la construction (prévention de la pénétration de racines dans les toits plats, traitements préventifs antifongiques et anti-algues dans les revêtements de façade), il convient d'accorder une attention toute particulière aux voies d'apport par infiltration des eaux de toits et des places. (Il est notamment possible d'éviter le risque que représente l'infiltration directe de ces eaux dans le sous-sol, car elle court-circuite l'effet filtrant assuré par la couche supérieure et biologiquement active du sol.)

Composés organiques volatils (COV)

La charge de composés organiques dans les eaux souterraines ne dénote aucune évolution clairement perceptible depuis 2002.

La présence des COV analysés dans l'eau souterraine reflète leur comportement dans l'environnement: d'une part, les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM), qui se dégradent assez bien, n'apparaissent que sporadiquement, sans doute à la suite d'accidents ou de négligences lors de la manipulation de carburants; d'autre part, les charges d'hydrocarbures halogénés volatiles (HHV), un composé très persistant, atteignent constamment des niveaux élevés dans les eaux souterraines. Bien que les apports de ces substances diminuent au fil des années, avec le recul général de leur utilisation, les résultats confirment que la baisse de leurs concentrations dans les eaux souterraines ne sera perceptible qu'à moyen, voire à long terme. A l'instar de l'atrazine, elles illustrent de manière exemplaire tous les problèmes que pose l'emploi de substances persistantes: une fois introduites dans l'écosystème, elles sont à même de contaminer le sol, l'air et l'eau pendant des décennies. Il faut donc se fixer pour objectif de ne pas émettre de nouveaux produits de ce genre dans l'environnement et de renoncer définitivement à toute utilisation d'anciens produits, tels que le tri- et le tétrachloroéthylène, biens connus pour le danger qu'ils représentent.

En 2006, le taux de détection du MTBE, un additif de l'essence particulièrement mobile et persistant, s'est situé à un niveau nettement inférieur aux années précédentes.

⁴¹ Annexe 1, ch. 2, al. 3, let. b, OEaux.

⁴² La vive controverse qui a entouré, en 2007 et en 2008, la présence de traces de substances issues d'un site pollué dans l'eau souterraine de la Muttentzer Hard (BL) a prouvé sans l'ombre d'un doute à quel point la population devient sensible dans ce domaine, même lorsque les teneurs en polluants sont très faibles et considérées comme inoffensives selon les connaissances actuelles.

L'avenir nous dira s'il s'agit là d'une tendance durable – rendue possible par le remplacement progressif du MTBE par l'ETBE – ou si elle résulte uniquement des conditions climatiques et hydrologiques de l'année 2006.

Médicaments

La première étude portant sur un large éventail de résidus de médicaments humains et vétérinaires a montré qu'ils sont surtout présents dans les stations où la nappe souterraine est principalement alimentée par infiltration de l'eau d'une rivière. Bien que la situation ne soit pas non plus dramatique, au vu des connaissances actuelles, la présence de ces résidus dans l'eau souterraine n'a rien de satisfaisant. Un moyen d'améliorer les choses consiste à réduire les concentrations de résidus médicamenteux dans les effluents des stations d'épuration des eaux usées. Des solutions allant dans ce sens, telle l'adjonction d'une nouvelle étape de traitement aux STEP pour éliminer ces produits appelés «micropolluants», sont d'ailleurs déjà à l'essai. Un programme minimal d'observation a été lancé dans le cadre de NAQUA afin de suivre l'évolution des résidus médicamenteux dans les eaux souterraines.

Puisque le passé nous échappe, préservons l'avenir!

Les résultats de la période d'observation présentée ici prouvent toute l'importance d'une observation régulière et à long terme. Car seules de longues séries de données permettent de faire la distinction entre une variation naturelle et un changement d'origine anthropique. Pour réunir de telles données, il importe avant tout de suivre, avec toute la fiabilité et la durabilité requises, l'évolution de la situation dans l'ensemble de la Suisse, en se fondant sur des paramètres clairement définis et reconnus par tous. Même si l'utilisation de substances persistantes, comme l'atrazine, la simazine ou le MTBE, continue de diminuer, pour cesser complètement un jour ou l'autre, il restera nécessaire de les surveiller aussi longtemps que leurs concentrations n'auront pas franchi le seuil du négligeable. La Suisse a déjà perdu beaucoup de temps en matière d'observation des eaux souterraines, au point que nous ne sommes pas en mesure de déterminer avec certitude l'évolution de certains polluants significatifs avant 2002. Il nous incombe à présent de veiller à assurer cette observation sur le long terme.

Dans un programme tel que NAQUA, on doit sans cesse accepter une foule de compromis, que ce soit au sujet de l'éventail des polluants analysés, du nombre de stations étudiées ou de la fréquence d'échantillonnage. Grâce à la collaboration des cantons, nous sommes malgré tout jusqu'ici parvenus à élaborer des données fiables et représentatives pour l'ensemble de la Suisse. La place désormais réservée aux observations quantitatives permettra à l'avenir d'identifier plus aisément et de mieux interpréter d'éventuelles corrélations entre certains paramètres de qualité et des changements climatiques.

L'un des principaux défis que nous devons relever à l'avenir consistera à collecter et à traiter des informations sur l'utilisation du sol, de même que sur son intensité et son évolution, dans les bassins d'alimentation des stations de mesure, car l'absence de telles informations ne peut que fausser l'interprétation des données qualitatives.

> Annexes

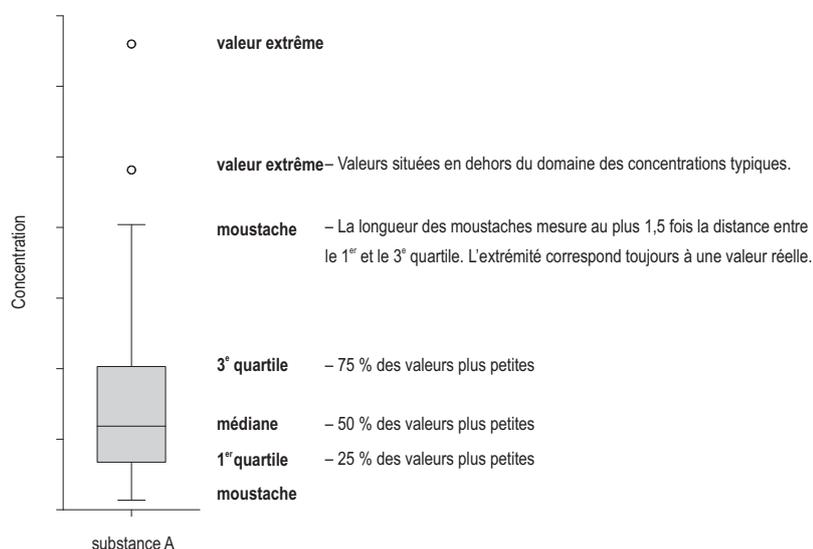
A1 Boxplot (diagramme à moustaches)

Le diagramme à moustaches (plus connu sous son nom anglais de *boxplot*) offre une solution relativement simple pour résumer, représenter graphiquement et comparer un ensemble de données. Contrairement aux évaluations basées sur des valeurs moyennes ou maximales, un *boxplot* fournit aussi des informations sur la distribution statistique et la dispersion des données. Le principal élément de l'un de ces diagrammes est un rectangle (*box*), qui englobe 50 % des valeurs (cf. fig. 36).

Pour construire un *boxplot*, il faut commencer par classer les valeurs d'un ensemble de données selon leur grandeur. La valeur à laquelle 25 % des valeurs sont inférieures et 75 % supérieures (1^{er} quartile) forme la limite inférieure du rectangle. La limite supérieure du rectangle est définie de manière analogue, à partir de la valeur à laquelle 75 % des valeurs sont inférieures et 25 % supérieures (3^e quartile). La valeur qui sépare l'ensemble des données en deux parties de taille égale est appelée médiane: 50 % des valeurs se situent en dessous et 50 % au-dessus. Relevons que la médiane est moins sensible aux «valeurs extrêmes» que la moyenne.

La longueur des moustaches correspond au plus à une fois et demie la distance inter-quartile (distance entre le 1^{er} et le 3^e quartile) et elle est toujours identifiée par une valeur extraite des données. Les valeurs qui débordent de ces limites, ou «valeurs extrêmes», sont représentées individuellement. Les «valeurs extrêmes» correspondent à des résultats de mesure exceptionnels, mais non douteux. Lorsqu'aucune donnée ne se situe au-delà des moustaches, leur longueur sera déterminée par les valeurs minimale et maximale.

Fig. 36 > Boxplot (diagramme à moustaches)



A2 Résultats des analyses de 2004 à 2006

Explications des tableaux

n nombre

LQ limite de quantification

Limite exigence chiffrée de l'OEaux du 28 octobre 1998 applicable aux eaux du sous-sol utilisées comme eau potable ou destinées à l'être, ou valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines.

Le calcul statistique porte sur les valeurs maximales par station et par année, afin d'éliminer l'effet engendré par les différentes fréquences des prélèvements.

La médiane et les quartiles ne sont indiqués que lorsque l'on dispose de quatre mesures au moins.

NS seulement dans le programme standard du module SPE

NT seulement dans le programme standard du module TREND

Tab. 17 > Azote et phosphore

Année	LQ [mg/l]	Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques (valeur maximale par station \geq LQ)				
		n	\geq LQ	> limite	\geq LQ	> limite	min. [mg/l]	1 ^{er} quartile [mg/l]	médiane [mg/l]	3 ^e quartile [mg/l]	max. [mg/l]
Nitrates			> 25 mg/L								
2004	0,2-1	456	454	89	100	20	0,3	7,0	14,4	23,2	68,0
2005	0,2-2	526	517	100	98	19	0,2	5,0	12,8	22,4	74,0
2006	0,2-1	469	465	117	99	25	0,2	7,2	15,6	25,5	90,3
Nitrites			> EN* + 0,05 mg/L								
2004	0,001-0,03	455	52	2	11	0	0,002	0,005	0,010	0,014	0,069
2005	0,01	50	5	0	10	0	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
2006	0,01	50	1	0	2	0	0,010	-	-	-	0,010
Ammonium			> 0,1 mg/L								
2004	0,002-0,03	430	158	2	37	0	0,002	0,005	0,010	0,021	0,180
2005	0,03	50	0	0	0	0	-	-	-	-	-
2006	0,03	50	0	0	0	0	-	-	-	-	-
Phosphates			> EN* + 0,15 mg/L								
2004	0,01	47	34	0	72	0	0,010	0,013	0,020	0,040	0,120
2005	0,01	50	43	0	86	0	0,010	0,020	0,031	0,035	0,130
2006	0,01	50	33	0	66	0	0,010	0,020	0,030	0,040	0,110

* EN: situation proche de l'état naturel

Tab. 18 > Produits phytosanitaires

Substance	LQ [µg/l]	Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station ≥ LQ)				
		n	≥ LQ	dont > limite (> 0,1 µg/l)	≥ LQ	> limite (> 0,1 µg/l)	min. [µg/l]	1 ^{er} quartile [µg/l]	médiane [µg/l]	3 ^e quartile [µg/l]	max. [µg/l]
2004											
Programme standard											
Atrazine	0,002–0,06	449	195	22	43	5	0,003	0,013	0,025	0,050	0,889
Déséthylatrazine	0,002–0,1	449	199	26	44	6	0,007	0,026	0,042	0,082	1,116
Désisopropylatrazine	0,005–0,1	449	45	1	10	0,2	0,010	0,015	0,020	0,028	0,192
Diuron NS	0,001–0,15	449	5	1	1	0,2	0,001	0,004	0,010	0,013	0,123
Isoproturon NS	0,001–0,15	447	5	2	1	0,4	0,018	0,021	0,045	0,184	0,260
Métribuzine NT	0,006–0,15	178	0	0	0	0					
Simazine	0,002–0,08	449	84	1	19	0,2	0,003	0,011	0,016	0,023	0,162
Terbutylazine	0,001–0,08	449	29	1	6	0,2	0,003	0,005	0,009	0,020	0,114
Terbutryne NT	0,005–0,08	227	1	0	0,4	0	0,018				0,018
Programme pilote											
2,4-D	0,005–0,02	48	0	0	0	0					
Diazinone	0,003–0,05	212	0	0	0	0					
Diméthénamide	0,003–0,02	58	1	0	2	0	0,028				0,028
Diméthénamide ESA	0,01–0,02	44	0	0	0	0					
Diméthénamide OXA	0,01–0,02	44	0	0	0	0					
MCPA	0,005–0,02	48	0	0	0	0					
MCPP (mécoprop)	0,005–0,02	48	0	0	0	0					
Mésotrione	0,005–0,02	44	0	0	0	0					
Métolachlore	0,002–0,15	308	7	1	2	0,3	0,003	0,005	0,013	0,031	0,230
Métolachlore ESA	0,01–0,02	44	11	3	25	7	0,017	0,041	0,062	0,200	0,480
Métolachlore OXA	0,01–0,02	44	3	1	7	2	0,021				0,145
Sulcotrione	0,005–0,05	182	0	0	0	0					
Tébutame	0,003–0,065	101	0	0	0	0					
Autres substances détectées (analyses complémentaires dans certains cantons)											
2,6-dichlorobenzamide	0,005–0,028	19	6	1	32	5	0,014	0,015	0,027	0,031	0,105
Amétryne	0,005–0,05	237	1	0	0,4	0	0,005				0,005
Bentazone	0,02	6	1	0	17	0	0,020				0,020
Chlortoluron	0,006–0,05	262	2	1	0,8	0,4	0,096				0,130
Cyanazine	0,001–0,06	237	18	1	8	0,4	0,010	0,011	0,017	0,030	0,181
Déséthylterbutylazine	0,005	11	9	0	82	0	0,006	0,006	0,009	0,009	0,012
Diméfurone	0,002–0,01	62	1	0	2	0	0,011				0,011
Hexazinone	0,005–0,02	223	5	0	2	0	0,006	0,006	0,012	0,017	0,017
Linuron	0,006–0,05	266	1	0	0,4	0	0,048				0,048
Métalaxyl	0,005–0,05	252	1	0	0,4	0	0,036				0,036
Napropamide	0,002–0,004	57	3	0	5	0	0,002				0,038

Substance	LQ [µg/l]	Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station ≥ LQ)				
		n	≥ LQ	dont > limite (> 0,1 µg/l)	≥ LQ	> limite (> 0,1 µg/l)	min. [µg/l]	1 ^{er} quartile [µg/l]	médiane [µg/l]	3 ^e quartile [µg/l]	max. [µg/l]
Oxadixyl	0,005–0,05	16	1	0	6	0	0,060				0,060
Prométryne	0,005–0,04	257	9	0	4	0	0,007	0,010	0,012	0,019	0,037
Propazine	0,005–0,08	324	11	0	3	0	0,008	0,010	0,010	0,020	0,042
Tébuconazole	0,005	10	2	0	20	0	0,005				0,007

2005

Programme standard

Atrazine	0,001–0,06	526	186	17	35	3	0,003	0,014	0,025	0,043	0,526
Déséthylatrazine	0,001–0,06	526	230	27	44	5	0,001	0,022	0,037	0,070	0,477
Désisopropylatrazine	0,001–0,1	526	39	1	7	0,2	0,002	0,013	0,018	0,028	0,210
Cyanazine	0,001–0,08	526	21	2	4	0,4	0,010	0,013	0,016	0,022	0,236
Diuron	0,001–0,15	526	14	0	3	0	0,002	0,004	0,011	0,026	0,052
Isoproturon	0,001–0,15	526	10	3	2	0,6	0,001	0,004	0,039	0,139	1,531
Métamitron	0,001–0,08	524	1	1	0,2	0,2	0,155				0,155
Métolachlore	0,001–0,15	523	14	2	3	0,4	0,004	0,012	0,021	0,046	0,256
MétribuzineNT	0,001–0,15	162	0	0	0	0					
Propazine	0,001–0,08	526	14	0	3	0	0,001	0,011	0,015	0,018	0,031
Simazine	0,001–0,08	526	90	2	17	0,4	0,003	0,011	0,014	0,020	0,178
Terbutylazine	0,001–0,08	526	29	0	6	0	0,003	0,003	0,006	0,017	0,083
Terbutryne	0,001–0,15	524	1	0	0,2	0	0,025				0,025

Programme complémentaire

2,4-D	0,003–0,02	296	2	0	0,7	0	0,029				0,038
Alachlore	0,003–0,05	357	2	0	0,6	0	0,021				0,078
Aldicarbe	0,001–0,02	301	0	0	0	0					
AMPA	0,05	117	10	6	9	5	0,054	0,089	0,109	0,137	0,219
Bentazone	0,001–0,05	301	10	1	3	0,3	0,004	0,012	0,036	0,072	0,108
Bromacil	0,001–0,15	343	3	1	0,9	0,3	0,059				0,345
Chlortoluron	0,001–0,01	359	6	1	2	0,3	0,004	0,005	0,010	0,018	0,138
Dichlorprop-P	0,005–0,02	300	2	1	0,7	0,3	0,021				0,103
Dinosèbe	0,005–0,1	305	1	0	0,3	0	0,010				0,010
Glyphosate	0,05	117	4	3	3	3	0,077	0,109	0,133	0,162	0,210
Hexazinone	0,002–0,02	348	2	0	0,6	0	0,014				0,029
MCPA	0,003–0,02	303	1	0	0,3	0	0,053				0,053
MCPP (mécoprop)	0,005–0,02	303	13	0	4	0	0,012	0,013	0,014	0,015	0,074
Métazachlore	0,003–0,15	336	0	0	0	0					
Tébutame	0,001–0,02	355	1	0	0,3	0	0,004				0,004

Programme pilote

Diazinone	0,003–0,02	319	0	0	0	0					
Dicamba	0,005	54	0	0	0	0					

Substance	LQ [µg/l]	Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station ≥ LQ)				
		n	≥ LQ	dont > limite (> 0,1 µg/l)	≥ LQ	> limite (> 0,1 µg/l)	min. [µg/l]	1 ^{er} quartile [µg/l]	médiane [µg/l]	3 ^e quartile [µg/l]	max. [µg/l]
Diméthénamide	0,001–0,003	81	1	0	1	0	0,020				0,020
Diméthénamide ESA	0,01	67	0	0	0	0					
Diméthénamide OXA	0,01	67	0	0	0	0					
Mésotrione	0,003–0,005	67	0	0	0	0					
Métolachlore ESA	0,01	67	21	6	31	9	0,013	0,028	0,049	0,109	0,484
Métolachlore OXA	0,01	67	6	1	9	1	0,022	0,041	0,050	0,061	0,280
Sulcotrione	0,003–0,05	271	0	0	0	0					

Autres substances détectées (analyses complémentaires dans certains cantons)

2,4-DDE	0,02	244	1	0	0,4	0	0,021				0,021
2,6-dichlorobenzamide	0,02	55	12	4	22	7	0,010	0,020	0,040	0,110	0,240
2-hydroxyatrazine	0,001	7	3	0	43	0	0,002				0,021
2-hydroxydéséthylatrazine	0,001	7	1	0	14	0	0,001				0,001
2-hydroxysimazine	0,001	7	1	0	14	0	0,001				0,001
2-hydroxyterbuthylazine	0,001	7	3	0	43	0	0,006				0,011
Azaconazole	0,001	7	1	0	14	0	0,001				0,001
Boscalide	0,001	7	1	0	14	0	0,001				0,001
Bromopropylate	0,005–0,02	61	1	0	2	0	0,015				0,015
Carbendazime	0,001	7	2	0	29	0	0,003				0,004
Chlorbromuron	0,001–0,01	313	5	0	2	0	0,013	0,014	0,014	0,020	0,030
Cyprodinil	0,001	7	1	0	14	0	0,003				0,003
Déséthylidésisopropyl-atrazine	0,001	7	2	0	29	0	0,002				0,015
Déséthylterbuthylazine	0,001–0,01	68	5	0	7	0	0,002	0,004	0,012	0,013	0,014
Diméfuron	0,001–0,01	73	2	0	3	0	0,004				0,022
Fénuron	0,001	7	1	0	14	0	0,001				0,001
Fluazifop-butyl	0,001	7	1	0	14	0	0,001				0,001
Fluazinam	0,001	7	2	0	29	0	0,001				0,004
Hexachlorobenzène	0,02	244	1	0	0,4	0	0,035				0,035
Lenacile	0,001	7	1	0	14	0	0,001				0,001
Linuron	0,001–0,01	313	2	1	0,6	0,3	0,010				0,121
Métalaxyl	0,006–0,02	270	3	0	1	0	0,019				0,063
Methoxyfénozide	0,001	7	2	0	29	0	0,001				0,001
Monuron	0,001	7	1	0	14	0	0,002				0,002
Napropamide	0,001–0,02	309	5	0	2	0	0,015	0,016	0,039	0,040	0,046
Prométryne	0,001–0,01	309	6	0	2	0	0,010	0,013	0,015	0,023	0,031
Propiconazole	0,001	16	2	0	13	0	0,001				0,003
Propoxur	0,001–0,003	68	2	0	3	0	0,001				0,002
Sébuthylazine	0,004–0,01	302	1	0	0,3	0	0,057				0,057
Terbuméton	0,001	7	2	0	29	0	0,002				0,002
Triflumuron	0,001	7	1	0	14	0	0,002				0,002

Substance	LQ [µg/l]	Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station ≥ LQ)					
		n	≥ LQ	dont > limite (> 0,1 µg/l)	≥ LQ	> limite (> 0,1 µg/l)	min. [µg/l]	1 ^{er} quartile [µg/l]	médiane [µg/l]	3 ^e quartile [µg/l]	max. [µg/l]	
2006												
Programme standard												
Atrazine	0,001–0,02	463	163	10	35	2	0,005	0,017	0,024	0,048	0,482	
Déséthylatrazine	0,001–0,04	463	216	17	47	4	0,001	0,020	0,034	0,058	0,429	
Désisopropylatrazine	0,001–0,02	462	36	0	8	0	0,007	0,012	0,015	0,019	0,055	
Cyanazine	0,001–0,02	462	2	0	0,4	0	0,019				0,022	
Diuron	0,001–0,05	463	5	0	1	0	0,003	0,005	0,005	0,013	0,018	
Isoproturon	0,001–0,05	463	8	0	2	0	0,004	0,014	0,021	0,028	0,066	
Métamitron	0,001–0,05	440	1	0	0,2	0	0,004				0,004	
Métolachlore	0,001–0,04	463	8	1	2	0,2	0,002	0,016	0,021	0,037	0,456	
Propazine	0,001–0,02	462	4	0	1	0	0,001	0,010	0,010	0,011	0,023	
Simazine	0,001–0,04	463	72	0	16	0	0,006	0,011	0,017	0,021	0,091	
Terbutylazine	0,001–0,02	463	26	0	6	0	0,003	0,007	0,012	0,018	0,056	
Terbutryne	0,001–0,04	462	5	0	1	0	0,009	0,010	0,011	0,011	0,036	
Programme complémentaire												
2,4-D	0,005–0,02	206	0	0	0	0						
2,6-dichlorobenzamide ⁴³	0,01–0,1	309	67	15	22	5	0,012	0,026	0,050	0,100	0,480	
Alachlore	0,003–0,05	302	0	0	0	0						
Aldicarbe	0,001–0,04	219	0	0	0	0						
AMPA	0,05	115	7	5	6	4	0,059	0,105	0,133	0,277	0,456	
Bentazone	0,001–0,1	212	13	1	6	0,5	0,007	0,010	0,020	0,031	0,500	
Bromacil	0,001–0,1	232	1	0	0,4	0	0,070				0,070	
Chlortoluron	0,001–0,025	315	9	1	3	0,3	0,002	0,007	0,015	0,063	0,190	
Dichlobenil	0,01–0,1	223	0	0	0	0						
Dichlorprop-P	0,005–0,02	204	0	0	0	0						
Diméthénamide ESA	0,01	135	3	0	2	0	0,020				0,023	
Diméthénamide OXA	0,01	135	0	0	0	0						
Dinosébe	0,005–0,1	219	2	0	0,9	0	0,012				0,014	
Glyphosate	0,05	117	0	0	0	0						
Hexazinone	0,003–0,02	292	1	0	0,3	0	0,030				0,030	
MCPA	0,005–0,02	212	1	0	0,5	0	0,016				0,016	
MCPP (mécoprop)	0,005–0,02	212	2	0	0,9	0	0,040				0,064	
Mésotrione	0,005	135	0	0	0	0						
Métazachlore	0,003–0,02	252	0	0	0	0						
Métolachlore ESA	0,01	135	62	12	46	9	0,011	0,016	0,025	0,075	0,514	
Métolachlore OXA	0,01	135	13	2	10	1	0,020	0,020	0,025	0,045	0,592	
Sulcotrione	0,005–0,1	213	0	0	0	0						

⁴³ En 2006, le 2,6-dichlorobenzamide était inclus dans le programme standard NT.

Substance	LQ [µg/l]	Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station ≥ LQ)				
		n	≥ LQ	dont > limite (> 0,1 µg/l)	≥ LQ	> limite (> 0,1 µg/l)	min. [µg/l]	1 ^{er} quartile [µg/l]	médiane [µg/l]	3 ^e quartile [µg/l]	max. [µg/l]
Tébutame	0,001–0,02	298	1	0	0,3	0	0,002				0,002

Autres substances détectées (analyses complémentaires dans certains cantons)

2-hydroxyatrazine	0,001	6	2	0	33	0	0,003				0,038
2-hydroxysimazine	0,001	6	1	0	17	0	0,001				0,001
2-hydroxyterbuthylazine	0,001	6	2	0	33	0	0,007				0,022
Amidosulfuron	0,001	6	1	0	17	0	0,002				0,002
Bromopropylate	0,005	42	10	0	24	0	0,008	0,009	0,010	0,011	0,013
Carbendazime	0,001–0,003	48	2	0	4	0	0,001				0,002
Chlorbromuron	0,001–0,025	243	2	0	0,8	0	0,013				0,022
Chloridazone	0,001–0,025	50	1	0	2	0	0,001				0,001
Déséthyl-désisopropyl-atrazine	0,001	6	1	0	17	0	0,009				0,009
Déséthylterbuthylazine	0,001–0,005	50	4	0	8	0	0,005	0,007	0,011	0,014	0,014
Diméfurone	0,001–0,01	53	1	0	2	0	0,004				0,004
Fénuron	0,001	6	1	0	17	0	0,001				0,001
Fluométuron	0,003	42	1	0	2	0	0,082				0,082
Foramsulfuron	0,001	6	1	0	17	0	0,002				0,002
Hexachlorobenzène	0,02	192	1	0	0,5	0	0,037				0,037
Lenacile	0,001	6	1	0	17	0	0,001				0,001
Métalaxyl	0,001–0,02	290	1	0	0,3	0	0,002				0,002
Methoxyfénozide	0,001	6	2	0	33	0	0,001				0,002
Metsulfuron-méthyl	0,001	6	1	0	17	0	0,001				0,001
Napropamide	0,001–0,02	239	2	0	0,8	0	0,009				0,072
Oxadixyl	0,001–0,05	44	4	1	9	2	0,002	0,003	0,006	0,099	0,190
Pendiméthalin	0,005–0,01	277	1	0	0,4	0	0,010				0,010
Prométryne	0,001–0,02	252	5	0	2	0	0,012	0,015	0,016	0,024	0,026
Propoxur	0,001–0,008	48	1	0	2	0	0,002				0,002
Sébutylazine	0,003–0,02	271	1	0	0,4	0	0,044				0,044
Terbuméton	0,001–0,005	9	1	0	11	0	0,001				0,001

Tab. 19 > Autres substances phytosanitaires non détectées*Analyses complémentaires dans certains cantons.*

Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations	Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations	Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations
2004			2005			2006		
2,4,5-T	0,02	6	2,4,5-T	0,02	9	2,4-DDD	0,02	192
2,4,5-TP (féno-prop)	0,02	6	2,4,5-TP (féno-prop)	0,02	9	2,4-DDE	0,02	192
2,4-DB	0,02	6	2,4-DB	0,02	9	2,4-DDT	0,05	192
2,4-DDD	0,02	161	2,4-DDD	0,02	244	4,4-DDD	0,02	192
2,4-DDE	0,02	161	2,4-DDT	0,05	244	4,4-DDE	0,02	192
2,4-DDT	0,05	161	4,4-DDD	0,02	244	4,4-DDT	0,05	192
4,4-DDD	0,02	161	4,4-DDE	0,02	244	Acétamipride	0,001	6
4,4-DDE	0,02	161	4,4-DDT	0,05	244	Acétochlore	0,02	6
4,4-DDT	0,05	161	Acétamipride	0,001	7	Aldicarbe sulfoxide	0,001	6
Alachlore	0,005–0,05	176	Acétochlore	0,02	7	Aldoxycarbe	0,001	6
Aldrine	0,05	161	Aldicarbe sulfoxide	0,001	7	Aldrine	0,05	192
alpha-HCH	0,02	161	Aldoxycarbe	0,001	7	alpha-HCH	0,02	192
Azinphos-éthyl	0,005	10	Aldrine	0,05	244	Amétryne	0,003–0,05	237
Azinphos-méthyl	0,005	10	alpha-HCH	0,02	244	Asulame	0,001	6
Azoxystrobine	0,04	9	Amétryne	0,002–0,05	306	2-hydroxydéséthylatrazine	0,001	6
bêta-HCH	0,02	161	Amidosulfuron	0,001	7	Azaconazole	0,001	6
Bromacil	0,01–0,15	60	Asulame	0,001	7	Azinphos-éthyl	0,005	3
Bromopropylate	0,01–0,02	57	Aziprotryne	0,001	7	Azinphos-méthyl	0,005	3
Bromoxnyl	0,05	161	Bénalaxyl	0,001	7	Aziprotryne	0,001	6
Carbendazime	0,025	53	Bendiocarbe	0,001	7	Bénalaxyl	0,001	6
Carbofurane	0,005–0,01	218	Benfuracarbe	0,02	7	Bendiocarbe	0,001	6
Chlorbromuron	0,002–0,025	232	Bénodanil	0,01	7	Benfuracarbe	0,02	6
Chlorfenvinphos	0,005	10	Benthiavalicarbe-isopropyl	0,001	7	Béodanil	0,01	6
Chloridazone	0,005–0,05	84	bêta-HCH	0,02	244	Bénoxacor	0,01	6
Chlorothalonil	0,04	62	Bifenox	0,02	7	Benthiavalicarbe-isopropyl	0,001	6
Chlorpyrifos-(éthyl)	0,005–0,05	223	Bitertanol	0,001	7	bêta-HCH	0,02	192
Chlorpyrifos-méthyl	0,005	10	Bromoxnyl	0,05	244	Bifenox	0,02	6
Cyperméthrine	0,05	6	Bromuconazole	0,001	7	Bitertanol	0,001	6
Cyprodinil	0,04	9	Bupirimate	0,001	7	Boscalide	0,001	6
DEET	0,005–0,05	90	Buprofézine	0,001	7	Bromoxnyl	0,05–0,1	192
delta-HCH	0,02	161	Butocarboxime	0,001	7	Bromuconazole	0,001	6
Dichlobenil	0,04	9	Carbaryl	0,001	7	Bupirimate	0,001	6
Dichlofluanide	0,005–0,04	19	Carbofurane	0,001–0,012	313	Buprofézine	0,001	6
Dichlorprop-P	0,02	6	Carboxine	0,001	7	Butocarboxime	0,001	6
Dichlorvos (DDVP)	0,005	10	Chlorfénapyr	0,02	7	Carbaryl	0,001	6
Dieldrine	0,02	161	Chlorfluazuron	0,001	7	Carbofurane	0,001–0,02	243
Diflufénican	0,025	53	Chloridazone	0,001–0,009	68	Carboxine	0,001	6
Diméthachlore	0,01	6	Chloroxuron	0,001	7	Chlorfénapyr	0,02	6
Diméthoate	0,005–0,05	37	Chlorpyrifos-(éthyl)	0,005–0,02	300	Chlorfenvinphos	0,005	3
Dinosébe	0,02	161	Clofentézine	0,1	7	Chlorfluazuron	0,001	6
Endosulfan alpha	0,05	161	Clopyralide	0,1	7	Chloroxuron	0,001	6
Endosulfan bêta	0,05	161	Cycloxydime	0,001	7	Chlorpyrifos-(éthyl)	0,005–0,05	271

Substance	LQ [µg/l]	Nbre de stations	Substance	LQ [µg/l]	Nbre de stations	Substance	LQ [µg/l]	Nbre de stations
2004			2005			2006		
Endosulfan sulfate	0,02–0,036	213	Cymoxanil	0,001	7	Chlorpyrifos-méthyl	0,005	3
Endrine	0,05	161	Cyperméthrine	0,05	9	Clofentézine	0,1	6
Ethofumésate	0,005–0,05	90	Cyproconazole	0,001	7	Clopyralide	0,1	6
Fenhexamide	0,04	9	DEET	0,01–0,045	70	Cycloxydime	0,001	6
Fénitrothion	0,005	10	delta-HCH	0,02	244	Cymoxanil	0,001	6
Fenpropimorph	0,005–0,05	191	Déméton-S-méthyl	0,02	7	Cyperméthrine	0,05	38
Fenthion	0,005	10	Diafenthuron	0,1	7	Cyproconazole	0,001	6
Fludioxonil	0,04	9	Dichlobenil	0,01	9	Cyprodinil	0,001	6
Fluométuron	0,025	53	Diclobutrazole	0,001	7	DEET	0,005–0,047	82
Fluroxypyr	0,02	6	Dicrotophos	0,001	7	delta-HCH	0,02	192
Heptachlore	0,05	161	Dieldrine	0,02	244	Déméton-S-méthyl	0,02	6
Heptachlore époxyde	0,05	161	Diéthofencarbe	0,02	7	Diafenthuron	0,1	6
Hexachlorobenzène	0,02	161	Difénoconazole	0,001	7	Diazinone	0,003–0,02	292
Iprodione	0,005	10	Difénoxuron	0,001	7	Dicamba	0,005	135
Irgarol_1051	0,005–0,01	16	Diflubenzuron	0,01	7	Diclobutrazole	0,001	6
Iso-chloridazone	0,005	10	Diméthachlore	0,001–0,01	16	Dicrotophos	0,001	6
Lindane	0,02	161	Diméthoate	0,001–0,01	16	Dieldrine	0,02	192
Malathion	0,005–0,1	171	Diméthomorphe	0,001	7	Diéthofencarbe	0,02	6
MCPB	0,02	6	Dimétilan	0,001	7	Difénoconazole	0,001	6
Métamitron	0,005–0,08	273	Diniconazole	0,001	7	Difénoxuron	0,001	6
Métazachlore	0,005–0,15	37	Dinoterbe	0,02	7	Diflubenzuron	0,01	6
Méthabenzthiazuron	0,006–0,025	69	Dioxacarbe	0,001	7	Diflufénican	0,001	6
Méthoxychlore	0,02	161	Diphénylamine	0,1	7	Diméthachlore	0,001–0,01	44
Métobromuron	0,001–0,025	73	Disulfoton	0,1	7	Diméthénamide	0,001–0,01	75
Métoxuron	0,002–0,025	73	Dodémorphe	0,005	7	Diméthoate	0,001–0,01	47
Metsulfuron-méthyl	0,01	5	Endosulfan alpha	0,012–0,05	300	Diméthomorphe	0,001	6
Mévinphos	0,005	10	Endosulfan bêta	0,01–0,05	300	Dimétilan	0,001	6
Molinate	0,01	161	Endosulfan sulfate	0,008–0,02	300	Diniconazole	0,001	6
Monolinuron	0,008–0,15	95	Endrine	0,05	244	Dinoterbe	0,02	6
Monuron	0,025	10	Epoxiconazole	0,001	7	Dioxacarbe	0,001	6
Orbencarbe	0,005	10	Etaconazole	0,001	7	Diphénylamine	0,1	6
Parathion (-éthyl)	0,005–0,05	171	Ethiofencarbe	0,001	7	Disulfoton	0,1	6
Parathion-méthyl	0,005–0,05	171	Ethofumésate	0,01–0,015	70	Dodémorphe	0,005	6
Penconazole	0,005–0,01	16	Ethoxysulfuron	0,001	7	Endosulfan alpha	0,012–0,05	233
Pendiméthaline	0,005–0,05	256	Fénamidone	0,001	7	Endosulfan bêta	0,01–0,05	233
Perméthrine	0,05	6	Fénamiphos	0,001	7	Endosulfan sulfate	0,008–0,02	233
Pirimicarbe	0,005–0,01	176	Fénarimol	0,001	7	Endrine	0,05	192
Procymidone	0,04	9	Fenazaquin	0,02	7	Epoxiconazole	0,001	6
Propachlore	0,01–0,025	59	Fenbuconazole	0,001	7	Etaconazole	0,001	6
Propétamphos	0,005	10	Fenhexamide	0,001	7	Ethiofencarbe	0,001	6
Propiconazole	0,01–0,025	59	Fenoxycarbe	0,005	7	Ethofumésate	0,005–0,012	82
Propoxur	0,003–0,009	57	Fenpiclonil	0,001	7	Ethoxysulfuron	0,001	6
Propyzamide	0,005	10	Fenpropathrine	0,02	7	Fénamidone	0,001–0,005	9
Prosulfocarbe	0,005	10	Fenpropidine	0,005	7	Fénamiphos	0,001	6
Pyrazophos	0,005	10	Fenpropimorphe	0,001–0,05	251	Fénarimol	0,001	6

Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations	Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations	Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations
2004			2005			2006		
Quinalphos	0,005	10	Fenpyroximate	0,01	7	Fenazaquin	0,02	6
Sébuthylazine	0,006–0,02	213	Fipronil	0,02	7	Fenbuconazole	0,001	6
Terbuméton	0,005–0,04	19	Fludioxonil	0,02	7	Fenhexamide	0,001	6
Tétrachlorvinphos	0,003–0,02	217	Flufénoxuron	0,001	7	Fénitrothion	0,005	3
Tolclofos-méthyl	0,005	10	Fluquinconazole	0,02	7	Fenoxycarbe	0,005	6
Triazophos	0,005	10	Fluroxypyr	0,005–0,02	16	Fenpiclonil	0,001	6
Triclopyr	0,02	6	Flurprimidol	0,001	7	Fenpropathrine	0,02	6
Trifloxystrobine	0,04	9	Flusilazole	0,001	7	Fenpropidine	0,005	6
Trifluraline	0,005–0,165	247	Flutolanil	0,001	7	Fenpropimorphe	0,001–0,05	237
Vinclozoline	0,003–0,008	67	Flutriafol	0,001	7	Fenpyroximate	0,01	6
			Foramsulfuron	0,001	7	Fenthion	0,005	3
			Fuberidazole	0,001	7	Fipronil	0,02	6
			Furalaxyl	0,001	7	Fluazifop-butyl	0,001	6
			Furathiocarbe	0,001	7	Fluazinam	0,001	6
			Haloxyp-méthyl	0,001	7	Fludioxonil	0,02	6
			Heptachlore	0,05	244	Flufénoxuron	0,001	6
			Heptachlore époxyde	0,05	244	Fluquinconazole	0,02	6
			Hexaconazole	0,001	7	Fluroxypyr	0,005	6
			Hexaflumuron	0,001	7	Flurprimidol	0,001	6
			Hexythiazox	0,02	7	Flusilazole	0,001	6
			Imazalil	0,001	7	Flutolanil	0,001	6
			Imidaclopride	0,005	7	Flutriafol	0,001	6
			Indoxacarbe	0,02	7	Fuberidazole	0,001	6
			Iodosulfuron-méthyl	0,001	7	Furalaxyl	0,001	6
			loxynil	0,05	244	Furathiocarbe	0,001	6
			lprovalicarbe	0,05	7	Haloxyp-méthyl	0,001	6
			Irgarol_1051	0,01	9	Heptachlore	0,05	192
			Isazophos	0,001	7	Heptachlore époxyde	0,05	192
			Lindane	0,007–0,02	300	Hexaconazole	0,001	6
			Lufénuron	0,001	7	Hexaflumuron	0,001	6
			Malathion	0,01–0,1	244	Hexythiazox	0,02	6
			MCPB	0,02–0,1	16	Imazalil	0,001	6
			Mécarbame	0,1	7	Imidaclopride	0,005	6
			Mépanipirim	0,001	7	Indoxacarbe	0,02	6
			Metconazole	0,001	7	Iodosulfuron-méthyl	0,001	6
			Méthabenzthiazuron	0,001–0,02	77	loxynil	0,05–0,1	192
			Méthiocarbe	0,001	7	lprodione	0,01	3
			Méthomyl	0,001	7	lprovalicarbe	0,05	6
			Méthoxychlore	0,02	244	Irgarol_1051	0,005–0,01	41
			Métobromuron	0,001–0,02	77	Isazophos	0,001	6
			Métolcarbe	0,01	7	Iso-Chloridazon	0,005	3
			Métoxuron	0,001–0,02	77	Lindane	0,007–0,02	233
			Metsulfuron-méthyl	0,001–0,01	9	Linuron	0,001–0,025	281
			Molinate	0,01	244	Lufénuron	0,001	6
			Monocrotophos	0,001	7	Malathion	0,005–0,2	231
			Monolinuron	0,001–0,15	121	MCPB	0,1	6

Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations	Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations	Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations
2004			2005			2006		
			Myclobutanil	0,001	7	Mécarbame	0,1	6
			Norflurazon	0,001	7	Mépanipirim	0,001	6
			Nuarimol	0,001	7	Metconazole	0,001	6
			Ométhoate	0,02	7	Méthabenzthiazuron	0,001–0,025	88
			Orbencarbe	0,01	7	Méthiocarbe	0,001	6
			Orthosulfamuron	0,02	7	Méthomyl	0,001	6
			Oryzaline	0,001	7	Méthoxychlore	0,02	192
			Oxadiazon	0,001	7	Métobromuron	0,001–0,025	88
			Oxadixyl	0,001–0,05	16	Métolcarbe	0,01	6
			Oxamyl	0,02	7	Métosulame	0,001	6
			Paclobutrazole	0,001	7	Métoxuron	0,001–0,025	88
			Parathion (-éthyl)	0,05	244	Métribuzine	0,001–0,02	116
			Parathion-méthyl	0,05	244	Molinate	0,01	192
			Penconazole	0,01	9	Monocrotophos	0,001	6
			Pencycuron	0,001	7	Monolinuron	0,001–0,025	93
			Pendiméthaline	0,01–0,036	309	Monuron	0,001–0,025	9
			Perméthrine	0,05	9	Myclobutanil	0,001	6
			Phenmédiaphame	0,005	7	Norflurazon	0,001	6
			Phenthoate	0,02	7	Nuarimol	0,001	6
			Phosalone	0,001	7	Ométhoate	0,02	6
			Pirimicarbe	0,001–0,01	255	Orbencarbe	0,005–0,01	9
			Prochloraz	0,001	7	Orthosulfamuron	0,02	6
			Procymidone	0,007	59	Oryzaline	0,001	6
			Promécarbe	0,001	7	Oxadiazon	0,001	6
			Propachlore	0,001–0,01	16	Oxamyl	0,02	6
			Propamocarbe	0,001	7	Paclobutrazole	0,001	6
			Propanil	0,001	7	Parathion (-éthyl)	0,005–0,05	193
			Propaquizafop	0,02	7	Parathion-méthyl	0,01–0,1	193
			Propétamphos	0,02	7	Penconazole	0,005–0,01	41
			Prophame	0,001	7	Pencycuron	0,001	6
			Propyzamide	0,001	7	Perméthrine	0,05	38
			Prosulfocarbe	0,001	7	Phenmédiaphame	0,005	6
			Pymétrozine	0,001	7	Phenthoate	0,02	6
			Pyridabène	0,01	7	Phosalone	0,001	6
			Pyrifénox	0,001	7	Picoxystrobine	0,001	6
			Pyriméthanyl	0,001	7	Pirimicarbe	0,001–0,01	241
			Quizalofop-P-éthyl	0,01	7	Prochloraz	0,001	6
			Spinosad	0,01	7	Procymidone	0,007	42
			Spirodiclofène	0,02	7	Promécarbe	0,001	6
			Spiroxamine	0,005	7	Propachlore	0,001–0,01	44
			Tébuconazole	0,001	7	Propamocarbe	0,001	6
			Tébufénozide	0,05	7	Propanil	0,001	6
			Tébufenpyrad	0,001	7	Propaquizafop	0,02	6
			Téflubenzuron	0,001	7	Propétamphos	0,005–0,02	9
			Tepraloxydim	0,001	7	Prophame	0,001	6
			Terbacile	0,02	7	Propiconazole	0,001–0,02	44

Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations	Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations	Substance	LQ [$\mu\text{g/l}$]	Nbre de stations
2004			2005			2006		
			Tétrachlorvinphos	0,008–0,02	302	Propyzamide	0,001–0,005	9
			Tétraconazole	0,001	7	Prosulfocarbe	0,001–0,005	9
			Thiabendazole	0,001	7	Pymétrozone	0,001	6
			Thiaclopride	0,001	7	Pyrazophos	0,005	3
			Thiaméthoxam	0,02	7	Pyridabène	0,01	6
			Thifensulfuron-méthyl	0,001	7	Pyrifénox	0,001	6
			Thiobencarbe	0,001	7	Pyriméthanyl	0,001	6
			Thiodicarbe	0,001	7	Quinalphos	0,005	3
			Thiofanox	0,001	7	Quizalofop-P-Ethyl	0,01	6
			Thiophanate (-éthyl)	0,1	7	Spinosad	0,01	6
			Thiophanate-méthyl	0,1	7	Spirodiclofène	0,02	6
			Tolclofos-méthyl	0,1	7	Spiroxamine	0,005	6
			Triadiméfon	0,001	7	Tébuconazole	0,001–0,01	9
			Triadiménol	0,001	7	Tébufénoside	0,05	6
			Triasulfuron	0,001	7	Tébufenpyrad	0,001	6
			Triclopyr	0,02–0,1	16	Téflubenzuron	0,001	6
			Tricyclazole	0,001	7	Tepraloxydim	0,001	6
			Triflumizole	0,001	7	Terbacile	0,02	6
			Trifluraline	0,004–0,165	302	Tétrachlorvinphos	0,009–0,02	233
			Triforine	0,01	7	Tétraconazole	0,001	6
			Vamidothion	0,001	7	Thiabendazole	0,001	6
			Vinclozoline	0,008	61	Thiaclopride	0,001	6
						Thiaméthoxam	0,02	6
						Thifensulfuron-méthyl	0,001	6
						Thiobencarbe	0,001	6
						Thiodicarbe	0,001	6
						Thiofanox	0,001	6
						Thiophanate (-éthyl)	0,1	6
						Thiophanate-méthyl	0,1	6
						Tolclofos-méthyl	0,005–0,1	9
						Tolyfluanid	0,005	3
						Triadiméfon	0,001	6
						Triadiménol	0,001	6
						Triasulfuron	0,001	6
						Triazophos	0,005	3
						Triclopyr	0,1	6
						Tricyclazole	0,001	6
						Triflumizole	0,001	6
						Triflumuron	0,001	6
						Trifluraline	0,004–0,01	233
						Triforine	0,01	6
						Vamidothion	0,001	6
						Vinclozoline	0,005–0,008	44

Tab. 20 > Composés organiques volatils (COV)

Substance			Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station ≥ LQ)				
	Type	LQ [µg/l]	n	≥ LQ	dont > limite ⁴⁴	≥ LQ	> limite	min. [µg/l]	1 ^{er} quartile [µg/l]	médiane [µg/l]	3 ^e quartile [µg/l]	max. [µg/l]
2004												
Programme standard												
1,1,1-Trichloroéthane NT	HHV	0,01–0,3	377	42	6	11	2	0,01	0,07	0,11	0,40	4,90
Benzène	HAM	0,029–0,5	421	4	1	1	0,2	0,10	0,10	0,51	2,21	3,50
Chloroforme NT	HHV	0,013–0,27	358	36	0	10	0	0,03	0,09	0,17	0,28	0,72
Ethylbenzène	HAM	0,013–0,5	421	4	0	1	0	0,04	0,07	0,10	0,52	0,93
m/p-xylènes NS	HAM	0,026–0,5	382	4	1	1	0,3	0,10	0,15	0,25	1,10	1,90
MTBE	Ether	0,015–1	421	78	1	19	0,2	0,02	0,08	0,13	0,29	4,50
o-xylène NS	HAM	0,013–0,5	382	3	1	0,8	0,3	0,03				2,00
Tétrachloroéthane NT	HHV	0,01–0,25	377	77	25	20	7	0,03	0,15	0,36	1,30	24,00
Tétrachlorométhane NT	HHV	0,01–0,6	376	7	0	2	0	0,02	0,02	0,07	0,23	0,33
Toluène	HAM	0,019–0,5	421	10	0	2	0	0,10	0,10	0,35	0,67	0,97
Trichloroéthane NT	HHV	0,01–0,3	377	63	6	17	2	0,03	0,10	0,25	0,60	4,50
Autres substances détectées (analyses complémentaires dans certains cantons)												
1,1,2,2-tétrachloroéthane	HHV	0,013–0,2	316	1	0	0,3	0	0,08				0,08
1,1-dichloroéthane	HHV	0,01–0,5	316	2	0	0,6	0	0,10				0,26
1,1-dichloroéthylène	HHV	0,013–0,29	316	1	0	0,3	0	0,02				0,02
1,2,3-trichlorobenzène	HAM	0,013–0,26	305	1	0	0,3	0	0,10				0,10
1,2-dichlorobenzène	HAM	0,013–0,5	316	1	1	0,3	0,3	1,20				1,20
1,2-dichloroéthane	HHV	0,013–0,27	316	1	0	0,3	0	0,09				0,09
1,2-dichloropropane	HHV	0,01–0,2	316	1	0	0,3	0	0,09				0,09
Bromobenzène	HAM	0,013–0,2	305	1	0	0,3	0	0,10				0,10
Bromodichlorométhane	HHV	0,01–0,2	316	7	0	2	0	0,03	0,12	0,20	0,46	0,78
Bromométhane	HHV	0,027–0,26	188	1	0	0,5	0	0,01				0,01
Bromoforme	HHV	0,01–0,234	316	3	0	0,9	0	0,09				0,20
Chlorobenzène	HAM	0,013–0,5	316	1	1	0,3	0,3	2,60				2,60
Chloroéthylène	HHV	0,017–0,2	188	2	0	1	0	0,06				0,18
Chlorométhane	HHV	0,018–0,48	183	2	0	1	0	0,03				0,05
cis-1,2-dichloroéthylène	HHV	0,008–0,2	305	11	0	4	0	0,03	0,19	0,31	0,50	0,90
Dibromochlorométhane	HHV	0,01–0,2	316	4	0	1	0	0,18	0,21	0,27	0,40	0,50
Dibromométhane	HHV	0,013–0,28	305	2	0	0,7	0	0,16				0,96
Dichlorodifluorométhane	HHV	0,036–0,32	183	8	3	4	2	0,02	0,07	0,18	1,36	5,15
Hexachlorobutadiène	HHV	0,013–0,38	305	1	0	0,3	0	0,30				0,30
Chlorure de méthylène	HHV	0,013–5	315	5	0	2	0	0,02				0,36
Naphtalène	HAP	0,013–0,23	305	1	0	0,3	0	0,02				0,02
Styrène	HAM	0,013–0,25	321	1	0	0,3	0	0,20				0,20
Trichlorofluorométhane	HHV	0,01–0,22	208	11	1	5	0,5	0,01	0,04	0,14	0,32	2,13

⁴⁴ 1 µg/l pour chaque substance (exigence chiffrée de l'OEaux), à l'exception du MTBE (valeur indicative des *Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines* = 2 µg/l) et du naphtalène (exigence chiffrée de l'OEaux = 0,1 µg/l).

Substance			Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station \geq LQ)				
	Type	LQ [$\mu\text{g/l}$]	n	\geq LQ	dont > limite ⁴⁴	\geq LQ	> limite	min. [$\mu\text{g/l}$]	1 ^{er} quartile [$\mu\text{g/l}$]	médiane [$\mu\text{g/l}$]	3 ^e quartile [$\mu\text{g/l}$]	max. [$\mu\text{g/l}$]

2005

Programme standard

1,1,1-trichloroéthane NT	HHV	0,01–0,3	426	39	6	9	1	0,01	0,07	0,17	0,56	5,70
Benzène	HAM	0,01–0,4	503	8	0	2	0	0,03	0,06	0,08	0,11	0,32
Chloroforme NT	HHV	0,013–0,3	419	38	5	9	1	0,02	0,10	0,15	0,40	5,50
cis-1,2-dichloroéthylène NT	HHV	0,013–0,5	352	11	0	3	0	0,04	0,20	0,28	0,40	0,70
Ethylbenzène	HAM	0,01–0,5	505	11	0	2	0	0,04	0,06	0,10	0,23	0,42
m/p-xylènes NS	HAM	0,01–0,5	473	11	1	2	0,2	0,06	0,10	0,18	0,20	1,30
MTBE	Ether	0,015–0,25	496	79	0	16	0	0,04	0,05	0,10	0,14	0,50
o-xylène NS	HAM	0,01–0,5	477	9	0	2	0	0,06	0,08	0,23	0,43	0,50
Tétrachloroéthylène NT	HHV	0,01–0,18	426	81	19	19	4	0,02	0,10	0,29	0,88	170,00
Tétrachlorométhane NT	HHV	0,01–0,6	389	7	0	2	0	0,04	0,05	0,08	0,14	0,22
Toluène	HAM	0,03–1,5	495	16	2	3	0,4	0,06	0,10	0,11	0,42	8,10
Trichloroéthylène NT	HHV	0,01–0,3	426	64	7	15	2	0,04	0,10	0,22	0,46	14,00
Trichlorofluorométhane NT	HHV	0,01–0,21	226	13	1	6	0,4	0,01	0,03	0,07	0,24	4,08

Autres substances détectées (analyses complémentaires dans certains cantons)

1,1,1,2-tétrachloroéthane	HHV	0,013–0,2	336	1	0	0,3	0	0,15				0,15
1,1,2-trichloroéthane	HHV	0,013–0,2	336	2	0	0,6	0	0,06				0,16
1,1-dichloroéthane	HHV	0,01–0,5	336	3	0	0,9	0	0,01				0,25
1,1-dichloroéthylène	HHV	0,013–0,24	341	1	0	0,3	0	0,06				0,06
1,2,4-triméthylbenzène	HAM	0,01–0,8	356	8	0	2	0	0,05	0,06	0,10	0,25	0,45
1,2-dichlorobenzène	HAM	0,013–1	324	1	1	0,3	0,3	10,00				10,00
1,2-dichloroéthane	HHV	0,013–0,2	336	3	1	0,9	0,3	0,16				3,90
1,2-dichloropropane	HHV	0,013–0,2	336	2	0	0,6	0	0,04				0,10
1,3,5-triméthylbenzène	HAM	0,01–0,8	356	2	0	0,6	0	0,05				0,09
1,3-dichlorobenzène	HAM	0,013–0,5	336	1	0	0,3	0	0,13				0,13
1,4-dichlorobenzène	HAM	0,01–0,5	336	1	0	0,3	0	0,37				0,37
2-chlorotoluène	HAM	0,01–0,12	324	3	0	0,9	0	0,02				0,03
Bromodichlorométhane	HHV	0,01–0,2	341	4	1	1	0,3	0,16	0,23	0,41	1,21	1,90
Bromoforme	HHV	0,01–0,2	341	3	0	0,9	0	0,06				0,16
Chlorobenzène	HAM	0,01–0,5	336	3	1	0,9	0,3	0,01				3,40
Chloroéthane	HHV	0,03–0,18	135	1	0	0,7	0	0,56				0,56
Chloroéthylène	HHV	0,03–0,74	155	2	0	1	0	0,28				0,67
Chlorométhane	HHV	0,02–0,29	135	2	1	1	0,7	0,05				1,72
cis-1,3-dichloropropène	HHV	0,013–0,16	336	3	0	0,9	0	0,05				0,11
Dibromochlorométhane	HHV	0,01–0,2	336	5	1	1	0,3	0,08	0,30	0,31	0,40	2,50
Dichlorodifluorométhane	HHV	0,05–0,39	135	10	2	7	1	0,05	0,08	0,20	0,45	4,07
Hexachlorobutadiène	HHV	0,013–0,37	324	1	0	0,3	0	0,40				0,40
Isopropylbenzène	HAM	0,013–0,4	344	1	0	0,3	0	0,30				0,30
Chlorure de méthylène	HHV	0,013–0,5	341	12	0	4	0	0,02	0,03	0,05	0,11	0,50
Styrène	HAM	0,013–0,25	344	4	0	1	0	0,06	0,10	0,22	0,30	0,30

Substance			Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station ≥ LQ)				
	Type	LQ [µg/l]	n	≥ LQ	dont > limite ⁴⁴	≥ LQ	> limite	min. [µg/l]	1 ^{er} quartile [µg/l]	médiane [µg/l]	3 ^e quartile [µg/l]	max. [µg/l]

2006

Programme standard

1,1,1-trichloroéthane	HHV	0,01–0,17	431	39	5	9	1	0,01	0,05	0,11	0,41	4,30
1,1,2,2-tétrachloroéthane NS	HHV	0,02–0,2	401	1	1	0,2	0,2	1,40				1,40
1,1-dichloroéthane NS	HHV	0,02–0,5	401	2	0	0,5	0	0,08				0,20
1,2,3-trichlorobenzène NS	HAM	0,004–0,14	401	1	0	0,2	0	0,60				0,60
1,2,4-triméthylbenzène NS	HAM	0,01–0,5	401	5	0	1	0	0,10	0,14	0,20	0,20	0,40
1,2-dichlorobenzène NS	HAM	0,02–0,18	401	3	1	0,7	0,2	0,02				1,20
1,2-dichloroéthane NS	HHV	0,01–0,2	401	2	0	0,5	0	0,05				0,20
1,2-dichloropropane NS	HHV	0,01–0,2	401	1	0	0,2	0	0,07				0,07
1,3,5-triméthylbenzène NS	HAM	0,02–0,5	401	3	0	0,7	0	0,07				0,10
Benzène	HAM	0,01–0,5	431	4	0	0,9	0	0,01	0,06	0,10	0,10	0,10
Bromobenzène NS	HAM	0,02–0,11	401	0	0	0	0					
Bromodichlorométhane	HHV	0,01–0,2	431	4	0	0,9	0	0,12	0,15	0,24	0,42	0,53
Bromométhane NS	HHV	0,02–0,23	401	0	0	0	0					
Bromoforme NS	HHV	0,01–0,2	401	3	0	0,7	0	0,05				0,72
Chlorobenzène NS	HAM	0,01–0,5	401	1	0	0,2	0	0,55				0,55
Chloroéthylène NS	HHV	0,02–0,35	401	4	0	1	0	0,10	0,10	0,37	0,76	0,87
Chlorométhane NS	HHV	0,03–0,2	354	2	1	1	0,3	0,18				1,10
Chloroforme	HHV	0,02–0,2	431	45	1	10	0,2	0,03	0,10	0,13	0,22	4,90
cis-1,2-dichloroéthylène	HHV	0,02–0,1	431	13	1	3	0,2	0,03	0,15	0,23	0,30	1,08
Dibromochlorométhane NS	HHV	0,01–0,2	401	5	1	1	0,2	0,02	0,05	0,10	0,22	1,04
Dibromométhane NS	HHV	0,01–0,2	401	0	0	0	0					
Dichlorodifluorométhane	HHV	0,01–0,3	431	8	4	2	0,9	0,01	0,62	1,09	2,03	11,10
Ethylbenzène	HAM	0,02–0,5	431	5	1	1	0,2	0,04	0,20	0,20	0,70	3,80
Hexachlorobutadiène NS	HHV	0,03–0,22	401	1	0	0,2	0	0,30				0,30
m/p-xylènes NS	HAM	0,02–0,5	401	5	1	1	0,2	0,10	0,30	0,90	0,90	21,00
Chlorure de méthylène NS	HHV	0,02–0,5	401	22	1	5	0,2	0,02	0,03	0,07	0,10	2,20
MTBE	Ether	0,024–1	431	53	1	12	0,2	0,04	0,06	0,10	0,20	6,40
Naphtalène NS	HAP	0,005–0,33	401	1	1	0,2	0,2	1,60				1,60
o-xylène NS	HAM	0,02–0,5	401	4	1	1	0,2	0,10	0,15	0,35	5,75	11,00
Styrène NS	HAM	0,02–0,11	401	3	1	0,7	0,2	0,04				7,20
Tétrachloroéthylène	HHV	0,01–0,1	431	83	22	19	5	0,02	0,11	0,32	1,08	250,00
Tétrachlorométhane	HHV	0,01–0,5	431	6	0	1	0	0,02	0,03	0,05	0,22	0,30
Toluène	HAM	0,02–1	431	16	4	4	0,9	0,10	0,17	0,40	1,00	20,00
Trichloroéthylène	HHV	0,01–0,1	431	71	3	16	0,7	0,04	0,10	0,29	0,42	3,21
Trichlorofluorométhane	HHV	0,01–0,15	431	17	1	4	0,2	0,01	0,02	0,11	0,34	5,78

Autres substances détectées (analyses complémentaires dans certains cantons)

1,1-dichloroéthylène	HHV	0,02–0,22	401	1	0	0,2	0	0,07				0,07
1,4-dichlorobenzène	HAM	0,02–0,29	315	1	0	0,3	0	0,08				0,08
Chloroéthane	HHV	0,01–0,2	272	1	0	0,4	0	0,07				0,07
cis-1,3-dichloropropène	HHV	0,02–0,1	315	2	0	0,6	0	0,11				0,11
Isopropylbenzène	HAM	0,01–0,14	303	1	0	0,3	0	0,30				0,30
n-propylbenzène	HAM	0,01–0,18	303	2	0	0,7	0	0,07				0,20

HHV: hydrocarbures (aliphatiques) halogénés volatils; HAM: hydrocarbures aromatiques monocycliques; HAP: hydrocarbures aromatiques polycycliques.

Tab. 21 > Autres composés organiques volatils (COV) non détectés*Analyses complémentaires dans certains cantons.*

Substance	Type	LQ [$\mu\text{g/l}$]	n stations	LQ [$\mu\text{g/l}$]	n stations	LQ [$\mu\text{g/l}$]	n stations
		2004		2005		2006	
1,1,1,2-tétrachloroéthane	HHV	0,013–0,2	305	0,01–0,14	324	0,02–0,1	303
1,1,2-trichloroéthane	HHV	0,013–0,2	316			0,02–0,2	315
1,1-dichloropropène	HHV	0,013–0,26	305	0,013–0,23	324	0,01–0,24	303
1,2,3-trichlorobenzène	HAM			0,013–0,18	324		
1,2,3-trichloropropane	HHV	0,013–0,2	305	0,013–0,2	324	0,02–0,2	303
1,2,3-triméthylbenzène	HAM	0,5–0,8	30	0,06–0,8	32	0,05–0,5	12
1,2,4-trichlorobenzène	HAM	0,013–0,22	305	0,01–0,16	324	0,01–0,1	303
1,2,4-triméthylbenzène	HAM	0,013–0,8	335				
1,2-dibromo-3-chloropropane	HHV	0,013–1	305	0,013–1	324	0,03–1	303
1,2-dibromométhane	HHV	0,013–0,2	305	0,013–0,2	324	0,02–0,2	303
1,3,5-triméthylbenzène	HAM	0,013–0,8	335				
1,3-dichlorobenzène	HAM	0,013–0,5	316			0,02–0,11	315
1,3-dichloropropane	HHV	0,013–0,2	305	0,013–0,14	324	0,02–0,1	303
1,4-dichlorobenzène	HAM	0,013–0,5	316				
1-chlorobutane	HHV					0,05	19
2,2-dichloropropane	HHV	0,013–0,5	305	0,013–0,5	324	0,03–0,5	303
2-chlorotoluène	HAM	0,013–0,39	305			0,02–0,1	303
4-chlorotoluène	HAM	0,013–0,2	305	0,013–0,18	324	0,01–0,1	303
Bromobenzène	HAM			0,013–0,16	324		
Bromochlorométhane	HHV	0,013–0,29	291	0,01–0,2	304	0,02–0,2	288
Bromométhane	HHV			0,05–0,19	155		
Chloroéthane	HHV	0,022–0,2	183				
Chloropropène	HHV					0,05	19
cis-1,3-dichloropropène	HHV	0,013–0,2	316				
Dibromométhane	HHV			0,013–0,2	324		
Diéthyléther	Ether					0,05	19
ETBE	Ether			0,032	13	0,03–0,15	96
Hexachloroéthane	HHV					0,05	19
Isopropylbenzène	HAM	0,013–0,4	324				
Isopropyltoluène	HAM	0,05	14	0,05	20	0,05	15
m/p-éthyltoluènes	HAM	0,8	19	0,8	20		
Naphtalène	HAP			0,05–0,2	311		
n-butylbenzène	HAM	0,013–0,21	305	0,013–0,25	324	0,03–0,12	303
n-décane	Hali	0,05–0,6	30	0,05–0,6	40	0,05–0,5	15
n-heptane	Hali	0,05–0,2	30	0,05–0,2	40	0,05–0,5	15
n-hexane	Hali	0,15–0,5	30	0,05–0,5	40	0,5	15
n-nonane	Hali	0,05–0,6	30	0,05–0,6	40	0,05–0,5	15
n-octane	Hali	0,05–0,25	30	0,05–0,25	40	0,05–0,5	15
n-pentane	Hali	0,05	11	0,05	20	0,05–0,5	15

Substance	Type	LQ [µg/l]	n stations	LQ [µg/l]	n stations	LQ [µg/l]	n stations
		2004		2005		2006	
n-propylbenzène	HAM	0,013–0,8	324	0,013–0,8	344		
o-éthyltoluène	HAM	0,8	19	0,8	20		
Pentachloroéthane	HHV					0,05	19
p-isopropyltoluène	HAM	0,013–0,22	291	0,01–0,21	304	0,03–0,1	288
sec-butylbenzène	HAM	0,013–0,3	291	0,013–0,35	304	0,02–0,15	288
TBA	Alc.	0,335	9	0,034–0,04	13	0,034–0,036	16
tert-butylbenzène	HAM	0,013–0,23	305	0,013–0,3	324	0,02–0,21	303
trans-1,2-dichloroéthylène	HHV	0,013–0,26	316	0,013–0,28	336	0,02–0,18	315
trans-1,3-dichloropropène	HHV	0,013–0,2	316	0,013–0,23	336	0,02–0,2	315
trans-1,4-dichloro-2-butène	HHV					0,05	19

HHV: hydrocarbures (aliphatiques) halogénés volatils; HAM: hydrocarbures aromatiques monocycliques; HAP: hydrocarbures aromatiques polycycliques; Hali: hydrocarbures aliphatiques; Alc.: alcools.

Tab. 23 > Agents complexants et indicateurs d'eaux usées*Données de la période 2004 à 2006 (CN-: 2004).*

Substance	LQ [µg/l]	Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station ≥ LQ)				
		n	≥ LQ	> Limite	≥ LQ	> limite	min. [µg/l]	1 ^{er} quartile [µg/l]	médiane [µg/l]	3 ^e quartile [µg/l]	max. [µg/l]
EDTA	0,1 – 0,5	50	19	0	38	0	0,2	0,5	0,8	1,0	1,6
NTA	0,1 – 0,5	50	0	0	0	0					
CN-	10	50	0	0	0	0					
Bore	2	50	49	2	98	4	3	10	18	30	111

Tab. 24 > Chlorures, sulfates et paramètres hydrochimiques de base*Période 2004 à 2006.*

Substance/élément	LQ	Nombre de stations			Part des stations [%]		Statistiques				
		n	≥ LQ	> limite	> LQ	> limite	min.	1 ^{er} quartile	médiane	3 ^e quartile	max.

Chlorures et sulfates, valeurs maximales par station

Cl [mg/l]	0,1	50	50	1	100	2	0,4	5,5	11,3	21,4	46,8
SO ₄ [mg/l]	1	50	50	4	100	8	2,7	13,6	23,7	40,1	132

Paramètres hydrochimiques de base, valeurs moyennes des stations *

Conductivité électrique (µS/cm)		50	50		100		66	385	583	685	810
pH		50	50		100		6,0	7,3	7,3	7,5	7,9
Dureté carbonatée (°fH)		50	50		100		1,2	17,6	23,9	29,3	35,6
Dureté totale (°fH)		50	50		100		2,1	19,1	28,3	34,0	44,5
AOX (µg Cl/l)	1,0	50	49	0	98	0	1,0	1,3	1,7	2,4	7,6
DOC (mg C/l)	0,2	50	50	1	100	2	0,4	0,5	0,7	0,8	2,2
O ₂ (mg/l)	0,1	50	50		100		0,5	6,1	7,2	9,0	11,2
Na (mg/l)	0,1	50	50		100		0,5	2,4	5,0	8,7	27,5
K (mg/l)	0,1	50	50		100		0,3	0,9	1,8	2,4	5,2
Mg (mg/l)	0,1	50	50		100		0,8	6,9	13,4	17,8	41,1
Ca (mg/l)	0,1	50	50		100		6,6	63,6	88,8	109,7	142,1
Si (mg/l)	0,01	50	50		100		0,7	2,5	3,3	4,4	6,9

* Pour les calculs de l'AOX, les résultats inférieurs à la limite de quantification ont été arrondis à cette limite.

Tab. 25 > Eléments traces
Données de la période 2004 à 2006 (Li: 2005 à 2006).

Elément	Nombre de stations				Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station \geq LQ)				
	LQ [$\mu\text{g/l}$]	n	\geq LQ	> limite	\geq LQ	> limite	min. [$\mu\text{g/l}$]	1 ^{er} quartile [$\mu\text{g/l}$]	médiane [$\mu\text{g/l}$]	3 ^e quartile [$\mu\text{g/l}$]	max. [$\mu\text{g/l}$]
Métaux lourds											
Ti	1	50	1	-	2						6,9
Cr	1	50	7	4	14	8	1,3	1,6	2,0	3,3	4,3
Co	1	50	0	-	0						
Ni	1	50	4	0	8		1,6	1,8	1,9	2,1	2,2
Cu	1	50	23	8	46	16	1,1	1,6	1,7	2,3	4,3
Zn	1	47	38	7	81	15	1,0	1,8	2,4	4,1	30,0
Cd	0,2	50	0	*	0						
Hg	0,5	50	0	*	0						
Pb	1	50	0	0	0						

Autres éléments traces

Li	1	50	44	-	88		1	2	4	5	11
Be	1	50	0	-	0						
Sr	10	50	50	-	100		40	235	410	528	1100
Ba	10	50	49	0	98		10	30	60	90	200
As	0,5	50	12	1	24	2	0,6	0,9	1,3	1,5	7,8
Se	1	50	1	0	2						2,7
F	10	50	50	0	100		50	80	90	128	440

* Limite de quantification > valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines

Tab. 26 > Radionucléides
Etude pilote de 2005.

Isotope	Nombre de stations				Part des stations [%]		Statistiques (valeurs max. par station \geq LQ)				
	LQ	n	\geq LQ	> limite*	\geq LQ	> limite*	min.	1 ^{er} quartile	médiane	3 ^e quartile	max.
³ H [Bq/l]	0,5	50	50	0	100	0	0,8	1,3	1,5	2,2	7,1
²²² Rn [Bq/l]	1	50	50	-	100	-	2,9	8,7	12,2	17,6	73,1
²²⁶ Ra [mBq/l]	5	50	50	0	100	0	5	6	7	10	13
²³⁴ U + ²³⁸ U [mBq/l]	10	50	37	0	74	0	10	15	23	35	266

 * Valeur de tolérance pour le tritium: < 1000 Bq/l (OSEC); valeur limite totale pour le radium dans les aliments liquides: 1 Bq/l (OSEC); valeur limite totale pour ²³⁴U + ²³⁸U: 10 Bq/l (OSEC)

A3 Produits phytosanitaires: type, autorisation et domaines d'utilisation

Tab. 27 > Produits phytosanitaires: type, autorisation et domaines d'utilisation

Substance	Autorisation CH	Type	Principaux domaines d'utilisation des substances autorisées en Suisse et détectées dans les eaux souterraines de 2004 à 2006
2,4,5-T	X	H	
2,4,5-TP (fénoPROP)	X	H	
2,4-D	1	H	Fruits, céréales, maïs, pâturages
2,4-DB	X	H	
2,4-DDD	X	I	
2,4-DDE	X	I	
2,4-DDT	X	I	
2,6-dichlorobenzamide		M	(Dichlobenil: groseillier, viticulture, prairies et pâturages (Rumex), arboriculture, pépinières forestières)
2-hydroxyatrazine		M	(Atrazine: maïs, roseau de Chine)
2-hydroxydéséthylatrazine		M	(Atrazine: maïs, roseau de Chine)
2-hydroxysimazine		M	(Simazine: fruits à pépins, baies, vigne, rhubarbe, roseau de Chine, maïs, asperges, plantes ligneuses, toutes les cultures)
2-hydroxyterbutylazine		M	(Terbutylazine: fruits, vigne, féveroles, pommes de terre [toujours en mélange avec terbutryne, diuron et/ou glyphosate])
4,4-DDD	X	I	
4,4-DDE	X	I	
4,4-DDT	X	I	
Acétamipride	1	I	
Acétochlore	X	H	
Alachlore	1	H	Kénaf, maïs, soja, tournesol
Aldicarbe	1	I	Betterave sucrière, plantes ornementales (sous abri)
Aldicarbe sulfoxyde	X	F	
Aldoxycarbe	X	I	
Aldrine	X	I	
alpha-HCH	X	I	
Amétryne	X	H	
Amidosulfuron	1	H	Céréales, prairies et pâturages (Rumex)
AMPA		M	(Glyphosate: toutes les cultures, herbicide total)
Asulame	1	H	
Atrazine	8	H	Maïs, roseau de Chine
Azaconazole	8	F	Fruits à pépins, arboriculture (cicatrisation des plaies)
Azinphos-éthyl	X	I	
Azinphos-méthyl	0	I	
Aziprotryne	X	H	
Azoxystrobine	1	F	
Bénalaxyl	1	F	
Bendiocarbe	0	I	
Benfuracarbe	X	I	
Bénodanil	X	F	

Substance	Autorisation CH	Type	Principaux domaines d'utilisation des substances autorisées en Suisse et détectées dans les eaux souterraines de 2004 à 2006
Bénoxacor	1	H	
Bentazone	1	H	Haricots nains, pois, soja, céréales, pommes de terre, pois, lin, luzerne, maïs
Benthiavalicarbe-isopropyl	1	F	
bêta-HCH		NP	
Bifénox	1	H	
Bitertanol	1	F	
Boscalide	1	F	Vigne, colza
Bromacil	X	H	
Bromopropylate	8	A	Fruits, baies, vigne, diverses plantes ornementales
Bromoxynil	1	H	
Bromuconazole	X	F	
Bupirimate	1	F	
Buprofézine	1	I	
Butocarboxime	0	I	
Carbaryl	X	I	
Carbendazime	1	F	Fruits, légumes (sous abri), plants de pommes de terre, plantes ornementales, cultures de champignons, colza, salades, haricots
Carbofurane	1	I	
Carboxine	1	F	
Chlorbromuron	X	H	
Chlorfénapyr	X	I	
Chlorfenvinphos	1	I	
Chlorfluazuron	X	I	
Chloridazone	1	H	Betterave à salade, betterave sucrière, betterave fourragère
Chlorothalonil	1	F	
Chloroxuron	X	H	
Chlorpyrifos-(éthyl)	1	I	
Chlorpyrifos-méthyl	1	I	
Chlortoluron	8	H	Céréales d'automne
Clofentézine	1	I	
Clopyralide	1	H	
Cyanazine	8	H	Pois
Cycloxydime	1	H	
Cymoxanil	1	F	
Cyperméthrine	1	I	
Cyproconazole	1	F, S	
Cyprodinil	1	F	Fruits, céréales, baies, salades, oignon, gazon d'ornement et terrains de sport, plantes ornementales
DEET	X	R	
delta-HCH		NP	
Déméton-S-méthyl	X	I	
Déséthylatrazine		M	(Atrazine: maïs, roseau de Chine)
Déséthylidésisopropyl-		M	(Atrazine: maïs, roseau de Chine)

Substance	Autorisation CH	Type	Principaux domaines d'utilisation des substances autorisées en Suisse et détectées dans les eaux souterraines de 2004 à 2006
atrazine			
Déséthylterbuthylazine		M	(Terbuthylazine: fruits, vigne, féveroles, pommes de terre [toujours en mélange avec terbutryne, diuron et/ou glyphosate])
Désisopropylatrazine		M	(Atrazine: maïs, roseau de Chine)
Diafenthiuron	1	A, I	
Diazinone	1	I	Fruits, vigne, légumes, betterave, colza, plantes ornementales, jardins privés
Dicamba	1	H	Céréales, maïs, jachère, roseau de Chine, gazon d'ornement et terrains de sport, prairies et pâturages (Rumex)
Dichlobenil	1	H	Groseille, vigne, prairies et pâturages (Rumex), pépinières forestières, arboriculture
Dichlofluanide	0	F	
Dichlorprop-P	1	H	Céréales
Dichlorvos (DDVP)	1	I	
Diclobutrazole	X	F	
Dicrotophos	X	I	
Dieldrine	X	I	
Diéthofencarbe	1	F	
Difénoconazole	1	F	
Difénoxuron	X	H	
Diflubenzuron	1	I	
Diflufénican	1	H	
Diméfuron	8	H	Pois, colza
Diméthachlore	1	H	
Diméthénamide	1	H	Roseau de Chine, maïs, féverole, haricot nain, soja, tournesol, betterave
Diméthénamide ESA		M	(Diméthénamide: roseau de Chine, maïs, féverole, haricots nains, soja, tournesol, betterave)
Diméthénamide OXA		M	(Diméthénamide: roseau de Chine, maïs, féverole, haricots nains, soja, tournesol, betterave)
Diméthoate	1	I	
Diméthomorphe	1	F	
Dimétilan	X	I	
Diniconazole	X	F	
Dinosèbe	0	H	
Dinoterbe	X	H	
Dioxacarbe	X	I	
Diphénylamine	X	I	
Disulfoton	X	I	
Diuron	1	H	Fruits, vigne, asperges, bruyère
Dodémorphe	1	F	
Endosulfan alpha	8	I	
Endosulfan bêta	8	I	
Endosulfan sulfate		M	
Endrine	X	I	
Epoxiconazole	1	F	
Etaconazole	X	F	
Ethiofencarbe	0	I	

Substance	Autorisation CH	Type	Principaux domaines d'utilisation des substances autorisées en Suisse et détectées dans les eaux souterraines de 2004 à 2006
Ethofumésate	1	H	
Ethoxysulfuron	X	H	
Fénamidone	1	F	
Fénamiphos	X	N	
Fénarimol	X	F	
Fenazaquine	1	A	
Fenbuconazole	1	F	
Fenhexamide	1	F	
Fénitrothion	1	I	
Fénoxycarbe	1	I	
Fenpiclonil	0	F	
Fenpropathrine	X	I	
Fenpropidine	1	F	
Fenpropimorphe	1	F	
Fenpyroximate	1	A	
Fenthion	X	I	
Fénuron	X	H	
Fipronil	1	I, S	
Fluazifop-butyl	99	H	Fluazifop-P-butyl: baies, fruits, vigne, légumes, asperge, féveroles, betterave, colza, tournesol, soja, pois, houblon, pommes de terre, tabac, plantes ornementales, pépinières forestières, jachère, bandes culturales extensives
Fluazinam	1	F	Pommes de terre, vigne, plantes en pot et en container
Fludioxonil	1	F, S	
Flufénoxuron	X	I	
Fluométuron	X	H	
Fluquinconazole	1	F, S	
Fluroxypyr	1	H	
Flurprimidol	X	W	
Flusilazole	1	F	
Flutolanil	X	F	
Flutriafol	X	F	
Foramsulfuron	1	H	Maïs
Fluberidazole	1	F	
Furalaxyl	0	F	
Furathiocarbe	8	I	
Glyphosate	1	H	Toutes les cultures
Haloxypol-méthyl	X	H	
Heptachlore	X	I	
Heptachlore époxyde		M	
Hexachlorobenzène	X	F	
Hexaconazole	1	F	
Hexaflumuron	8	I	

Substance	Autorisation CH	Type	Principaux domaines d'utilisation des substances autorisées en Suisse et détectées dans les eaux souterraines de 2004 à 2006
Hexazinone	X	H	
Hexythiazox	1	I	
Imazalil	1	F	
Imidaclopride	1	I, S	
Indoxacarbe	1	I	
Iodosulfuron-méthyl	1	H	
loxynil	1	H	
Iprodione	1	F	
Iprovalicarbe	1	F	
Irgarol_1051	X	AL	
Isazophos	X	N	
Iso-chloridazone		NP	
Isoproturon	1	H	Céréales
Lenacile	1	H	Fraises, poireaux, scorsonère, betterave sucrière, betterave à salade, épinard
Lindane	X	I	
Linuron	1	H	Fruits, vigne, légumes, pommes de terre, céréales, maïs, soja, pois, féveroles, tournesol, plantes ligneuses, pépinières forestières
Lufénuron	1	I	
Malathion	X	I	
MCPA	1	H	Roseau de Chine, céréales, gazon d'ornement et terrains de sport, prairies et pâturages (Rumex), plantes ornementales (jardins familiaux --> liserons)
MCPB	99	H	
MCPP (mécoprop)	99	H	Mécoprop-P: céréales, gazon d'ornement et terrains de sport, prairies et pâturages (Rumex), roseau de Chine, fruits, talus de route (sénéçons toxiques), arboriculture (liserons)
Mécarbame	X	I	
Mépanipirim	1	F	
Mésotrione	1	H	Maïs
Métalaxyl	99	F	Métalaxyl-M: pomme de terre, baies, légumes, houblon, tabac, vigne, plantes ornementales, tournesol, carottes, radis, toutes serres, maïs
Métamitron	1	H	Betterave à salade, betterave, fraises
Métazachlore	1	H	Fraises, choux, radis, colza
Metconazole	1	F	
Méthabenzthiazuron	8	H	
Méthiocarbe	1	MO	
Méthomyl	1	I	
Méthoxychlore	X	I	
Méthoxyfénozide	1	I	Abricots, fruits à pépins, vigne
Métobromuron	1	H	
Métolachlore	99	H	S-Métolachlore: haricots, maïs, tournesol, soja, betterave fourragère, betterave sucrière, endives, kénaf
Métolachlore ESA		M	S-Métolachlore: haricots, maïs, tournesol, soja, betterave fourragère, betterave sucrière, endives, kénaf
Métolachlore OXA		M	S-Métolachlore: haricots, maïs, tournesol, soja, betterave fourragère, betterave sucrière, endives, kénaf
Métolcarbe	X	I	
Métosulame	1	H	

Substance	Autorisation CH	Type	Principaux domaines d'utilisation des substances autorisées en Suisse et détectées dans les eaux souterraines de 2004 à 2006
Métoxuron	1	H	
Métribuzine NT	1	H	Tomates, carottes, fèves, pois protéagineux, pommes de terre, soja, glaïeuls, tulipes
Metsulfuron-méthyl	1	H	Céréales
Mévinphos	0	I	
Molinate	X	H	
Monocrotophos	X	I	
Monolinuron	8	H	
Monuron	X	H	
Myclobutanil	1	F	
Napropamide	1	H	Colza, fraises, choux, betterave, tabac, arboriculture
Norflurazon	X	H	
Nuarimol	X	F	
Ométhoate	X	I	
Orbencarbe	8	H	
Orthosulfamuron	X	H	
Oryzaline	1	H	
Oxadiazon	X	H	
Oxadixyl	0	F	Laitue pommée, laitue romaine, épinard, tomates, oignons, pommes de terre, toutes les cultures
Oxamyl	X	N	
Paclobutrazole	1	W	
Parathion (-éthyl)	0	I	
Parathion-méthyl	1	I	
Penconazole	1	F	
Pencycuron	1	S	
Pendiméthaline	1	H	Céréales, arboriculture
Perméthrine	8	I	
Phenméthiphame	1	H	
Phenthoate	X	I	
Phosalone	1	I	
Picoxystrobine	1	F	
Pirimicarbe	1	I	
Prochloraz	1	F, S	
Procymidone	X	F	
Promécarbe	X	I	
Prométryne	X	H	
Propachlore	1	H	
Propamocarbe	X	F	
Propanil	X	H	
Propaquizafop	1	H	
Propazine	X	H	Impureté de l'atrazine
Propétamphos	X	I	
Prophame	0	H	

Substance	Autorisation CH	Type	Principaux domaines d'utilisation des substances autorisées en Suisse et détectées dans les eaux souterraines de 2004 à 2006
Propiconazole	1	F	Céréales, betterave sucrière
Propoxur	X	I	
Propyzamide	1	H	
Prosulfocarbe	1	H	
Pymétrozine	1	I	
Pyrazophos	0	F	
Pyridabène	X	I	
Pyrifénox	8	F	
Pyriméthanol	1	F	
Quinalphos	X	I	
Quizalofop-P-éthyl	1	H	
Sébutylazine	X	H	
Simazine	8	H	Fruits à pépins, baies, vigne, rhubarbe, roseau de Chine, maïs, asperges, plantes ligneuses, toutes cultures
Spinosad	1	I	
Spirodiclofène	1	A	
Spiroxamine	1	F	
Sulcotrione	1	H	Roseau de Chine, maïs
Tébuconazole	1	F, S	Baies, vigne, colza, seigle, blé tendre, triticale, orge
Tébufénozide	1	I	
Tébufenpyrad	1	A	
Tébutame	0	H	
Téflubenzuron	1	I	
Tépraloxydime	1	H	
Terbacile	1	H	
Terbuméton	X	H	
Terbutylazine	1	H	Fruits, vigne, féveroles, pommes de terre (toujours en mélange avec terbutryne, diuron et/ou glyphosate)
Terbutryne	8	H	Féveroles, pommes de terre
Tétrachlorvinphos	0	I	
Tétraconazole	20	F	
Thiabendazole	1	F, S	
Thiaclopride	1	I	
Thiaméthoxame	1	I	
Thifensulfuron-méthyl	1	H	
Thiobencarbe	X	H	
Thiodicarbe	X	I	
Thiofanox	X	I	
Thiophanate (-éthyl)	X	F	
Thiophanate-méthyl	8	F	
Tolclofos-méthyl	X	F	
Tolyfluanide	1	F	
Triadiméfon	0	F, M	
Triadiménol	1	F	

Substance	Autorisation CH	Type	Principaux domaines d'utilisation des substances autorisées en Suisse et détectées dans les eaux souterraines de 2004 à 2006
Triasulfuron	1	H	
Triazophos	X	I	
Triclopyr	1	H	
Tricyclazole	X	F	
Trifloxystrobine	1	F	
Triflumizole	1	F	
Triflumuron	X	I	
Trifluraline	1	H	
Triforine	0	F	
Vamidothion	8	I	
Vinclozoline	1	F	

Autorisation des substances actives phytosanitaires:

- 0: rayée des annexes 1 et 8 de l'OPPh (OPPh du 18 mai 2005 [état le 29 novembre 2005, en vigueur jusqu'à la modification du 8 novembre 2006])
- 1: autorisée en Suisse (ordonnance du 18 mai 2005 sur la mise en circulation des produits phytosanitaires; ordonnance sur les produits phytosanitaires; OPPh [état le 29 novembre 2005, en vigueur jusqu'à la modification du 8 novembre 2006], annexe 1)
- 8: autorisée en Suisse, doit être réévaluée (OPPh du 18 mai 2005 [état le 29 novembre 2005, en vigueur jusqu'à la modification du 8 novembre 2006], annexe 8)
- 20: autorisation demandée pour la Suisse
- 99: substance «apparentée» à une substance autorisée
- X: pas d'autorisation en Suisse
- A) substances actives autorisées en Suisse

Type:

A = acaricide; AL = algicide; F = fongicide; H = herbicide; I = insecticide; M = métabolite/produit de dégradation; MO = molluscicide; N = nématicide; NP = sous-produit; R = répulsif pour insectes; S = désinfectant des semences; W = régulateur de croissance

A4 Offices et laboratoires cantonaux collaborant aux travaux

Services de la protection de l'environnement et leurs laboratoires

- > Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau, Abteilung für Umwelt
- > Amt für Umweltschutz des Kantons Appenzell Innerrhoden
- > Amt für Umwelt des Kantons Appenzell Ausserrhoden
- > Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft
- > Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt
- > Office de la protection des eaux et de la gestion des déchets du canton de Berne (OPED)⁴⁵
- > Office de l'économie hydraulique du canton de Berne (OEH)⁴⁵
- > Service de l'environnement du canton de Fribourg
- > Service de géologie, sols et déchets (GESDEC), Genève
- > Amt für Umweltschutz des Kantons Glarus
- > Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden
- > Office des eaux et de la protection de la nature du canton du Jura
- > Umwelt und Energie des Kantons Luzern
- > Service de la protection de l'environnement du canton de Neuchâtel
- > Amt für Umwelt des Kantons Nidwalden
- > Amt für Landwirtschaft und Umwelt des Kantons Obwalden
- > Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen
- > Tiefbauamt des Kantons Schaffhausen, Abteilung Gewässer
- > Amt für Umweltschutz des Kantons Schwyz
- > Amt für Umwelt des Kantons Solothurn
- > Amt für Umwelt des Kantons Thurgau
- > Sezione della protezione dell'aria dell'acqua e del suolo del cantone Ticino
- > Amt für Umweltschutz des Kantons Uri
- > Service de la protection de l'environnement du canton du Valais
- > Service des eaux, sols et assainissement du canton de Vaud
- > Amt für Umweltschutz des Kantons Zug
- > Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich

Laboratoires cantonaux

- > Amt für Verbraucherschutz (AVS) des Kantons Aargau
- > Kantonales Laboratorium Basel-Landschaft
- > Laboratoire cantonal, Berne
- > Service de la consommation et des affaires vétérinaires (SCAV), Genève
- > Amt für Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit des Kantons Graubünden
- > Laboratoire cantonal du canton du Jura
- > Dienststelle für Lebensmittelkontrolle und Verbraucherschutz (DLV), Luzern
- > Amt für Gesundheits- und Verbraucherschutz (AfGVS), St. Gallen

⁴⁵ L'Office de la protection des eaux et de la gestion des déchets (OPED) et l'Office de l'économie hydraulique (OEH) ont fusionné et forment depuis le 1^{er} janvier 2009 l'Office des eaux et des déchets du canton de Berne (OED).

-
- > Amt für Lebensmittelkontrolle der Kantone Appenzell Ausserrhoden, Appenzell Innerrhoden, Glarus und Schaffhausen und Umweltschutz des Kantons Schaffhausen
 - > Kantonale Lebensmittelkontrolle Solothurn
 - > Laboratorium der Urkantone
 - > Service de la consommation et des affaires vétérinaires (SCAV), VD
 - > Amt für Lebensmittelkontrolle des Kantons Zug
 - > Kantonales Laboratorium Zürich

Services des eaux et leurs laboratoires

- > Services industriels de Genève (SIG)
- > Wasserversorgung Stadt Zürich
- > Services des eaux gérant des stations de mesure NAQUA

Autres organismes

- > Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG)
- > Abteilung für Klima- und Umweltphysik (KUP), Universität Bern
- > Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel (CHYN)
- > Office fédéral de la santé publique (OFSP)
- > Laboratoires et bureaux de consultants privés travaillant sur mandat

> Index

Liste des abréviations

Bq/l

becquerel par litre

BTEX

désigne la somme benzène, toluène, éthylbenzène, xylène

COV

composés organiques volatils

EAWAG

Institut fédéral de recherche pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux

EDTA

acide éthylènediaminetétracétique

ETBE

éthyl-tert-butyléther

HAM

hydrocarbures aromatiques monocycliques

HAP

hydrocarbures aromatiques polycycliques

HHV

hydrocarbures halogénés volatils

LEaux

loi sur la protection des eaux

LQ

limite de quantification

max.

maximum

mBq/l

millibecquerel par litre

µg/l

microgramme par litre

mg/l

milligramme par litre

min.

minimum

mio.

millions

MTBE

méthyl-tert-butylether

n

nombre

nd

non détecté

ng/l

nanogramme par litre

NS

module SPE (NAQUA)

NT

module TREND (NAQUA)

NTA

acide nitrilotriacétique

OEaux

ordonnance sur la protection des eaux

OFAG

Office fédéral de l'agriculture

OFEP

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEV depuis 2006)

OFEG

Office fédéral des eaux et de la géologie (fait partie intégrante de l'OFEV depuis 2006)

OFEN

Office fédéral de l'énergie

OFEV

Office fédéral de l'environnement

OFSP

Office fédéral de la santé publique

OSEC

ordonnance sur les substances étrangères et les composants

OSites ordonnance sur les sites contaminés		
PER prestations écologiques requises		
SMOC Système mondial d'observation du climat		
t tonnes		
UT unité-tritium		
Figures		
Fig. I Niveau piézométrique dans trois stations sises dans des aquifères de roches meubles en interaction avec un cours d'eau – de janvier 1997 à décembre 2006	9	
Fig. II Nitrates: concentrations en 2006 et part de cultures	11	
Fig. III Nitrates: évolution de la concentration ces dix dernières années – en fonction de l'utilisation principale du sol (grandes cultures, production herbagère et bétail, zones urbanisées et voies de communication, forêt)	11	
Fig. IV Produits phytosanitaires: concentrations en 2006 et part de cultures	12	
Fig. V Hydrocarbures halogénés volatils: concentration en 2006 et densité d'urbanisation	13	
Fig. VI MTBE: concentrations en 2006 et densité d'urbanisation	14	
Fig. 1 Stations de base et stations complémentaires servant à connaître l'état quantitatif des eaux souterraines	21	
Fig. 2 Stations de mesure de la qualité des eaux souterraines, utilisation principale du sol dans le bassin d'alimentation et type d'aquifère prédominant	24	
		Fig. 3 Nombre de produits phytosanitaires (sans les études pilotes) et de composés organiques volatils (COV) analysés dans les programmes de mesures standard
		27
		Fig. 4 Précipitations
		30
		Fig. 5 Stations du module QUANT (état quantitatif des eaux souterraines) selon le type d'aquifère et le régime des eaux souterraines
		32
		Fig. 6 Crues de 2005
		34
		Fig. 7 Niveau piézométrique dans trois stations sises dans des aquifères de roches meubles en interaction avec un cours d'eau – de janvier 1997 à décembre 2006
		36
		Fig. 8 Nitrates: concentrations en 2006 et part de cultures
		40
		Fig. 9 Nitrates: concentrations en 2006 en fonction de l'utilisation principale du sol
		41
		Fig. 10 Nitrates: évolution de la concentration de nitrates ces dix dernières années en fonction de l'utilisation principale du sol (grandes cultures, production herbagère et bétail, zones urbanisées et voies de communication, forêt)
		43
		Fig. 11 Nitrates: évolution de la concentration 2002 à 2006 selon l'utilisation principale du sol
		43
		Fig. 12 Nitrates: évolution de la concentration de 2003 à 2006 et part de cultures
		44
		Fig. 13 Produits phytosanitaires: détections en 2006 (programmes standard et complémentaire)
		54
		Fig. 14 Produits phytosanitaires: nombre de substances actives détectées par station en 2006
		55
		Fig. 15 Produits phytosanitaires: concentrations en 2006 et part de cultures
		56

Fig. 16 Produits phytosanitaires: détections en 2006 en fonction de l'utilisation principale du sol	57	Fig. 32 Strontium, baryum et fluor: concentrations de 2004 à 2006	97
Fig. 17 Produits phytosanitaires: évolution des détections de sept substances du programme standard – 2003 à 2006	58	Fig. 33 Tritium (³ H), radon 222 (²²² Rn), radium 226 (²²⁶ Ra) et somme des uraniums 234 et 238 (²³⁸ U + ²³⁴ U): activités isotopiques en 2005	101
Fig. 18 COV: détections en 2006 (programme standard)	68	Fig. 34 Radon: activité en 2005 selon le type d'aquifère	102
Fig. 19 COV: nombre de composés détectés par station en 2006	69	Fig. 35 Uranium: activité en 2005 selon le type d'aquifère	103
Fig. 20 COV: détections en 2006 en fonction de l'utilisation principale du sol	70	Fig. 36 Boxplot (diagramme à moustaches)	108
Fig. 21 HAM: concentrations en 2006 et densité d'urbanisation	72	Tableaux	
Fig. 22 MTBE: concentrations en 2006 et densité d'urbanisation	74	Tab. 1 Stations de mesure de la quantité des eaux souterraines selon les critères de sélection	20
Fig. 23 HHV: concentrations en 2006 et densité d'urbanisation	77	Tab. 2 Stations de mesure de la qualité des eaux souterraines selon le type de station, le type d'aquifère et l'utilisation principale du sol	25
Fig. 24 MTBE: évolution des détections de 2003 à 2006	78	Tab. 3 Nitrates: concentrations de 2004 à 2006	39
Fig. 25 Bore et d'EDTA: concentrations de 2004 à 2006	88	Tab. 4 Nitrates: concentrations de 2004 à 2006 et utilisation principale du sol	41
Fig. 26 Bore: concentrations de 2004 à 2006 dans toutes les stations analysées, dans les stations avec et sans détections d'EDTA et dans les stations au bassin d'alimentation dominé par les zones urbanisées et les voies de communication (ZUC)	88	Tab. 5 Nitrites, ammonium et phosphates: concentrations de 2004 à 2006	47
Fig. 27 Chlorures: concentrations de 2004 à 2006 en fonction de l'utilisation principale du sol	92	Tab. 6 Produits phytosanitaires: programmes d'analyses – 2004, 2005 et 2006	50
Fig. 28 Chlorures: évolution des concentrations de 2001 à 2006	92	Tab. 7 Produits phytosanitaires: concentrations de 2004 à 2006	51
Fig. 29 Chlorures: variation des concentrations entre 2003 et 2006	92	Tab. 8 Produits phytosanitaires: résultats d'analyse des programmes standard et complémentaire en 2006	53
Fig. 30 Sulfates: concentrations de 2004 à 2006	94	Tab. 9 COV: programmes d'analyse – 2004, 2005 et 2006	66
Fig. 31 Cuivre, zinc, chrome, lithium et arsenic: concentrations	97	Tab. 10 COV: concentrations de 2004 à 2006	67

Tab. 11		
HAM: détections de 2004 à 2006		71
Tab. 12		
HAM: composés le plus souvent détectés en 2006		71
Tab. 13		
MTBE et ETBE: résultats d'analyse – 2006		73
Tab. 14		
HHV: détections de 2004 à 2006		75
Tab. 15		
HHV: composés le plus souvent détectés en 2006		76
Tab. 16		
Médicaments: substances détectées dans le cadre des études pilotes – 2005		83
Tab. 17		
Azote et phosphore		109
Tab. 18		
Produits phytosanitaires		110
Tab. 19		
Autres substances phytosanitaires non détectées		115
Tab. 20		
Composés organiques volatils		120
Tab. 21		
Autres composés organiques volatils (COV) non détectés		123
Tab. 22		
Médicaments		125
Tab. 23		
Agents complexants et indicateurs d'eaux usées		127
Tab. 24		
Chlorures, sulfates et paramètres hydrochimiques de base		127
Tab. 25		
Éléments traces		128
Tab. 26		
Radionucléides		128
Tab. 27		
Produits phytosanitaires: type, autorisation et domaines d'utilisation		129

Bibliographie

- Alder A.C., Bruchet A., Carballa M., Clara M., Joss A., Löffler D., McArdell C.S., Miksch K., Omil F., Tuhkanen T., Ternes T.A. 2006: Chapter 2: «Consumption and Occurrence». In: Human Pharmaceuticals, Hormones and Fragrances: The challenge of micropollutants in urban water management. IWA Publishing, London, UK. ISBN: 1843390930: p. 15–54.
- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) (éd.) 2006: Wasserqualität der Seen, Fließgewässer und des Grundwassers im Kanton Zürich. Statusbericht 2006. Baudirektion des Kantons Zürich: 107 p.
- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) (éd.), 2005: Organische Spurenstoffe im Grundwasser des Limmattales – Ergebnisse der Untersuchungskampagne 2004. Baudirektion des Kantons Zürich, in Zusammenarbeit mit Eawag und Kantonalem Labor Zürich.
- Amt für Umwelt und Energie (AUE) Basel-Stadt, 2007: Rheinüberwachungs-Station Weil am Rhein. Jahresbericht 2006. Bâle.
- Biehler D., Schmassmann H., Schneemann K., Sillanpää J. 1993: Hydrochemische Synthese Nordschweiz: Dogger-, Lias-, Keuper- und Muschelkalk-Aquifere. Nagra Technischer Bericht 92–08. Nagra, Wettingen: 410 p.
- Bliefert C. 1997: Umweltchemie. 2., erw. Auflage, WILEY-VCH Weinheim: 510 p.
- Office fédéral de l'environnement (OFEV) 2008: Nationale Beobachtung der Grundwasserquantität NAQUA, Modul QUANT – Konzept und Stand der Umsetzung am 1.1.2008.
- Office fédéral de l'environnement (OFEV), division Protection de l'air et RNI (éd.) 2007: Anthropogene VOC-Emissionen Schweiz 1998, 2001 und 2004. Berne. www.bafu.admin.ch/voc/01265/index.html?lang=de.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG) et MétéoSuisse 2004: Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer. Cahier de l'environnement n° 369. Berne: 174 p., résumé français de 4 p.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) (éd.) 1993: Der Stickstoffhaushalt in der Schweiz – Konsequenzen für Gewässerschutz und Umweltentwicklung. Cahier de l'environnement n° 209. Berne, résumé français de 8 p.
- Clark I., Fritz P. 1997: Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis Publishers, Boca Raton und New York: 328 p.
- Constitution fédérale de la Confédération suisse du 18 avril 1999. RS 101.

Deflorin O., Surbeck H. 2004: «Natürliche Radionuklide in Grundwässern des Kantons Graubünden.» In: Office fédéral de la santé publique (OFSP), 2004: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2003. Berne.

Estier S., Andrey J.-L., Beuret P., Ferreri G., Gurtner A., Jungck M., Müller M., Völkle H. 2007: «Radioactivité de l'air, des précipitations, des rivières et des eaux de rejet des stations d'épuration et d'incinération des déchets.» In: Office fédéral de la santé publique (OFSP), 2007: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2006. Berne.

Eawag 2007: NAQUA – Identifikation von Mikroverunreinigungen in Grundwasserproben des Messnetz-Moduls TREND im Auftrag vom Bundesamt für Umwelt BAFU. Interner Bericht.

Eurostat-GISCO 1992: Kartenbasis Schweiz. – UNEP-GRID. Genf.

Gamma R. 2007: Pflanzenschutzmittelstatistik Schweiz 1988–2006. Société suisse des industries chimiques (SSIC).

Grünig K. 2006: «Die Methode «Immergrün» verliert.» Die Grüne, 23/2006: p. 30–33.

Hanke I., Singer H., McArdell-Burgisser C.S., Brennwald M., Traber D., Murali R., Herold T., Oechslin R., Kipfer R. 2007: «Arzneimittel und Pestizide im Grundwasser.» GWA 3/2007: p. 187–196

Herzog F., Cornaz S., Decrem M., Leifeld J., Menzi H., Murali R., Spiess E., Richner W. 2005: Wirkung der Ökomassnahmen auf die Stickstoffausträge aus der schweizerischen Landwirtschaft. Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, Agroscope FAL Reckenholz (éd.). Schriftenreihe der FAL 57.

Hollender J., McArdell C.S., Escher B. 2007: «Mikroverunreinigungen – Vorkommen in Gewässern der Schweiz und Bewertung.» GWA 11/07: p. 843–852.

Kilchmann S. 2001: Typology of recent groundwaters from different aquifer environments based on geogenic tracer elements. Thèse n° 2411, EPFL, Lausanne: 254 p.

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) 2007: Grundwasserüberwachungsprogramm. Ergebnisse der Beprobung 2006.

Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) Baden-Württemberg 2005: Grundwasser-Überwachungsprogramm. Ergebnisse der Beprobung 2004. Karlsruhe.

Landesumweltamt (LUA) Nordrhein-Westfalen 2003: EDTA in Nordrhein-Westfalen – ein synthetischer Stoff in der aquatischen Umwelt. Essen.

Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (Loi sur la protection des eaux, LEaux; RS 814.20).

MétéoSuisse 2006: Starkniederschlagsereignis August 2005. Arbeitsberichte MeteoSchweiz Nr. 211: 63 p.

Office fédéral de l'agriculture (OFAG) (éd.) 2008a (en préparation): Rapport agricole 2008. Berne.

Office fédéral de l'agriculture (OFAG) (éd.) 2008b: Index des produits phytosanitaires. http://www.psa.blw.admin.ch/index_fr_5_1.html.

Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) (éd.) 1998a: Stratégie de réduction des charges en nitrates provenant de l'exploitation agricole du sol. Berne.

Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) (éd.) 1998b: Stratégie de réduction des charges en phosphore d'origine agricole sur les eaux superficielles. Berne. [non référencée dans le texte]

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) (éd.) 2004: Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines. L'environnement pratique. Berne: 133 p.

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEF) (éd.) 2004: NAQUA – Qualité des eaux souterraines en Suisse 2002/2003. Berne: 204 p.

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) (éd.) 1996: Stratégie de réduction des émissions d'azote. Rapport du groupe d'étude Bilan de l'azote en Suisse. Cahier de l'environnement n° 273. Berne.

Office fédéral de l'énergie (OFEN) (éd.) 2007: Statistique globale suisse de l'énergie 2007. – <http://www.bfe.admin.ch/> > Thèmes > Statistiques de l'énergie.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2008a: Gestion des eaux souterraines en Suisse. Directives de l'Office fédéral de l'environnement OFEV. Connaissance de l'environnement n° 0806. Berne: 40 p.

Office fédéral de l'environnement (OFEV) (éd.), 2008b: Esquisse hydrogéologique de la Suisse. Berne. [non référencée dans le texte]

Office fédéral de l'environnement (OFEV) 2007: Annuaire hydrologique de la Suisse 2006. Connaissance de l'environnement n° 0735. Berne: 553 p.

Office fédéral de l'environnement (OFEV) 2006a: Synthèse de la caractérisation des stations NAQUA SPE. Rapport interne.

Office fédéral de l'environnement (OFEV) (éd.) 2006b: NAQUA SPE Essais interlaboratoires 2004 – Evaluation. Rapport interne.

Office cantonal de la protection des eaux et de la gestion des déchets (OPED) 2006: «Eaux de chaussée et effluents des toits: projets de recherche» in: Bulletin d'information de l'OPED 3/2006; Direction des travaux publics, des transports et de l'énergie du canton de Berne.

Ordonnance du 12 novembre 1997 sur la taxe d'incitation sur les composés organiques volatils (OCOV; RS 814.018).

Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux; RS 814.201).

Ordonnance du 18 mai 2005 sur la mise en circulation des produits phytosanitaires (Ordonnance sur les produits phytosanitaires, OPPh; RS 916.161).

Ordonnance du DFI du 26 juin 1995 sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires (Ordonnance sur les substances étrangères et les composants, OSEC; RS 817.021.23).

Ordonnance du 26 août 1998 sur l'assainissement des sites pollués (Ordonnance sur les sites contaminés, OSites; RS 814.680).

Peter S., Hartmann M., Hediger W. 2006: Entwicklung der landwirtschaftlichen Emissionen umweltrelevanter Stickstoffverbindungen. Info Agrar Wirtschaft. Gruppe Agrar-, Lebensmittel und Umweltökonomie des Interdepartementalen Instituts für Umweltentscheidungen ETH Zürich. Rapport établi sur mandat de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG).

Schärer M., Müller S., Sieber U. 2007: «Mikroverunreinigungen – Erarbeitung einer Strategie». GWA 11/07: p. 835–841.

Schürch M., Kozel R., Pasquier F. 2006: Observation of groundwater resources in Switzerland – Example of the karst aquifer of the Areuse spring. Proceedings of the 8th conference on limestone hydrogeology. Neuchâtel: p. 241–244.

Schürch M., Kozel R., Sinreich M. 2008: «Schadenspotenzial und Verletzlichkeit von Grundwasser – Fallbeispiele bei Hochwasser und Starkniederschlägen». GWA 6/2008: 459–469.

Seiz G., Foppa N. 2007: Système national d'observation du climat (GCOS Suisse), Publication de MétéoSuisse et de ProClim: 92 p.

Sinreich M., Schürch M., Kozel R. 2008: «Kapitel 2.5 Grundwasser» In: Bezzola G.R., Hegg C. (éd.). Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahregrundlagen. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Institut fédéral de recherche sur la forêt, la neige et le paysage (FNP), Connaissance de l'environnement n° 2508: p. 71–82.

Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg (LUFA) 2007: Tätigkeitsbericht 2005 und 2006. Karlsruhe.

Stoob K., Schmitt H., Wanner M. 2005: «Antibiotiques dans l'agriculture – Quelles conséquences pour l'environnement?» In: Agriculture et qualité des eaux – Eawag news 59f, bulletin d'information de l'Eawag, Dübendorf.

Surbeck H. 2007: Uran im Trinkwasser. In: Bundesamt für Gesundheit BAG, 2007: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2006. Berne.

Surbeck H. 2005: «Quell-, Grund- und Sickerwässer» In: Office fédéral de la santé publique (OFSP), 2005: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2004. Berne.

Technologie Zentrum Wasser (TZW) Karlsruhe, IKS-Workshop 23./24.05.2007. Unveröffentlichte Präsentationsunterlagen.

Voigt H.-J., Wippermann Th. 1998: Geochemie, Band 6: Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten. Springer Verlag, Berlin: 491 p.

Weingartner R., Aschwanden H. 1992: «Régimes d'écoulement comme base pour l'estimation des valeurs moyennes des débits» In: Atlas hydrologique de la Suisse (Planche 5.2). Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP). Berne.