

ifen

n° 43

L'état des eaux souterraines en France

Aspects quantitatifs et qualitatifs

**L'ÉTAT
DES EAUX SOUTERRAINES
EN FRANCE :
ASPECTS QUANTITATIFS
ET QUALITATIFS**

Directeur de la publication :
Bruno Trégouët, Directeur de l'Ifen

Rédacteur en chef :
Françoise Nirascou, Ifen

Auteur :
Ariane Blum, Ifen

Équipe de rédaction :
Annie Coutellier, Denise Juin, François Moreau, Jacques Thorette, Ifen

Coordination éditoriale :
Michèle Belin, Christelle Larrieu, Sophie Margontier, Ifen

Maquette-Réalisation :
BL Communication

L'Ifen remercie les membres du groupe de travail "connaissance des eaux souterraines"
qui ont contribué à la réalisation de cet ouvrage en fournissant leurs données
et/ou en participant à la relecture du document :

Agences de l'Eau
AHSP
BRGM
Diren de bassin
Ministère de la Santé et de la Protection sociale (DGS)
Ministère de l'Écologie et du Développement durable (DE, DPPR)
Office international de l'Eau

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
INTRODUCTION AUX EAUX SOUTERRAINES	6
Définitions	6
Alimentation des eaux souterraines	7
Vulnérabilité des eaux souterraines	8
Enjeux liés à la protection des eaux souterraines	8
L'ÉTAT QUANTITATIF DES EAUX SOUTERRAINES EN FRANCE	10
Généralités	10
Prélèvements d'eau	10
Répartition des prélèvements en eau souterraine par usage	11
Répartition géographique des prélèvements d'eau en eau souterraine	11
Le niveau des nappes en 2003	13
Conclusion	15
L'ÉTAT QUALITATIF DES EAUX SOUTERRAINES EN FRANCE	16
Les nitrates	16
Généralités	16
Altération des eaux souterraines par les nitrates	17
Évolution des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines	19
Conclusion	20
Les pesticides	20
Généralités	20
Altération des eaux souterraines par les pesticides	21
Principales substances présentes dans les eaux souterraines	21
Les autres micropolluants organiques	23
Généralités	23
Résultats	23
Les micropolluants minéraux	24
Généralités	24
Résultats	24
CONCLUSION	26
Annexe 1	27
Annexe 2	30
Annexe 3	32
Liste des sigles et abréviations	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Les principaux types de nappes	6
Figure 2	Le fond hydrogéologique simplifié de la France métropolitaine	7
Figure 3	Le découpage de la France en districts hydrographiques	9
Figure 4	Flux moyens interannuels des ressources en eau en France métropolitaine	10
Figure 5	Volumes prélevés par usage dans les eaux souterraines en 2001	11
Figure 6	Volumes prélevés par département en 2001 pour la production d'eau potable en France métropolitaine .	11
Figure 7	Volumes prélevés par département en 2001 pour l'irrigation des cultures en France métropolitaine . . .	12
Figure 8	Volumes prélevés par département en 2001 pour l'industrie en France métropolitaine	12
Figure 9	Carte des pluies efficaces pour l'année hydrologique 2002-2003. Rapport à la moyenne 1946-2002 . . .	13
Figure 10	Évolution du niveau des principales nappes d'eau souterraine en 2003	14
Figure 11	Systèmes aquifères inscrits en zone de répartition des eaux en 2003	15
Figure 12	Altération des eaux souterraines par les nitrates en 2002 par rapport à l'état patrimonial	17
Figure 13	Altération des eaux souterraines par les nitrates en 2002 par rapport à l'aptitude à la production d'eau potable	18
Figure 14	Évolution de la concentration moyenne en nitrates dans les eaux souterraines entre 1992 et 2000-2001 .	19
Figure 15	Répartition des évolutions de la concentration moyenne en nitrates dans les eaux souterraines entre 1992 et 2000-2001	20
Figure 16	Altération des eaux souterraines par les pesticides en 2002 - Évaluation réalisée par rapport à l'aptitude à la production d'eau potable	21
Figure 17	Principales molécules recherchées dans les eaux souterraines en 2002, tous réseaux confondus	22
Figure 18	Principales molécules (nombre de points d'observation, nombre d'analyses) présentes dans les eaux souterraines en 2002, tous réseaux confondus	22
Figure 19	Altération des eaux souterraines par les OHV en 2001	23
Figure 20	Les micropolluants minéraux dans les eaux souterraines	25

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Répartition des réserves en eau de la planète	6
Tableau 2	Ordres de grandeur des temps de séjour des principales ressources en eau	8
Tableau 3	Répartition par usage des volumes prélevés dans les eaux souterraines en 2001	11

INTRODUCTION

Les eaux souterraines sont souvent moins bien connues que les eaux de surface (rivières, lacs, retenues). L'origine de ce constat est double. Non seulement les réseaux d'observation des eaux souterraines sont plus jeunes mais leur exploitation est également plus difficile. Les nappes sont en effet des objets tridimensionnels dans lesquels les phénomènes ne sont généralement pas homogènes. Il est donc difficile, à partir de quelques points de prélèvements sur lesquels sont effectuées peu de mesures par an, de qualifier l'état de la nappe.

Malgré ce constat, l'observation des eaux souterraines a connu des avancées importantes ces dernières années. La première de ces avancées est la signature en 1999 du protocole du réseau national de connaissance des eaux souterraines (RNES). Ce document marque la création d'un réseau d'observation relativement homogène dont l'objectif est de suivre l'état patrimonial des eaux souterraines. Ce réseau, géré par les agences de l'Eau, est aujourd'hui quasiment opérationnel et il fournit déjà depuis 2000-2001

un certain nombre de données. L'autre événement majeur est l'ouverture en 2003 d'une banque de données, la banque ADES, réunissant les données (quantité et qualité) des principaux producteurs (agences de l'Eau, Diren, Ddass, conseils généraux, conseils régionaux...). Cette banque est en accès libre et gratuit par Internet⁽¹⁾. L'ensemble de ces éléments est renforcé par la directive-cadre européenne sur l'eau qui exige que des réseaux de surveillance de la qualité et de la piézométrie des eaux souterraines soient mis en place d'ici fin 2006. Enfin, l'ensemble de ces informations (données brutes et indicateurs) s'intégrera dans le futur système d'information sur l'eau.

L'objectif de ce document est de valoriser au niveau national les données aujourd'hui disponibles et de fournir une image globale de l'état des eaux souterraines en France. Après quelques généralités destinées à donner au lecteur non spécialiste les connaissances de base, le point est fait sur l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines en France.

(1) Voir <http://ades.rnde.tm.fr>

INTRODUCTION AUX EAUX SOUTERRAINES

Les glaciers représentent la plus grande réserve en eau douce de la planète (tableau 1). Avec environ 23% des stocks, les eaux souterraines couvrent la quasi-totalité des volumes restants. Les rivières et les lacs ne représentent que 0,3% des stocks. Contrairement aux glaciers, les nappes constituent une réserve relativement disponible pour l'homme. Elles sont en outre souvent mieux protégées que les eaux de surface (rivières et lacs) et forment à ce titre une ressource stratégique pour l'alimentation en eau potable.

Tableau 1 - Répartition des réserves en eau de la planète

	Stock (km ³)	% du total	% du total eau douce
Océans	1 350 000 000	97,410	-
Glaciers	27 500 000	1,984	76,6320
Eaux souterraines	8 200 000	0,592	22,8503
Mers intérieures	105 000	0,00758	-
Lacs d'eau douce	100 000	0,00722	0,2787
Sols	70 000	0,00505	0,1950
Air	13 000	0,00094	0,0362
Rivières	1 700	0,00012	0,0047
Biosphère	1 100	0,00008	0,0031

Source : d'après De Marsily, 1995.

DÉFINITIONS

Certaines roches sont suffisamment poreuses ou fissurées pour contenir de l'eau. On parle alors de roches aquifères (étymologiquement "roche qui contient l'eau"). Ces aquifères sont généralement composés de deux zones :

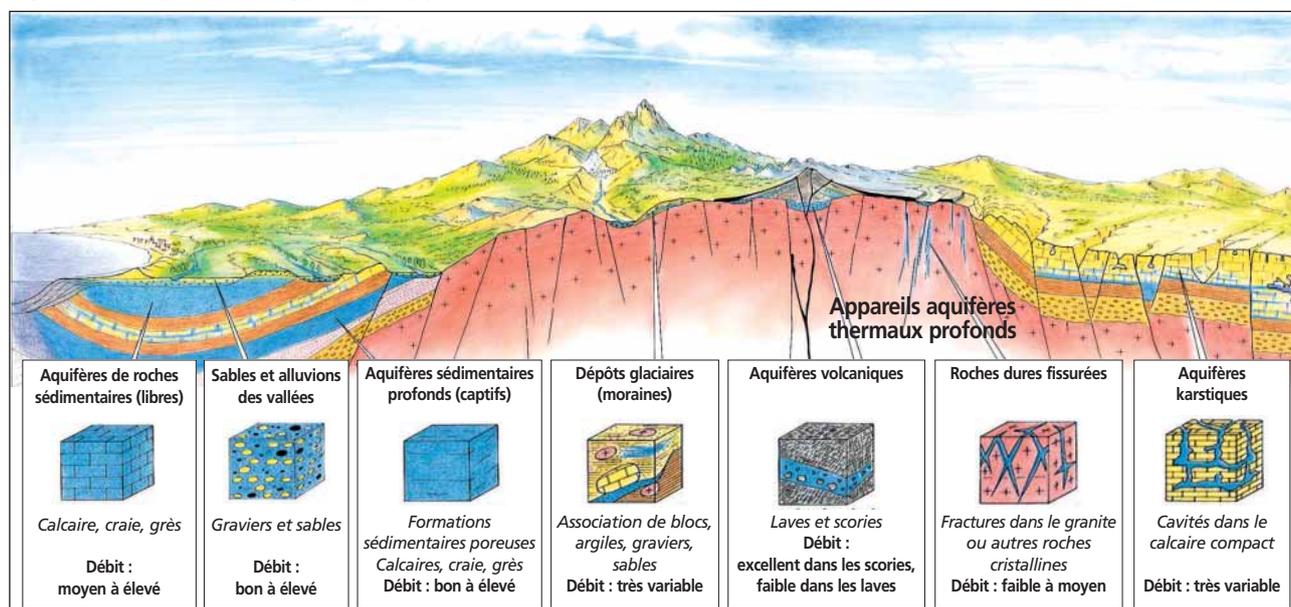
- une zone non saturée comprenant le sol et la partie supérieure de la roche aquifère. Dans cette zone, l'eau ne remplit pas l'intégralité des pores de la roche ;
- une zone saturée dans laquelle les interstices de la roche sont complètement saturés d'eau. Cette eau contenue dans la roche prend le nom de nappe.

Contrairement aux idées reçues, les eaux souterraines sont donc contenues dans les interstices (souvent microscopiques) de la roche et ne forment pas de vastes lacs ou rivières souterraines (excepté dans les aquifères karstiques).

Selon la nature géologique des terrains, il existe différents types d'aquifères (figure 1) que l'on peut regrouper en trois grands ensembles :

- **les aquifères sédimentaires** composés de roches sédimentaires (calcaire, craie, sable, grès). Ces systèmes sont caractéristiques des grands bassins comme le Bassin parisien et le Bassin aquitain (figure 2). Ils peuvent être

Figure 1 - Les principaux types de nappes

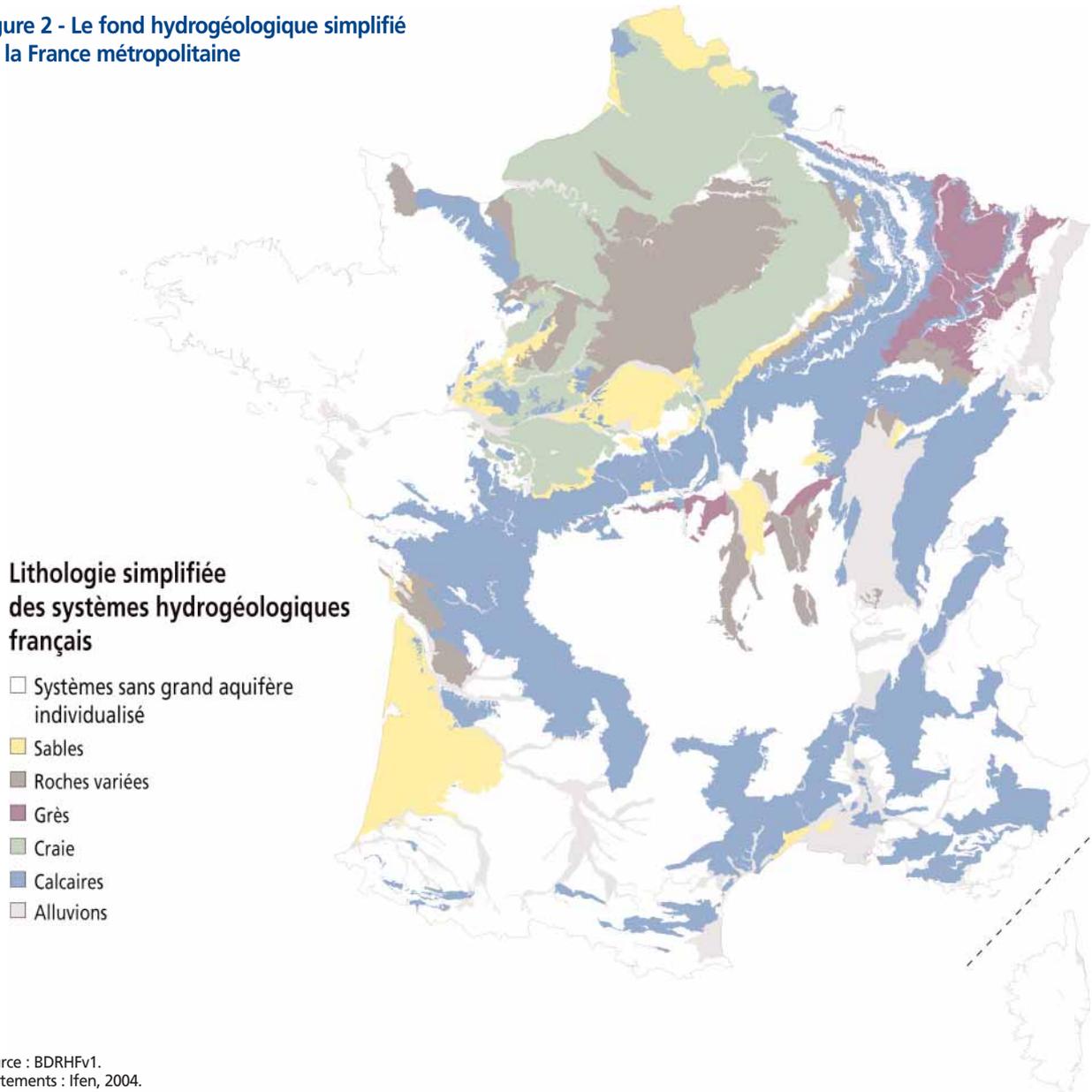


Source : d'après Collin, 2004.

- libres ou captifs selon qu'ils sont ou non recouverts d'une couche imperméable ;
- **les nappes alluviales** : formés de sables et de graviers, ces aquifères ont la particularité d'entretenir des relations avec les cours d'eau ;
 - **les nappes des roches cristallines** (granite,

gneiss...) : dans ces systèmes, l'eau est le plus souvent contenue dans les fissures. Il s'agit donc généralement de petits systèmes sans grand aquifère individualisé. Ils sont fréquents en Bretagne, dans le Massif central, et dans certaines zones des Alpes et des Pyrénées (*figure 2*).

Figure 2 - Le fond hydrogéologique simplifié de la France métropolitaine



Source : BDRHFv1.
Traitements : Ifen, 2004.

ALIMENTATION DES EAUX SOUTERRAINES

Ce sont principalement les précipitations qui alimentent les eaux souterraines. Mais toute la quantité d'eau qu'offrent les pluies n'est pas disponible pour la recharge des nappes. En effet, une part, plus ou moins importante selon la saison, des précipitations regagne l'atmosphère

par évapotranspiration. La différence de hauteur d'eau entre la pluie et l'évapotranspiration est appelée pluie efficace. Une partie de cette eau s'infiltre dans le sol et recharge la nappe. La partie restante alimentera par ruissellement les eaux de surface (rivières, lacs, retenues).

Les nappes se rechargent généralement de novembre à mars. Mais cette période peut varier d'une région à l'autre et d'une année à l'autre. Plus généralement, compte tenu du nombre important de facteurs influençant le devenir des pluies (durée et intensité de précipitation, nature du sol, végétation, pente, saison), la recharge des nappes est un phénomène variable dans l'espace et dans le temps (variabilité saisonnière et interannuelle).

VULNÉRABILITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Les eaux souterraines sont-elles vulnérables ? D'un point de vue quantitatif, nous avons dit précédemment qu'elles représentaient 23% des réserves en eau douce de la planète. Alors faut-il s'inquiéter ? Les eaux souterraines risquent-elles de s'épuiser ? Cela dépend des régions. Car, en réalité, la variable essentielle à considérer est non pas le stock d'eau souterraine mais la ressource renouvelable, c'est-à-dire le volume qui, chaque année, recharge la nappe. Cette variable est très hétérogène d'une nappe à l'autre et dépend fortement du temps de séjour de l'eau, c'est-à-dire de la "durée séparant l'instant d'introduction d'une particule d'eau [...] dans un aquifère de l'instant de sa réapparition ou de son prélèvement" (source : Castany et Margat, 1977). Ces temps de séjour sont très variables et peuvent être très longs (tableau 2). Les nappes libres se rechargent généralement plus rapidement que les nappes captives. Ces dernières sont donc plus vulnérables d'un point de vue quantitatif. Prélever une eau vieille de quelques milliers d'années dans un aquifère captif peut avoir des conséquences importantes sur l'état quantitatif de la nappe. C'est par exemple le cas de la nappe de l'Albien dans le Bassin parisien ou de celle de l'Eocène dans le Bassin aquitain où la diminution régulière du niveau d'eau de ces nappes profondes et captives a conduit les pouvoirs publics à prendre des mesures pour les protéger. Dans la mesure où leur renouvellement est un processus lent, les eaux souterraines sont donc vulnérables quantitativement.

D'un point de vue qualitatif, il est admis que les eaux souterraines sont généralement mieux protégées des pollutions que les rivières. Ces dernières sont directement exposées aux émissions polluantes tandis que les nappes peuvent bénéficier

de la protection du sol. Celui-ci peut en effet jouer un rôle d'épuration. Les fonctions du sol sont cependant complexes. Ses principales actions sont, selon sa nature, son épaisseur, le climat local et son activité biologique :

- de dégrader les substances polluantes ;
- de les fixer : le sol joue alors un rôle de "tampon" qui augmente le temps de transfert des substances polluantes vers la nappe ;
- ou au contraire, d'être une source de pollution.

Ces deux premières fonctions ne sont cependant pas toujours suffisantes pour protéger les nappes. Lorsqu'un aquifère est contaminé par une substance chimique, la pollution peut durer longtemps. Avec des temps de séjour de quelques semaines à quelques années, les eaux souterraines sont plus sensibles aux pollutions que les rivières dans lesquelles les molécules ne font généralement que transiter. Cette notion est particulièrement importante pour des molécules persistantes comme les nitrates et les pesticides. Enfin, grâce à la couche imperméable qui les recouvre, les nappes captives sont moins exposées aux pollutions que les nappes libres.

Tableau 2 - Ordres de grandeur des temps de séjour des principales ressources en eau

Type de ressource	Temps de séjour (ordres de grandeur)
Océans et mers	4 000 ans
Lacs et réservoirs	10 ans
Rivières, canaux	2 semaines
Humidité du sol	2 semaines à 1 an
Eaux souterraines	2 semaines à 10 000 ans
Calottes glacières et glaciers	10 à 10 000 ans
Eau atmosphérique	10 jours
Eau biosphérique	1 semaine

Source : d'après Freeze et Cherry, 1979.

ENJEUX LIÉS À LA PROTECTION DES EAUX SOUTERRAINES

La protection des eaux souterraines, d'un point de vue quantitatif comme d'un point de vue qualitatif, est essentielle. Les nappes occupent en effet une place stratégique pour les activités humaines puisqu'en France métropolitaine, 62% des volumes prélevés pour l'alimentation en eau potable proviennent des eaux souterraines et que la moitié des Français

sont exclusivement alimentés par des nappes (source : Ifen, 2003). Maintenir un bon état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines équivaut donc à garantir le maintien à long terme des activités humaines.

L'autre enjeu primordial lié à une bonne gestion des eaux souterraines est le maintien de l'équilibre des écosystèmes terrestres qui y sont associés. Un certain nombre de nappes entretiennent en effet d'étroites relations avec les rivières (nappes alluviales) et les zones humides. Une baisse du niveau d'eau dans ce type d'aquifère est susceptible d'entraîner une baisse du niveau d'eau dans les écosystèmes associés. Ce phénomène peut avoir des conséquences importantes sur la vie aquatique et sur les équilibres de la faune et de la flore. Il est de même possible qu'une substance polluante présente dans la nappe transite vers la rivière ou le plan d'eau de la zone humide et perturbe leur équilibre.

Depuis 2000, les enjeux politiques liés à la protection et à la gestion des eaux souterraines sont inscrits dans la directive-cadre sur l'eau 2000/60/CE. Ce texte qui définit une politique communautaire dans le domaine de l'eau est particulièrement important puisqu'il impose aux États membres de disposer de masses d'eau (eaux de surface, eaux souterraines, eaux de transition, eaux littorales) en bon état en 2015. Contrairement aux textes précédents (directive 80/68/CEE pour les eaux souterraines), la directive-cadre sur l'eau (DCE) impose, non plus un objectif de moyens, mais un objectif de résultats.

Plus précisément, les objectifs de la DCE sont :

- prévenir ou limiter les rejets de polluants ;
- protéger, améliorer, et restaurer les masses d'eau afin que celles-ci soient en "bon état" en 2015 (bon état quantitatif et qualitatif pour les eaux souterraines) ;
- inverser les tendances à la hausse des concentrations de polluants.

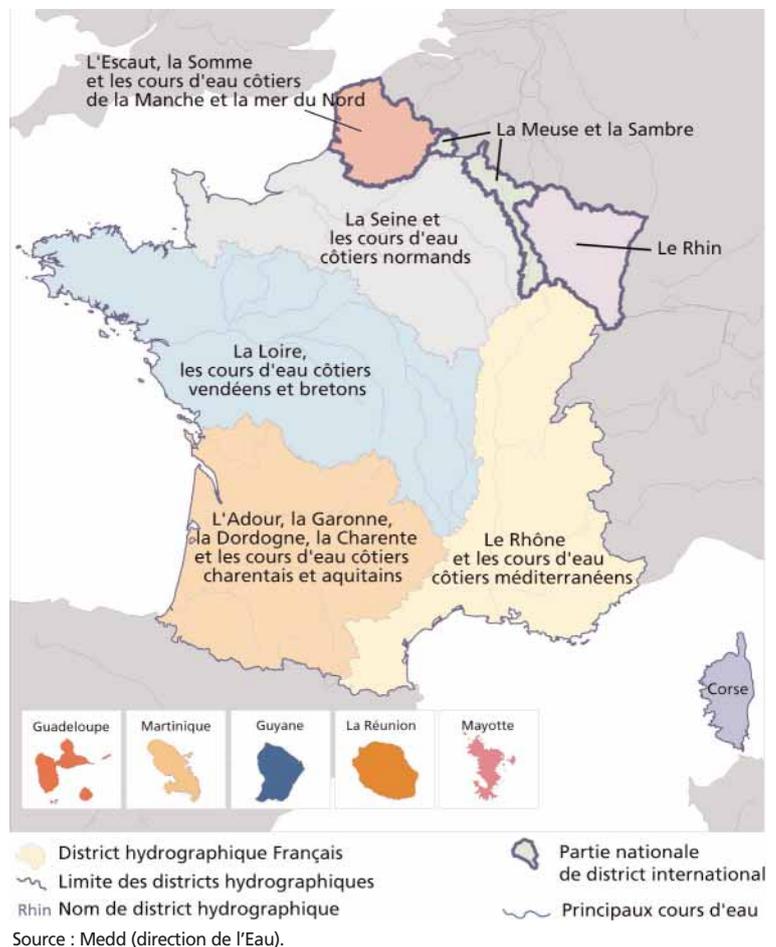
La DCE définit les modalités de

gestion des masses d'eau. Elle s'inspire du modèle français de gestion par grand bassin hydrographique et confirme ainsi, à quelques ajustements près, le découpage réalisé en 1964 (figure 3). L'autre grande règle reprise par la DCE est le principe "pollueur-payeur".

Fin 2004, un état des lieux des masses d'eau de chaque district hydrographique sera publié. Ces documents permettront d'établir les programmes de mesures et de définir les plans de gestion nécessaires pour atteindre les objectifs fixés par la DCE (publication fin 2009). D'ici fin 2006, les États membres devront également mettre en place des réseaux de surveillance de l'état des masses d'eau.

En ce qui concerne les eaux souterraines, la DCE prévoit l'élaboration d'une directive fille spécifique. Celle-ci est en cours de finalisation et permettra de disposer de critères adaptés aux spécificités des eaux souterraines pour l'évaluation du bon état chimique et pour l'identification des tendances à la hausse des concentrations de polluants.

Figure 3 - Le découpage de la France en districts hydrographiques



L'ÉTAT QUANTITATIF DES EAUX SOUTERRAINES EN FRANCE

GÉNÉRALITÉS

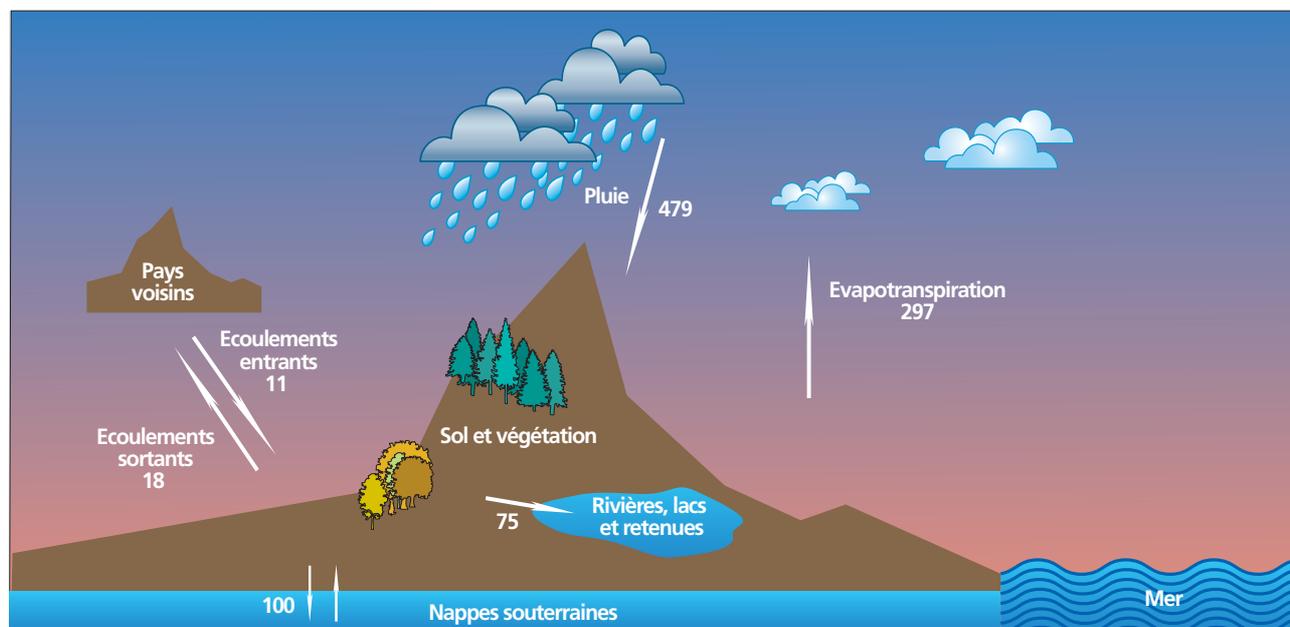
La moyenne interannuelle des précipitations en France métropolitaine s'élève à 479 milliards de m³. Sur ces 479 milliards de m³, 297 regagnent l'atmosphère par évapotranspiration. Les pluies efficaces représentent donc chaque année 182 milliards de m³ d'eau (source : Ifen, d'après Medd).

Pour estimer le volume d'eau qui, chaque année, est disponible pour l'alimentation des ressources en eau, il convient également de tenir compte des "exportations" et des "importa-

tions" d'eau depuis les pays voisins, c'est-à-dire du volume qui, par le biais des cours d'eau, sort ou entre en France. On estime ainsi que les exportations représentent 18 milliards de m³ et les importations 11 milliards de m³ (Rhin non compté). Les ressources internes de la France s'élèvent donc à 175 milliards de m³. La part de ce volume qui sert à l'alimentation des eaux souterraines par infiltration est évaluée à 100 milliards de m³. Le volume restant (75 milliards de m³) alimente les eaux de surface (rivières, lacs, retenues).

Figure 4 - Flux moyens interannuels des ressources en eau en France métropolitaine

En milliards de m³ par an



Source : Ifen - Medd.

PRÉLÈVEMENTS D'EAU

Les éléments suivants sont extraits du rapport : "Les prélèvements d'eau en France en 2001" réalisé par l'Ifen pour le RNDE (disponible sur le site Internet du RNDE).

Chaque année, environ 34 milliards de m³ d'eau douce sont prélevés en France métropolitaine pour satisfaire les activités humaines (production d'eau potable, industrie, irrigation, énergie). Les eaux

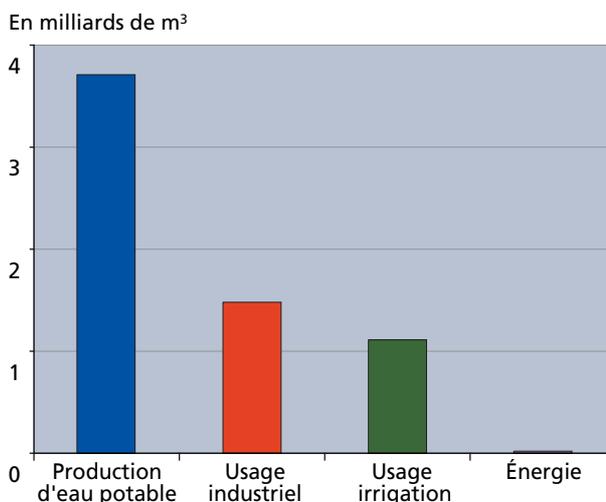
souterraines représentent 19% de ce volume (6,3 milliards de m³). Sans compter le secteur énergétique qui représente à lui seul 19 milliards de m³ et qui sollicite essentiellement les cours d'eau, la part de prélèvements réalisés en nappe s'élève alors à 44%. Comparé aux 100 milliards de m³ qui, chaque année, alimentent les aquifères, ce chiffre semble très faible. Pourtant, non seulement cette réparti-

tion est variable d'un secteur à l'autre mais également d'une région à l'autre, si bien que certaines nappes sont si sollicitées que leur niveau baisse régulièrement. Enfin, un prélèvement dans une nappe n'a pas la même incidence qu'un prélèvement dans une rivière puisqu'une fois usée, l'eau prélevée est rejetée dans les rivières. Il n'y a donc pas de restitution directe à la nappe qui "perd" généralement le volume qui lui a été soustrait.

Répartition des prélèvements en eau souterraine par usage

Selon les usages, les volumes d'eau prélevés dans les nappes sont très variables (figure 5, tableau 3). C'est ainsi que sur les 6 milliards de m³ puisés chaque année dans les eaux souterraines, plus de la moitié est destinée à la production d'eau potable (59%). Cette prédominance est liée à la qualité généralement meilleure de ce type de ressource. Le volume restant sert essentiellement à l'industrie (23% des volumes annuels) et à l'irrigation des cultures (18% des volumes annuels). Le refroidissement des centrales thermiques et nucléaires ne sollicite que de manière très ponctuelle les réserves en eau souterraine (0,3% des volumes annuels).

Figure 5 - Volumes prélevés par usage dans les eaux souterraines en 2001



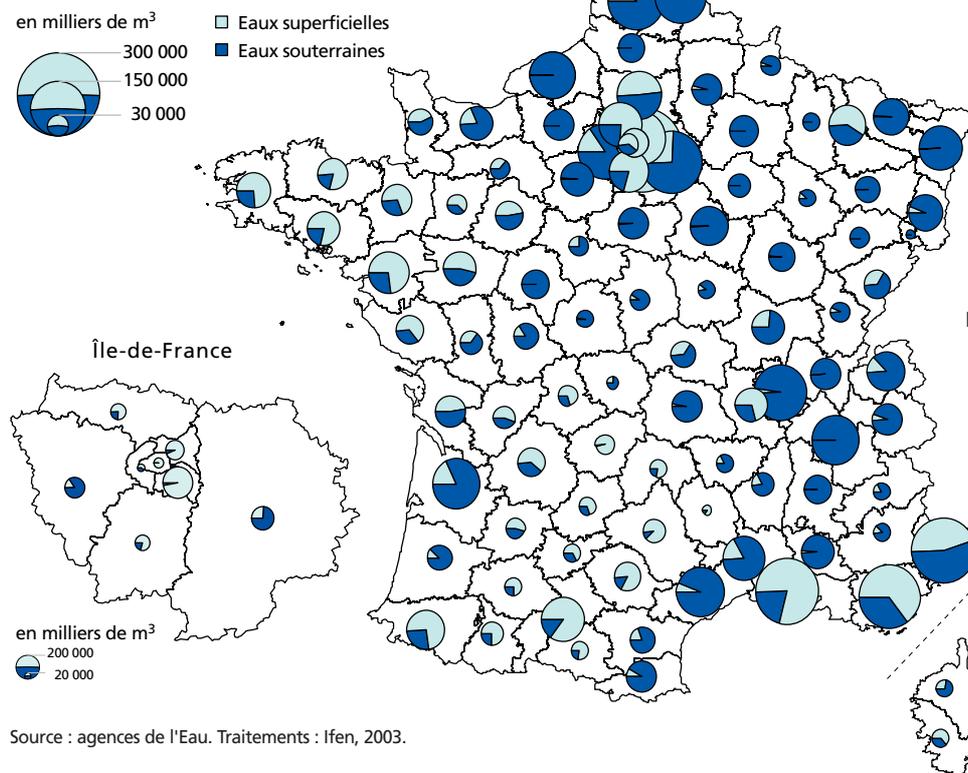
Source : agences de l'Eau - RNDE. Traitements : Ifen, 2003.

Tableau 3 - Répartition par usage des volumes prélevés dans les eaux souterraines en 2001

Usage	Volumes prélevés	
	En millions de m ³	% par rapport au total
Eau potable	3 713	59
Industrie	1 480	23
Irrigation	1 110	18
Production d'énergie	19	< 0,5
Total	6 323	

Source : agences de l'Eau - RNDE. Traitements : Ifen, 2003.

Figure 6 - Volumes prélevés par département en 2001 pour la production d'eau potable en France métropolitaine



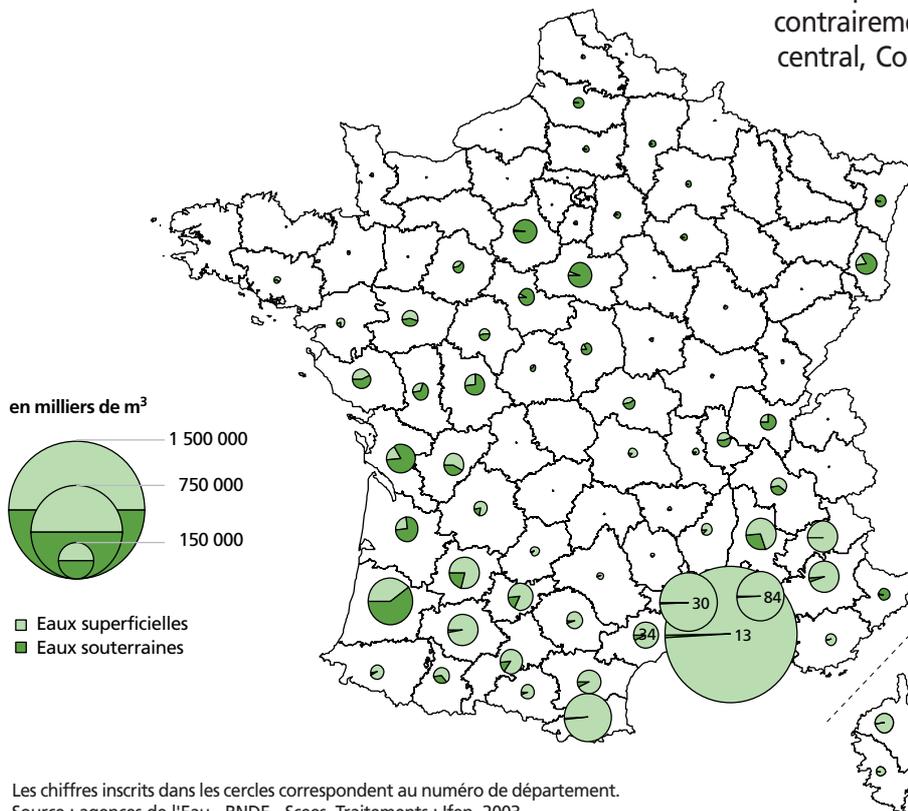
Source : agences de l'Eau. Traitements : Ifen, 2003.

Répartition géographique des prélèvements d'eau en eau souterraine

Selon les usages et les régions, les prélèvements d'eau sont très variables (figures 6, 7 et 8).

On constate ainsi que, quel que soit l'usage, l'eau est préférentiellement puisée dans les eaux souterraines dans le Nord, l'Est, le Centre et une partie du Sud-Ouest du territoire ainsi que dans la vallée du Rhône. Le contexte géologique de chaque territoire explique en grande partie cette distinction. Les régions sédimentaires comme le Bassin parisien, le bassin

Figure 7 - Volumes prélevés par département en 2001 pour l'irrigation des cultures en France métropolitaine



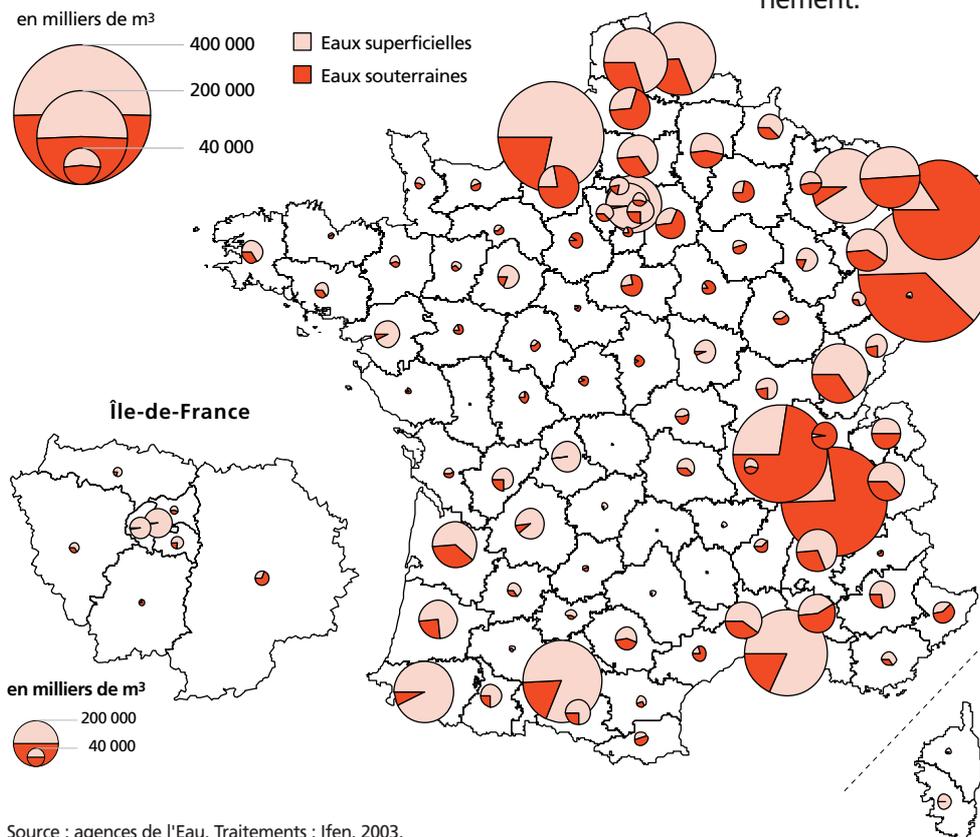
d'Aquitaine ou encore la vallée du Rhône offrent en effet d'importantes réserves en eau souterraine contrairement aux régions de socle (Massif central, Corse, Bretagne) dans lesquelles les petits cours d'eau sont plus souvent sollicités.

La représentation des volumes prélevés est réalisée par département. Bien évidemment, l'utilisation d'un découpage administratif pour représenter des unités hydrologiques n'est pas idéale.

Cependant, les données sur la localisation des prélèvements et plus précisément sur la connaissance de l'aquifère capté sont aujourd'hui insuffisantes. Il est donc à l'heure actuelle impossible d'établir une carte de France précise des volumes prélevés par aquifère. On notera toutefois que, pour répondre aux exigences de la directive-cadre sur l'eau, l'identification des nappes

captées a beaucoup progressé en 2004, si bien qu'une carte des prélèvements par masse d'eau souterraine devrait pouvoir voir le jour prochainement.

Figure 8 - Volumes prélevés par département en 2001 pour l'industrie en France métropolitaine



LE NIVEAU DES NAPPES EN 2003

En assurant la recharge des aquifères, les pluies efficaces jouent un rôle essentiel sur les variations du niveau des nappes (pour les nappes libres principalement).

L'importance des pluies efficaces conditionne également les besoins en eau des activités humaines et influence ainsi indirectement l'évolution du niveau des nappes. Plus une année est sèche, plus les prélèvements sont importants (en particulier pour l'irrigation et l'eau potable) et plus le niveau des aquifères est susceptible de baisser.



Les informations suivantes sont extraites du bilan annuel 2003 sur la situation hydrologique réalisé par le BRGM. Pour des informations plus détaillées sur le niveau des nappes, on pourra donc consulter la synthèse annuelle ou les bulletins mensuels publiés sur le site Internet du RNDE⁽²⁾ ou encore les sites Internet des Diren.

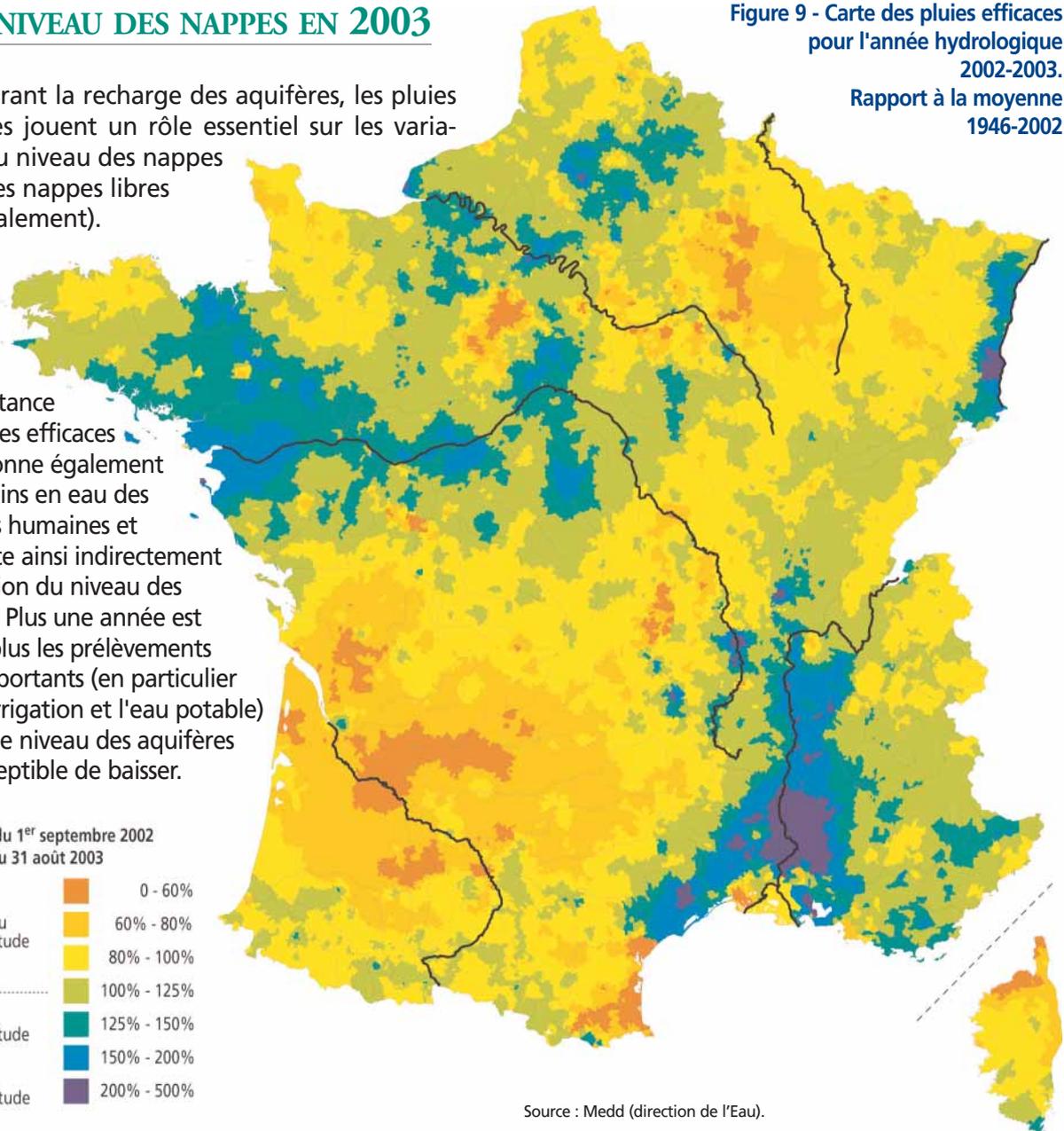
Concernant l'étiage 2003, on pourra également se reporter à la synthèse réalisée par le Medd⁽³⁾.

Les indicateurs suivants correspondent à une évaluation du niveau des principales nappes. Il existe en effet en France environ 3 500 systèmes aquifères. Mais la plupart sont de petits systèmes très locaux et il est impossible de fournir un indicateur pour chacun d'entre eux.

(2) Voir <http://www.rnde.tm.fr>, rubrique "Synthèses".

(3) Voir <http://www.ecologie.gouv.fr>

Figure 9 - Carte des pluies efficaces pour l'année hydrologique 2002-2003. Rapport à la moyenne 1946-2002



Source : Medd (direction de l'Eau).

Sur les cartes de la figure 10, les symboles fournissent une information sur l'évolution globale du niveau d'eau (ou niveau piézométrique). Le fond de carte représente très schématiquement le type des aquifères : grands systèmes aquifères et nappes alluviales en gris ; domaines sans grand système aquifère individualisé en blanc.

Ces cartes mettent en évidence les variations saisonnières et régionales du niveau des nappes. L'automne 2002, d'avantage pluvieux que la normale, a été globalement favorable pour la recharge des nappes, sauf dans le nord-est du Bassin parisien et dans le sud-ouest de la France.

À la fin de l'hiver, la tendance est toujours à la hausse pour la plupart des nappes grâce aux dernières précipitations ou, comme pour la nappe de la craie du Nord, en raison de la forte inertie du

réservoir. À l'exception de quelques petits aquifères comme ceux du nord-est du Bassin parisien, les niveaux sont donc à la sortie de l'hiver généralement supérieurs ou proches de la normale.

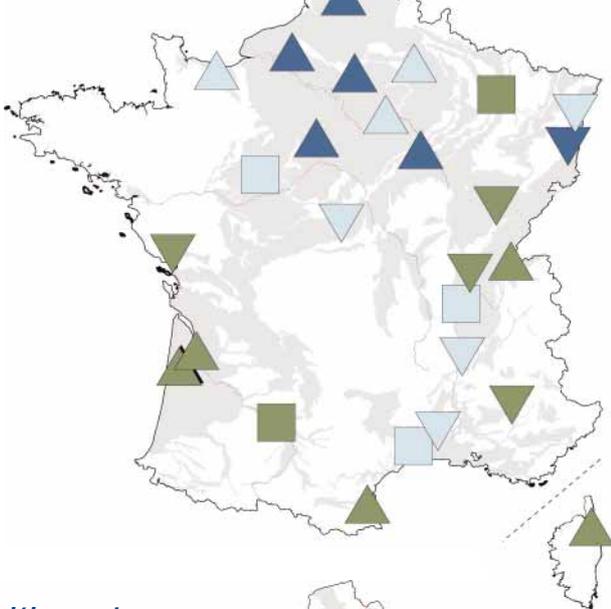
Au début du printemps, la baisse du niveau des nappes était engagée sur la majeure partie du territoire. Seuls quelques réservoirs, en raison de leur inertie, affichaient toujours une tendance à la hausse (nappe de la craie dans la Somme, nappe des cailloutis du Sundgau en Franche-Comté, nap-

Figure 10 - Évolution du niveau des principales nappes d'eau souterraine en 2003

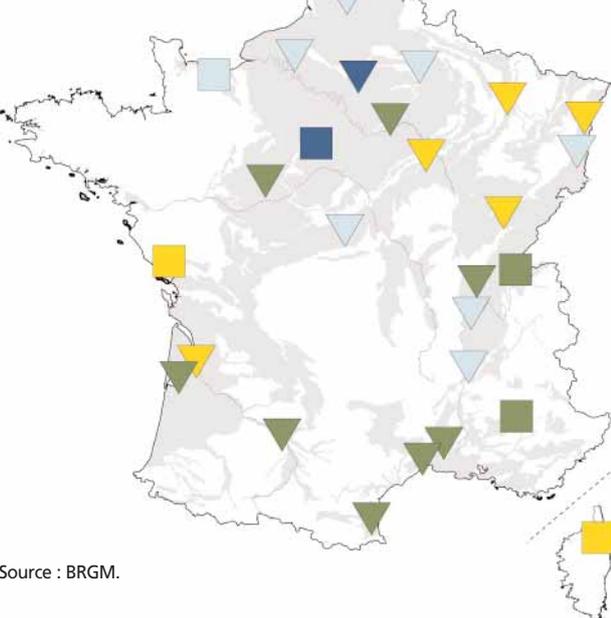
- Niveau des nappes**
- très supérieur à la normale
 - supérieur à la normale
 - niveau normal
 - inférieur à la normale
 - très inférieur à la normale

- Évolution récente**
- ▲ en hausse
 - stable
 - ▼ en baisse

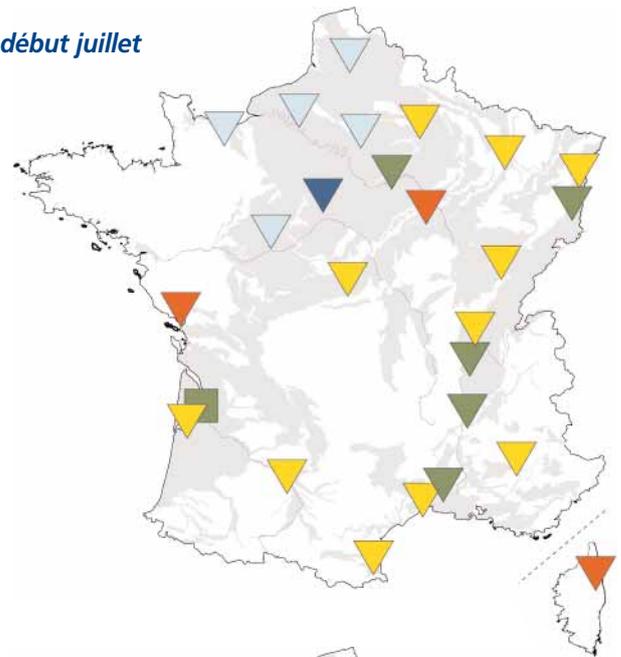
début mars



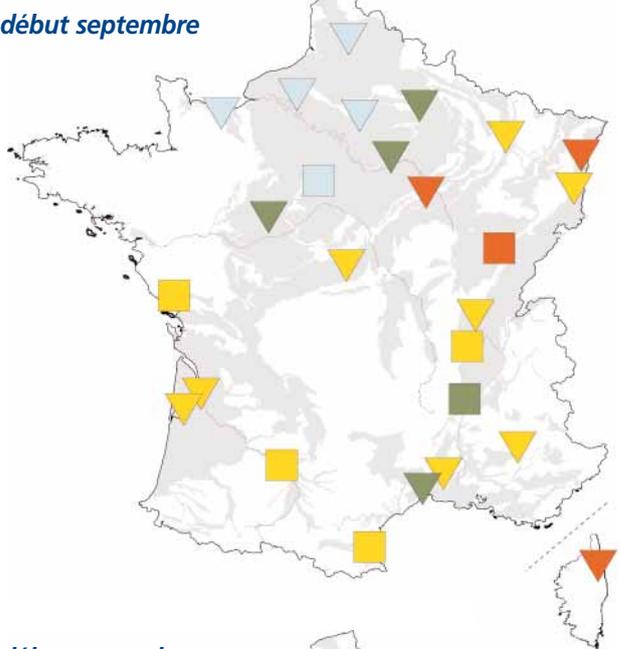
début mai



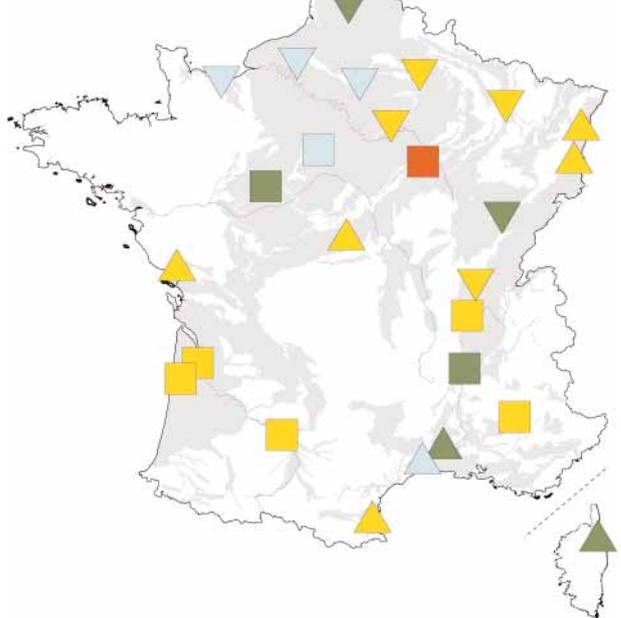
début juillet



début septembre



début novembre



Source : BRGM.

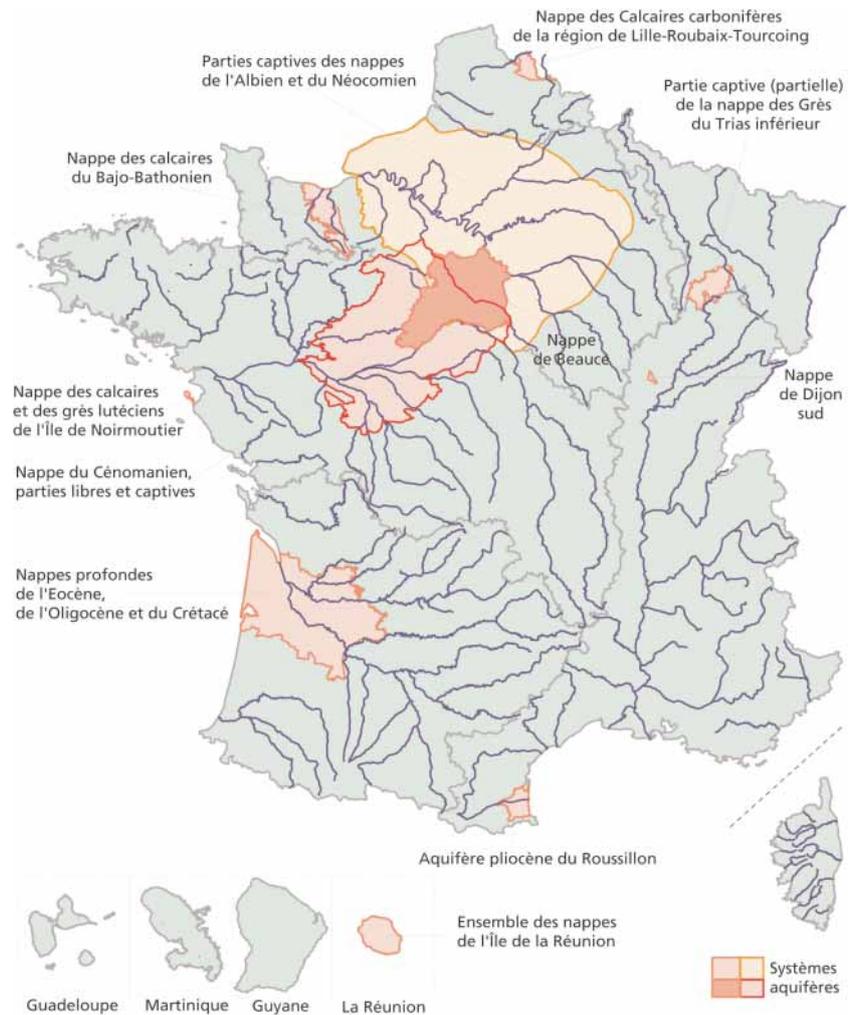
pes des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien dans la région parisienne...). Par ailleurs, les précipitations de printemps, très inégalement réparties, ont permis une stabilisation apparente des niveaux de nombreuses nappes (Jurassique de la plaine de Caen, calcaires de Beauce). Début mai, l'état du remplissage des nappes est donc assez contrasté mais globalement satisfaisant. À l'approche de l'été (fin juin), l'état de remplissage des aquifères est encore plus contrasté mais toujours satisfaisant pour bon nombre d'entre eux, grâce notamment à la recharge "automnale" des nappes, plus forte que la normale. En revanche, compte tenu du caractère orageux des précipitations des mois précédents (précipitations inefficaces pour la recharge), les nappes ont toutes une tendance à la baisse.

À la fin de l'été, les nappes ont baissé plus qu'à l'accoutumée mais leurs niveaux se sont stabilisés provisoirement, principalement sous l'effet de la réduction des prélèvements liés à l'irrigation agricole. Ce sont les nappes alluviales dont le régime est influencé par celui des cours d'eau (nappe d'Alsace par exemple) ainsi que les aquifères karstiques, très réactifs, qui affichent les niveaux les plus bas.

Au cours de l'épisode de sécheresse de 2003, les nappes ont joué un rôle important. En effet, grâce à des précipitations importantes les années précédentes, les remplissages étaient généralement satisfaisants à l'approche de l'été. Les réserves en eau souterraine ont ainsi permis de limiter l'impact de la sécheresse sur les zones aval des principaux cours d'eau.

On retiendra donc que le niveau des nappes libres est très variable non seulement en fonction de la saison mais aussi d'une région à l'autre, et que ce niveau est largement corrélé aux valeurs de précipitations efficaces (figure 9). On notera cependant qu'un certain nombre d'aquifères (grands systèmes sédimentaires en particulier) ont une forte capacité d'accumulation et que le niveau d'eau dépend donc aussi des précipitations efficaces des années précédentes.

Figure 11 - Systèmes aquifères inscrits en zone de répartition des eaux en 2003



Cette carte situe les aquifères classés en ZRE. Elle ne signifie pas que tous les aquifères présents dans les régions concernées sont inscrits en ZRE. Il ne faut en effet pas oublier que plusieurs nappes sont susceptibles de s'empiler.

Source : Medd.

CONCLUSION

Chaque année, le volume prélevé dans les eaux souterraines pour satisfaire les activités humaines est, à l'échelle nationale, largement inférieur au volume alimentant les nappes (6 milliards de m³ contre 100 milliards de m³). D'un point de vue quantitatif, le risque de pénurie d'eau est donc relativement inexistant à l'échelle nationale. Les besoins sont cependant très variables selon les régions et les saisons et pour certaines nappes, les prélèvements sont supérieurs à la ressource renouvelable. Ces aquifères pour lesquels des déficits, autres qu'exceptionnels, ont été constatés ont été délimités par décret (n°2003-869 du 11 septembre 2003). Dans ces zones dites zones de répartition des eaux (ZRE, figure 11) les seuils d'autorisation des prélèvements d'eau sont abaissés.

L'ÉTAT QUALITATIF DES EAUX SOUTERRAINES EN FRANCE

Qu'est-ce une eau de "bonne qualité" ? Il n'existe pas de réponse unique à cette question. En effet, la qualité d'une eau se définit le plus souvent par rapport à l'usage qu'on en fait. Les exigences de qualité sont ainsi différentes si l'eau est destinée à la production d'eau potable ou à un usage industriel. On peut de même évaluer la qualité de l'eau par rapport à son état d'origine (état patrimonial). Il n'existe donc non pas une qualité mais des qualités de l'eau, selon l'usage et les normes qui lui correspondent.

Cependant, dès lors que 62% des volumes prélevés pour la production d'eau potable sont issus des eaux souterraines, il est courant d'évaluer la qualité d'une nappe par rapport à son aptitude à la production d'eau potable.

Dans ce chapitre, la qualité des nappes est présentée pour les principales classes de paramètres physico-chimiques responsables de la dégradation des nappes, c'est-à-dire :

- nitrates ;
- pesticides ;
- micropolluants minéraux ;
- autres micropolluants organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques, polychlorobiphényles, composés organo-halogénés volatils).

L'altération est le plus souvent évaluée par rapport à l'état naturel des nappes (état patrimonial) mais également par rapport à son aptitude à la production d'eau potable.

AVERTISSEMENT

L'essentiel des données utilisées dans ce chapitre est issu du réseau national de connaissance des eaux souterraines (RNES). Ce réseau, de type patrimonial, a pour objectif de fournir une image globale de l'état des eaux souterraines. Il se distingue ainsi des réseaux d'impact chargés du suivi d'une pollution en particulier, et des réseaux d'usage (en particulier du réseau de contrôle des eaux brutes destinées à la production d'eau potable).

D'autre part, bien que certains points du RNES servent aussi à la production d'eau potable, il est important de noter que les données suivantes sont des analyses réalisées sur eaux brutes, c'est-à-dire sur de l'eau prélevée directement au point de captage. Ces résultats ne représentent donc pas la qualité des eaux distribuées au robinet du consommateur. Ces dernières subissent en effet un traitement avant distribution.

LES NITRATES

Généralités

Les sources de nitrates sont multiples :

- en **milieu urbain**, ce sont principalement les rejets d'eaux usées, les engrais utilisés par les particuliers ou les collectivités pour l'entretien des espaces verts, et les systèmes d'assainissement autonome. Localement, l'influence de ces deux dernières sources peut être importante. D'après l'Insee (RP 1999), 19% de la population nationale a recours à l'assainissement autonome. En ce qui concerne les rejets urbains, l'impact sur les eaux souterraines est plus limité dans la mesure où les eaux usées sont rejetées après traitement dans les cours d'eau et non dans les nappes. Les systèmes visés par ce type de pollution sont donc essen-

tiellement les nappes alluviales avec lesquelles les rivières entretiennent des échanges (possibilité de transfert de nitrates de la rivière vers la nappe en période de hautes eaux) ;

- localement, les **industries** peuvent représenter une source de pollution par les nitrates pour les eaux souterraines ;
- en **milieu agricole**, les principales sources de nitrates sont les fertilisants agricoles (naturels ou synthétiques) et les effluents d'élevage.

Les principales conséquences imputées à un excès de nitrates dans les eaux souterraines sont les suivantes :

- participation à l'eutrophisation des cours d'eau dans le cas des nappes alluviales. En effet, en période de basses eaux où les rivières

sont alimentées par les eaux souterraines, les nitrates présents en excès dans la nappe peuvent transiter vers la rivière et participer au phénomène d'eutrophisation. Les échanges nappes-rivières sont cependant complexes et souvent mal connus d'un point de vue chimique. L'interface que constituent les berges joue effectivement un rôle très variable d'un secteur à l'autre (transfert de polluant, dénitrification... ; voir Normand, 2003 pour plus de détails) ;

- effets sur la santé humaine : les principaux risques décrits par les spécialistes sont la méthémoglobinémie infantile et la possibilité de cancer de l'estomac (source : Gérin et al., 2003). Pour prévenir ces risques, une concentration maximale admissible pour l'eau potable a été fixée à 50 mg/l par l'OMS et les réglementations française et européenne relatives à l'eau potable (directive européenne 98/83/CE et son application en droit français dans l'article R.1321-1 du Code de la santé publique).

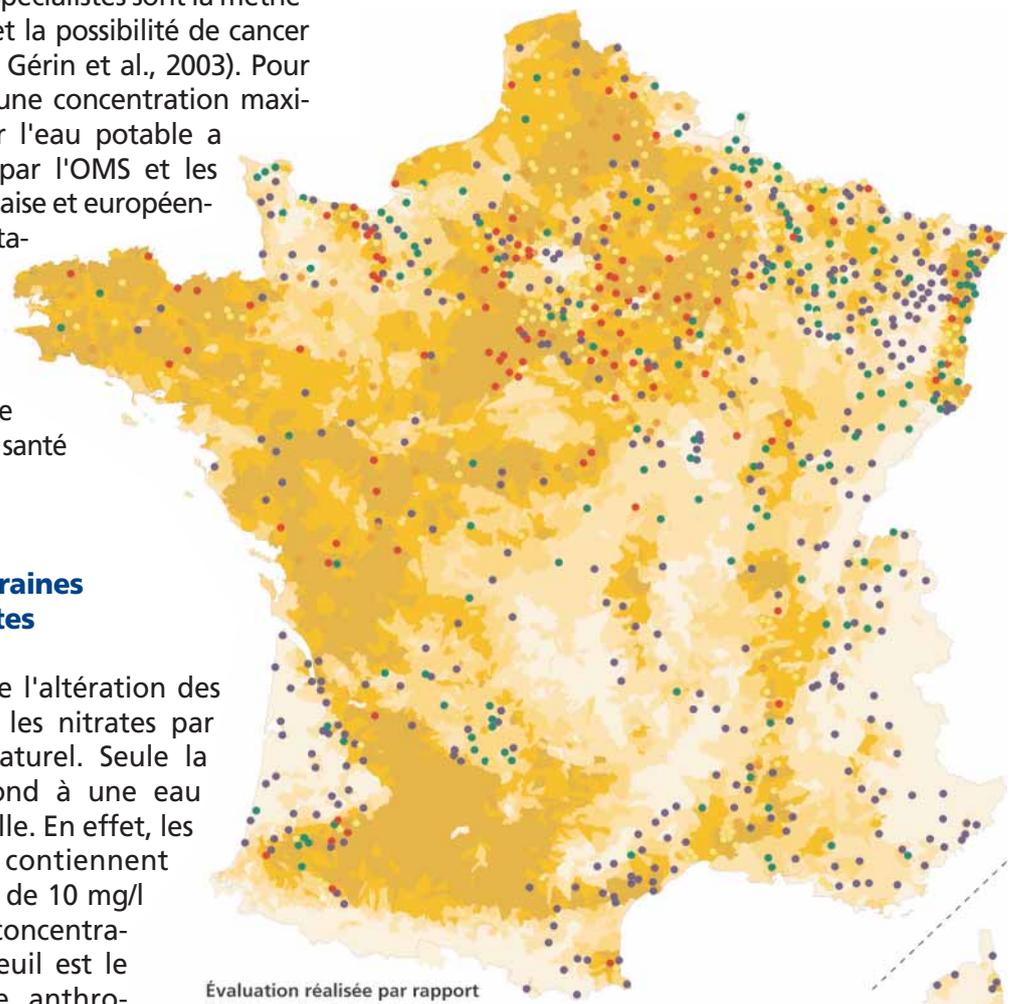
Altération des eaux souterraines par les nitrates

La figure 12 représente l'altération des eaux souterraines par les nitrates par rapport à leur état naturel. Seule la classe "bleu" correspond à une eau naturelle ou subnaturelle. En effet, les eaux naturelles ne contiennent généralement pas plus de 10 mg/l de nitrates et toute concentration supérieure à ce seuil est le signe d'une influence anthropique. Cette carte, réalisée à partir des données produites par les agences de l'Eau, montre que les concentrations les plus fortes se situent dans le quart nord-ouest de la France ainsi que dans l'Est (nappe d'Alsace). Des teneurs supérieures aux niveaux naturels s'observent également fréquemment dans la vallée du Rhône. Au total, 62% des 1 048 sites échantillonnés présentent en 2002 une concentration en nitra-

tes supérieure à 10 mg/l traduisant ainsi une influence anthropique.

Il est cependant difficile à l'échelle nationale de déterminer l'origine de ces anomalies. En milieu urbain et industriel, les pollutions par les nitrates ont un caractère "ponctuel", si bien qu'il est impossible, à une aussi grande échelle, de croiser les résultats observés dans les nappes avec les sources potentielles de nitrates.

Figure 12 - Altération des eaux souterraines par les nitrates en 2002 par rapport à l'état patrimonial



Évaluation réalisée par rapport à l'état naturel de la ressource. Réseau de connaissance générale (RNES).

- Dégradation très importante par rapport à l'état naturel (> 50 mg/l)
- Dégradation importante par rapport à l'état naturel (de 40 à 50 mg/l)
- Dégradation significative par rapport à l'état naturel (de 20 à 40 mg/l)
- Eau de composition proche de l'état naturel (10 à 20 mg/l)
- Eau dont composition est naturelle ou "subnaturelle" (<10 mg/l)

Agriculture intensive dans les zones hydrographiques
Corine Land Cover. Valeurs cumulées (en %) des postes : terres arables + cultures permanentes + zones agricoles hétérogènes

75 - 100% 55 - 75% 35 - 55% 15 - 35% 0 - 15%

Répartition du nombre de points de mesure par classe de qualité (total : 1 048 points)

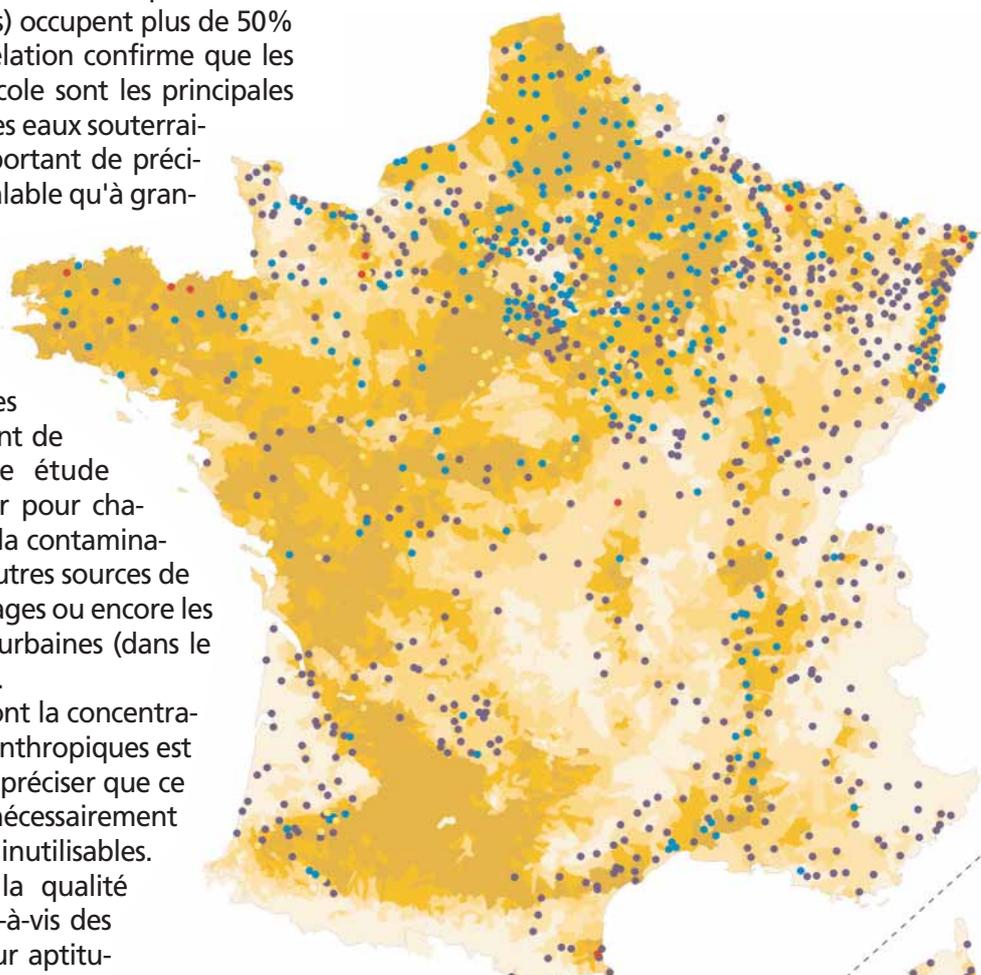


Source : ADES - agences de l'Eau (réseau national de connaissance des eaux souterraines - RNES) et CORINE Land Cover 1990. Traitements : Ifen, 2004.

En milieu agricole, une pollution par les nitrates est en revanche "diffuse", c'est-à-dire qu'elle s'étend sur une grande surface. Les résultats issus du RNES peuvent donc être croisés avec un indicateur traduisant l'importance des activités agricoles. C'est ce que représente la *figure 12*. Cette dernière montre qu'il existe souvent un lien entre la concentration en nitrates dans les eaux souterraines et l'importance de la surface de terres agricoles. La quasi-totalité des stations de mesures dans lesquelles la concentration en nitrates dépasse 20 mg/l (points "jaune", "orange" et "rouge") se situe en effet dans des bassins sur lesquels les terres agricoles (hors prairies) occupent plus de 50% de la surface. Cette corrélation confirme que les fertilisants d'origine agricole sont les principales sources de nitrates dans les eaux souterraines. Il est cependant important de préciser que ce constat n'est valable qu'à grande échelle et que l'objet de ce document n'est pas de donner une interprétation de la contamination des eaux souterraines par les nitrates pour chaque point de prélèvement. Seule une étude locale permet d'identifier pour chacun des sites l'origine de la contamination. Il existe en effet d'autres sources de pollution comme les élevages ou encore les rejets d'eaux résiduelles urbaines (dans le cas des nappes alluviales). Si le nombre de points dont la concentration traduit des apports anthropiques est important, il convient de préciser que ce constat ne signifie pas nécessairement que les ressources sont inutilisables. Ainsi, lorsqu'on évalue la qualité des eaux souterraines vis-à-vis des nitrates par rapport à leur aptitude à la production d'eau potable, on constate que le nombre de points de "mauvaise qualité" est beaucoup plus faible (*figure 13*). Les données montrent alors que dans 10% des 1 048 stations échantillonnées, les teneurs en nitrates sont incompatibles avec une distribution de l'eau sans traitement spécifique (de 50 à 100 mg/l) et que dans 1% des sites, les teneurs sont telles que l'eau est totalement inapte à la production d'eau potable (> 100 mg/l).

Bien que l'objectif des données acquises par les agences de l'Eau soit de disposer d'un état "global" de la qualité des eaux souterraines, il reste difficile de disposer d'un réseau parfaitement représentatif. Autrement dit, indiquer que pour 62% des stations les teneurs en nitrates sont telles qu'elles traduisent une influence anthropique ne signifie pas pour autant que 62% des nappes sont contaminées.

Figure 13 - Altération des eaux souterraines par les nitrates en 2002 par rapport à l'aptitude à la production d'eau potable



Évaluation réalisée par rapport à l'aptitude à la production d'eau potable

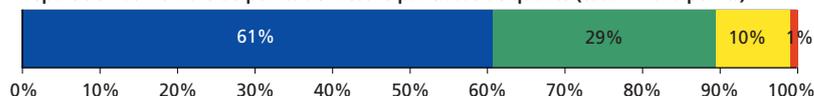
- Eau inapte à la production d'eau potable (> 100 mg/l)
- Eau non potable nécessitant un traitement (de 50 à 100 mg/l)
- Eau de qualité acceptable (de 25 à 50 mg/l)
- Eau de qualité optimale pour être consommée (< 25 mg/l)

Agriculture intensive dans les zones hydrographiques

Corine Land Cover. Valeurs cumulées (en %) des postes : terres arables + cultures permanentes + zones agricoles hétérogènes

- 75 - 100%
- 55 - 75%
- 35 - 55%
- 15 - 35%
- 0 - 15%

Répartition du nombre de points de mesure par classe de qualité (total : 1 048 points)



Source : ADES - agences de l'Eau (réseau national de connaissance des eaux souterraines - RNES) et CORINE Land Cover 1990. Traitements : Ifen, 2004.

Évolution des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines

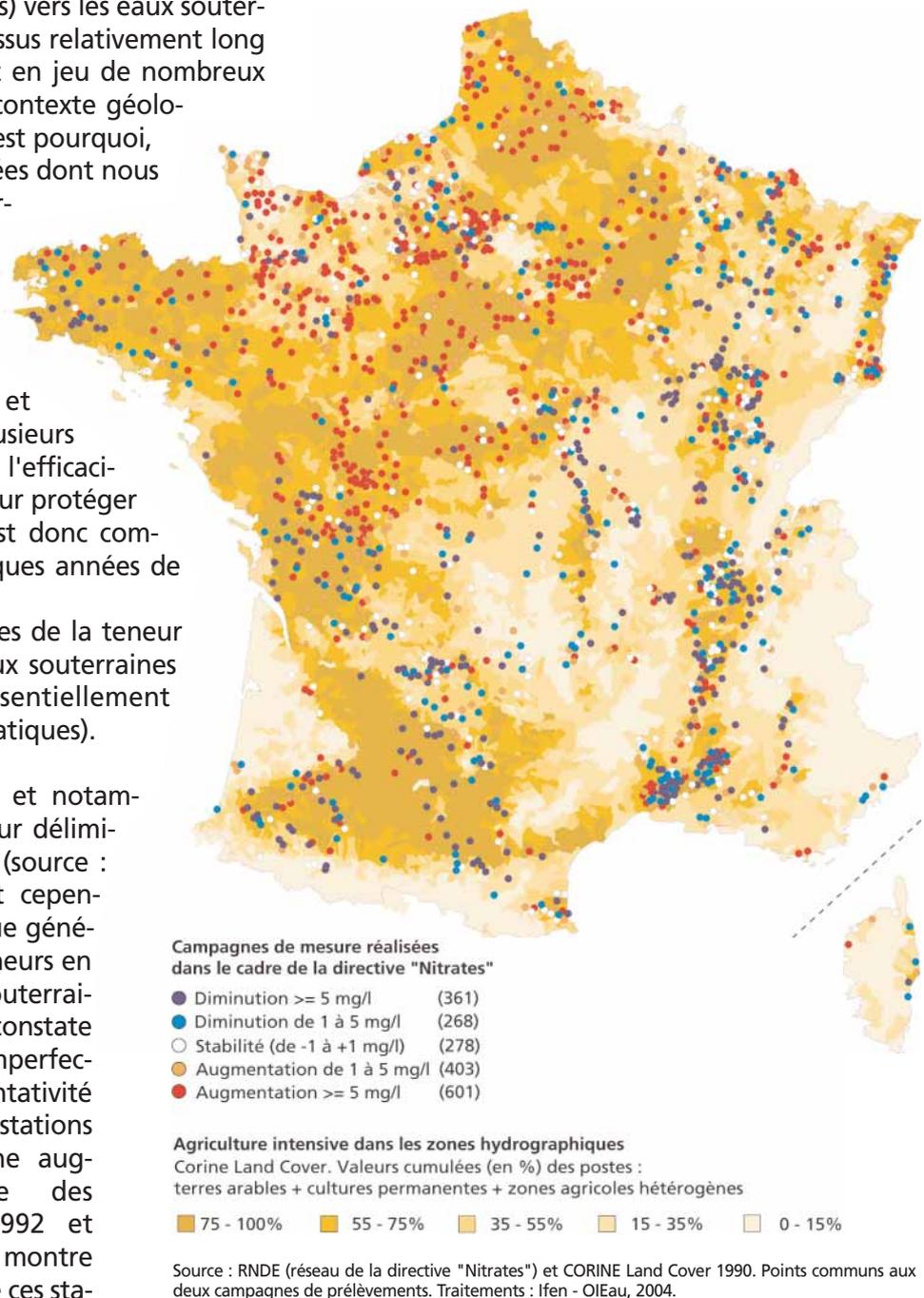
La question de l'évolution des nitrates dans les eaux souterraines est difficile à apprécier à l'échelle de la France entière. Les concentrations sont en effet très variables dans l'espace et dans le temps (variabilité saisonnière et interannuelle). Or, les réseaux de connaissance générale des eaux souterraines ne fournissent généralement que 2 à 4 mesures par an. On peut donc s'interroger sur la représentativité des résultats et sur la pertinence d'une comparaison des moyennes de concentrations d'une année à l'autre. Il convient en outre de rappeler que le transfert des nitrates (et des autres polluants) vers les eaux souterraines peut être un processus relativement long (quelques années) et met en jeu de nombreux facteurs : nature du sol, contexte géologique, précipitations... C'est pourquoi, l'interprétation des données dont nous disposons nécessite de garder en tête quelques règles élémentaires :

- le temps de transfert des nitrates vers les eaux souterraines est très variable et peut durer jusqu'à plusieurs années. L'évaluation de l'efficacité des mesures prises pour protéger les eaux souterraines est donc complexe et nécessite quelques années de recul ;
- les variations saisonnières de la teneur en nitrates dans les eaux souterraines sont importantes (essentiellement liées aux variations climatiques).

Les données disponibles, et notamment celles recueillies pour délimiter les zones vulnérables (source : RNDE, 2004), permettent cependant de disposer d'une vue générale de l'évolution des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines (*figures 14 et 15*). On constate ainsi que, malgré les imperfections liées à la représentativité des échantillons, 32% des stations de mesure montrent une augmentation significative des concentrations entre 1992 et 2000-2001. La *figure 14* montre en outre que la plupart de ces sta-

tions sont situées dans le quart nord-ouest du territoire ainsi que dans la plaine d'Alsace. À l'inverse, 19% des sites de prélèvements présentent une diminution significative des teneurs en nitrates. Ces sites sont relativement dispersés sur l'ensemble du territoire, bien que certains secteurs se dessinent (Charente, Finistère sud, Sud-Ouest, vallée du Rhône). Au-delà de ces tendances générales, la *figure 14* fournit une bonne illustration de la variabilité spatiale de l'évolution des teneurs en nitrates. Il est en effet cou-

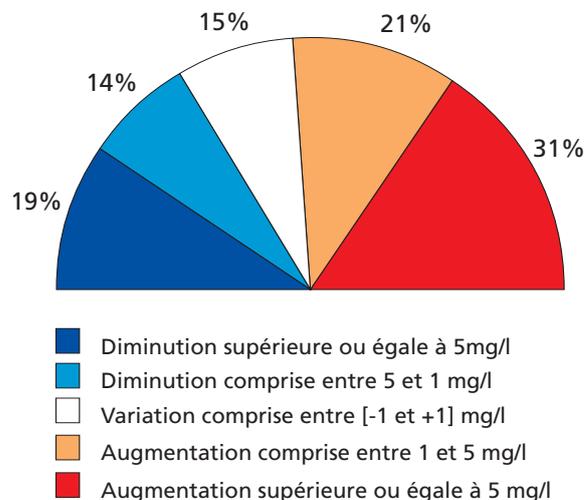
Figure 14 - Évolution de la concentration moyenne en nitrates dans les eaux souterraines entre 1992 et 2000-2001



rant d'observer des stations très proches dont les évolutions sont opposées. Ceci nous rappelle la nature hétérogène des aquifères et des sols ainsi que celle des pressions exercées sur le milieu.

La principale limite sur la représentativité des données est ici liée aux captages les plus pollués. En effet, lorsque la teneur en nitrates dans l'eau d'un forage utilisé pour la production d'eau potable atteint 100 mg/l, celui-ci est fermé. Il n'est donc plus surveillé. Or, pour des raisons pratiques (accès, pompages...), les captages d'eau potable sont souvent utilisés pour surveiller la qualité globale des eaux souterraines. Il existe donc probablement un biais pour les valeurs les plus hautes. Il convient cependant de noter que les réseaux qui se mettent actuellement en place pour répondre aux exigences de la DCE commencent à tenir compte de ces difficultés en sélectionnant des points en fonction du type de pression (agricole, industriel et/ou urbain).

Figure 15 - Répartition des évolutions de la concentration moyenne en nitrates dans les eaux souterraines entre 1992 et 2000-2001



Source : RNDE (campagnes de mesures réalisées pour la directive "Nitrates"). Points communs aux deux campagnes. Traitements : Ifen - OIEau, 2004.

Conclusion

On retiendra donc que les données disponibles en 2002 mettent en évidence une dégradation de l'état naturel des eaux souterraines vis-à-vis des nitrates dans de nombreux secteurs (en particulier dans les secteurs où les activités agricoles sont importantes) mais que cette dégradation reste souvent acceptable pour la production d'eau potable.

Enfin, malgré le manque de représentativité de certaines données, il semblerait que, de façon

très globale, les teneurs en nitrates augmentent dans le quart nord-ouest de la France et dans la plaine d'Alsace tandis que dans la vallée du Rhône ainsi que dans le sud du Finistère et de la Charente, les concentrations soient en baisse. Ces conclusions ont bien évidemment une valeur à l'échelle nationale et n'ont pas pour objectif de caractériser l'évolution de la contamination des nappes à une échelle plus locale.

LES PESTICIDES

Les informations suivantes sont tirées du 6^e bilan de la contamination des eaux continentales réalisé par l'Ifen (source : Ifen, 2004).

Généralités

Bien que les effets des pesticides sur la santé humaine soient difficiles à évaluer, des risques aigus et chroniques sont aujourd'hui reconnus (effets cancérigènes, baisse de la fertilité...). Parmi les trois principaux groupes de substances (insecticides, herbicides, fongicides), les insecticides sont les plus nuisibles (source : Gérin et al., 2003). Les herbicides seraient beaucoup moins toxiques envers les mammifères. Enfin, en raison de la variété des familles auxquelles ils appartiennent, les fongicides présenteraient des effets très

contrastés sur la santé humaine.

D'un point de vue environnemental, des effets sur les poissons et sur les oiseaux carnivores sont reconnus depuis longtemps (effets mutagènes ou encore cancérigènes).

Les sources de pesticides sont multiples : agriculture, jardins privés, entretien des espaces verts ou de la voirie, voies ferrées... En 2002, 82 000 tonnes de pesticides ont été commercialisées (source : UIPP). L'agriculture est de loin le premier utilisateur de pesticides puisque 90% des ventes sont destinées au monde agricole tandis que 8% sont utilisés pour l'entretien des jardins privés et 2% pour des utilisations publiques comme l'entretien des espaces verts, de la voirie ou du réseau ferré (source : Miquel, 2003, d'après UIPP, 2000).

Altération des eaux souterraines par les pesticides

La *figure 16* représente l'altération des eaux souterraines par les pesticides en 2002. Cette carte a été réalisée à partir des données des agences de l'Eau (RNES) et de certains groupes régionaux "phyto". L'altération est évaluée par rapport à l'usage "eau potable".

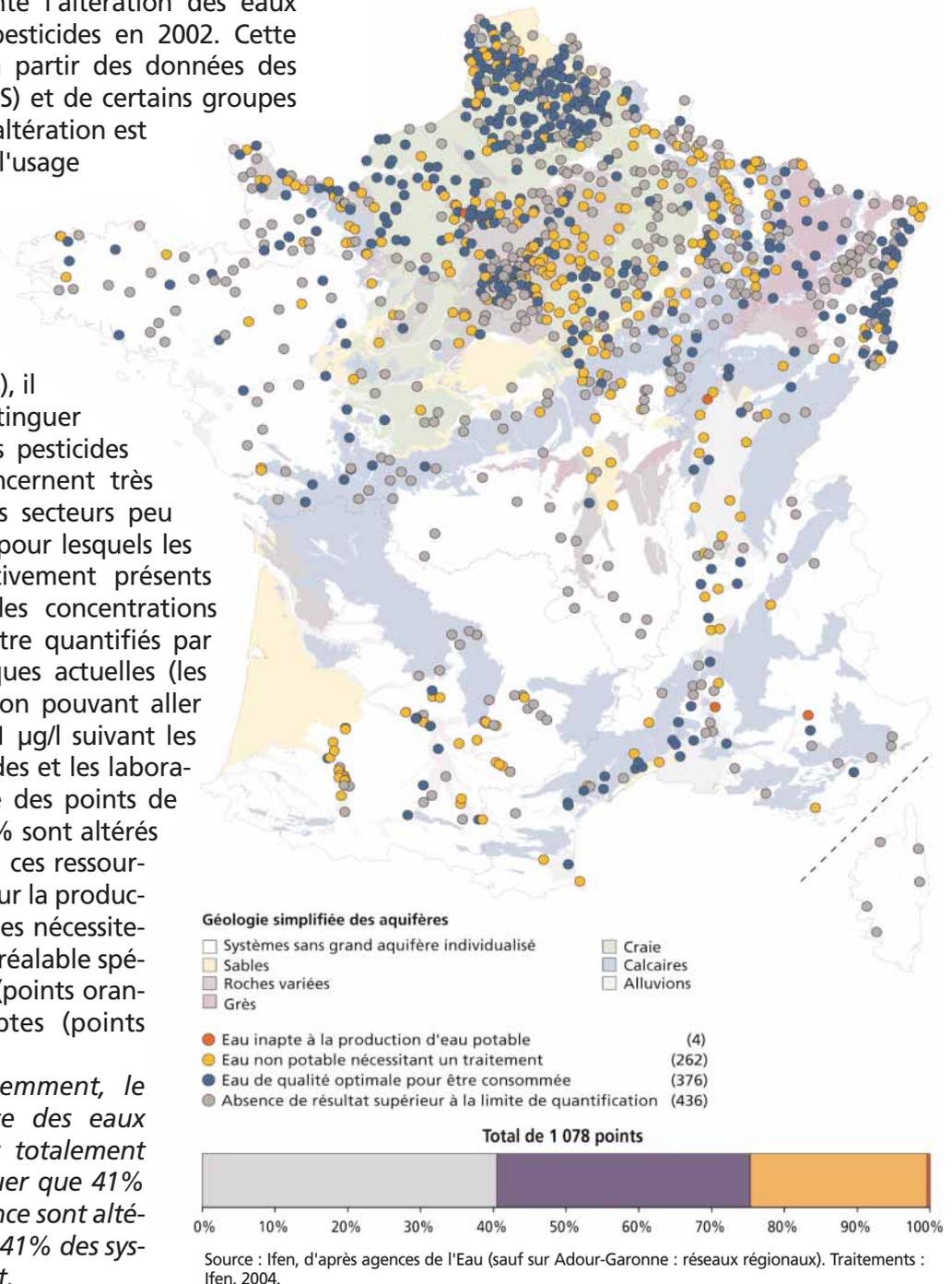
Des concentrations de pesticides ont pu être quantifiées sur 60% des points de surveillance. Pour les points restants (gris), il est impossible de distinguer ceux pour lesquels les pesticides sont absents (qui concernent très certainement plusieurs secteurs peu anthropisés), de ceux pour lesquels les pesticides sont effectivement présents mais à de trop faibles concentrations pour qu'ils puissent être quantifiés par les méthodes analytiques actuelles (les limites de quantification pouvant aller de 0,002 à plus de 0,1 µg/l suivant les substances, les méthodes et les laboratoires). Sur l'ensemble des points de mesure quantifiés, 41% sont altérés à un niveau tel que, si ces ressources étaient utilisées pour la production d'eau potable, elles nécessiteraient un traitement préalable spécifique aux pesticides (points orange) ou seraient inaptes (points rouge).

NB : comme précédemment, le réseau de surveillance des eaux souterraines n'est pas totalement représentatif et indiquer que 41% des points de surveillance sont altérés ne signifie pas que 41% des systèmes aquifères le sont.

Principales substances présentes dans les eaux souterraines

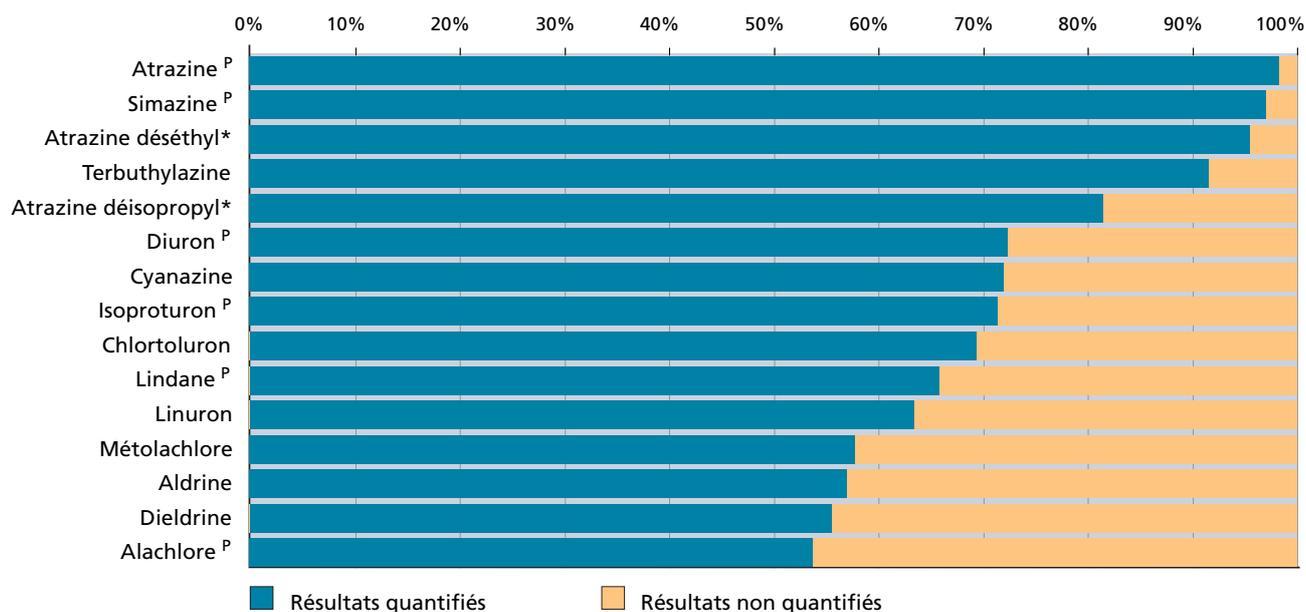
En 2002, 373 molécules différentes ont été recherchées dans les eaux souterraines et 123, soit 33%, ont été quantifiées. On calcule le taux de quantification pour chaque substance afin d'identifier celles que l'on retrouve le plus souvent dans les eaux. Il correspond au nombre d'analyses quantifiées divisé par le nombre total

Figure 16 - Altération des eaux souterraines par les pesticides en 2002 - Évaluation réalisée par rapport à l'aptitude à la production d'eau potable



d'analyses. Il est ici calculé avec les résultats d'analyse de l'ensemble des points de surveillance, tous réseaux confondus. L'atrazine et ses produits de dégradation sont parmi les substances les plus recherchées (*figure 17*). Cette figure reflète les stratégies d'échantillonnage des producteurs de données. La *figure 18* met en revanche en évidence les molécules les plus souvent présentes dans les stations de surveillance des eaux souterraines.

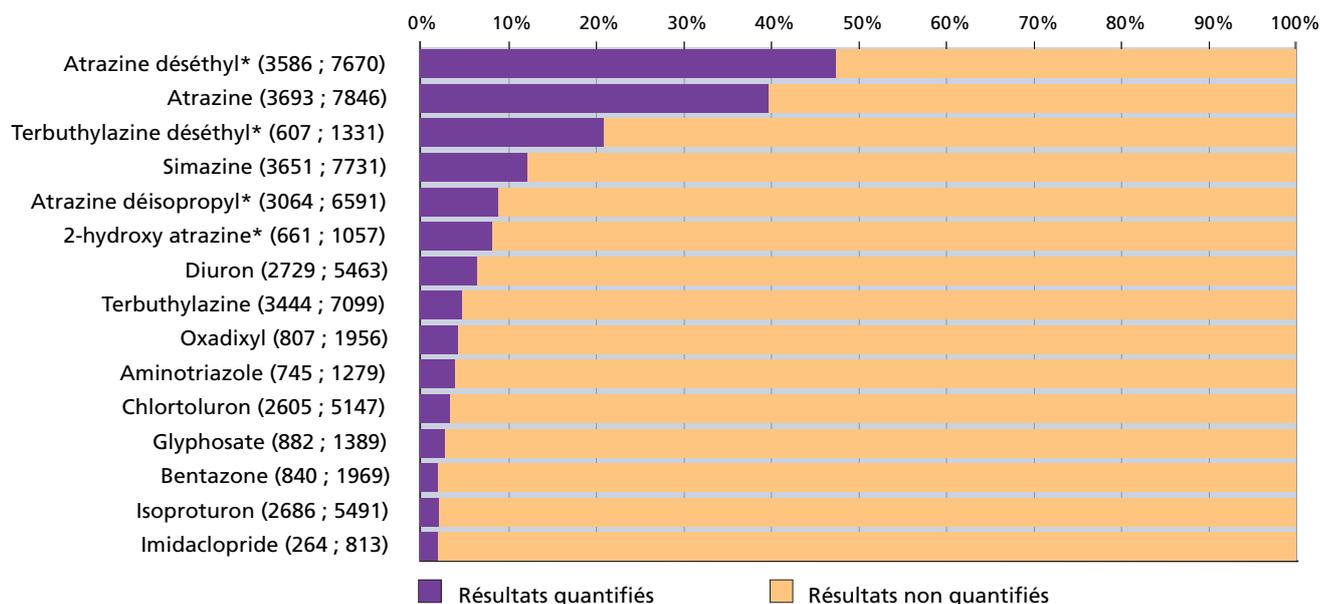
Figure 17 - Principales molécules recherchées dans les eaux souterraines en 2002, tous réseaux confondus



Les molécules suivies de la lettre P sont des molécules désignées comme prioritaires par la directive-cadre sur l'eau. Par exemple, l'atrazine, substance prioritaire, a été recherchée dans 98% des stations de mesure en eau souterraine.

Source : Ifen, 2004.

Figure 18 - Principales molécules (nombre de points d'observation, nombre d'analyses) présentes dans les eaux souterraines en 2002, tous réseaux confondus



En 2002, en eau souterraine, sur 7 846 analyses d'atrazine réalisées sur des échantillons provenant de 3 693 points d'observation, 47% avaient un résultat quantifié. Les produits de dégradation de l'atrazine sont repérés par un astérisque.

Source : Ifen, 2004.

LES AUTRES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES

Généralités

Les principales familles de micropolluants organiques (hors pesticides) sont :

- les composés organo-halogénés volatils (OHV) : ces substances sont synthétisées à partir d'hydrocarbures. Il s'agit principalement de solvants couramment utilisés pour le dégraissage des métaux ou encore pour le nettoyage (produits entrant dans la composition de certains détachants). Les principales molécules de ce groupe sont :
 - tétrachloroéthylène,
 - trichloroéthylène,
 - chloroforme,
 - tétrachlorure de carbone,
 - 1,1,1-trichloroéthane ;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : ces composés sont issus de la combustion incomplète des produits pétroliers ;
- les polychlorobiphényles (PCB) : ces substances, utilisées principalement comme isolants diélectriques, sont entièrement synthétiques. Malgré leur interdiction depuis 1987, on les trouve encore dans d'anciennes installations électriques ou dans des décharges.

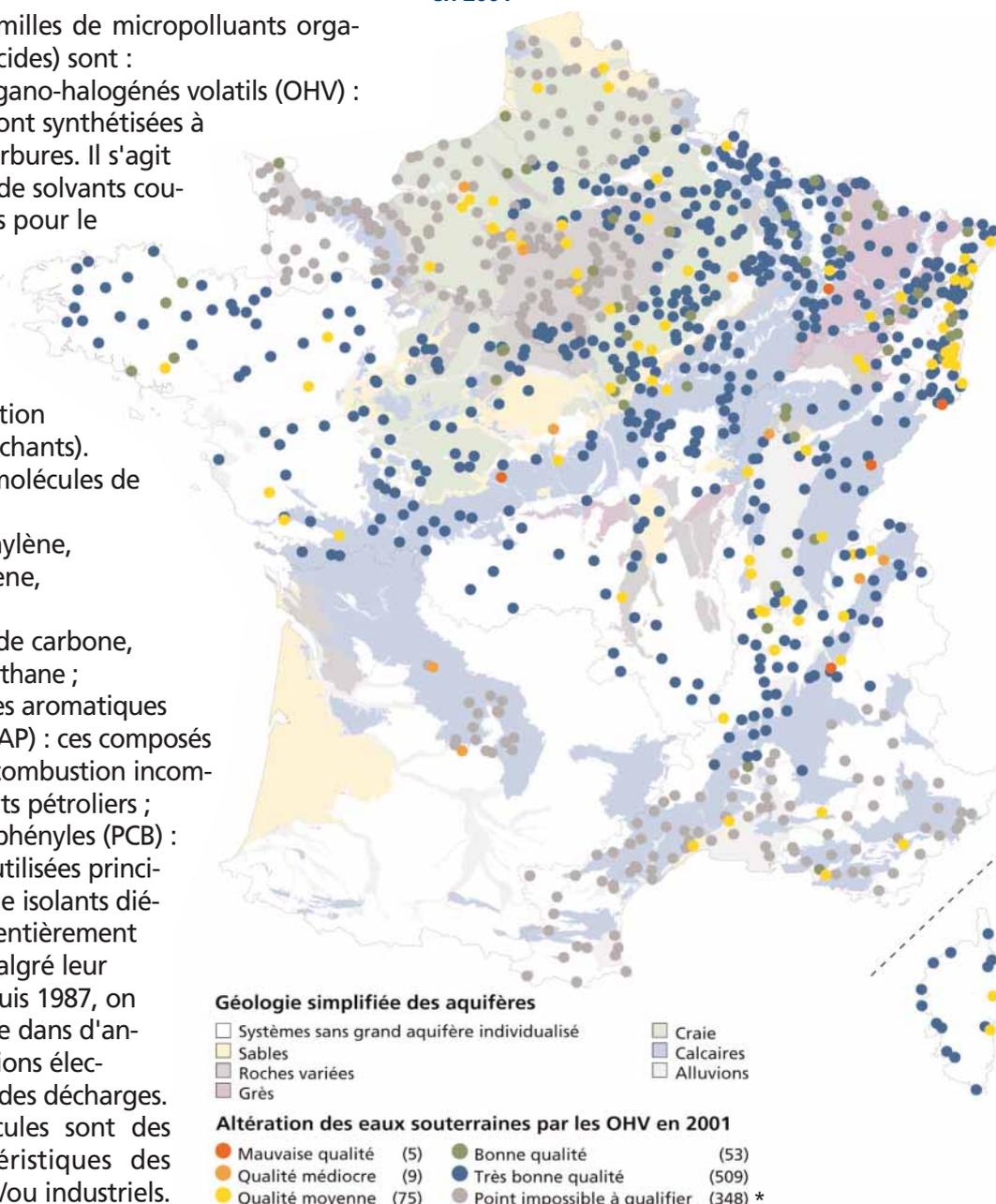
Toutes ces molécules sont des polluants caractéristiques des milieux urbains et/ou industriels.

Résultats

D'après les données disponibles (RNES 1999 en Rhin-Meuse, 2000 en Seine-Normandie, et 2001 en Loire-Bretagne, Rhône-Méditerranée-Corse, Adour-Garonne et Artois-Picardie), on constate que :

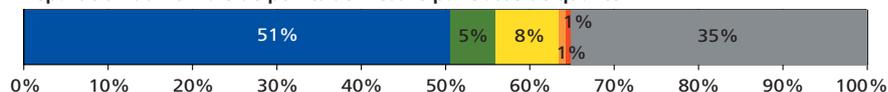
- seulement quatre points présentent une qualité d'eau altérée par les HAP. Plus précisé-

Figure 19 - Altération des eaux souterraines par les OHV en 2001



Résultat du RNES en 2001	Très bonne qualité	Bonne qualité	Qualité moyenne	Qualité médiocre	Mauvaise qualité
Tétrachloroéthylène (µg/l)	0,1	0,5	1	5	
Trichloroéthylène (µg/l)	0,1	0,5	1	5	
Chloroforme (µg/l)	0,5	2,5	5	25	
Tétrachlorure de carbone (µg/l)	0,1	0,5	1	5	
1,1,1-trichloroéthane (µg/l)	0,1	0,5	1	5	

Répartition du nombre de points de mesure par classe de qualité



* Pour ces points, les performances analytiques ne sont pas suffisantes pour que l'on puisse attribuer avec certitude une classe de qualité. Tous les résultats d'analyse sont inférieurs au seuil de quantification mais pour au moins une analyse, ce seuil est supérieur à la limite bleu-vert du système de classification. Voir note en annexe. Source : ADES (agences de l'Eau) et BDRHFV1. Traitements : Ifen, 2004.

ment deux de ces points ont une qualité "moyenne" (somme des concentrations en HAP comprise entre 0,07 et 0,1 µg/l), et les deux autres présentent une qualité "médiocre" (somme des concentrations en HAP⁽⁴⁾ comprise entre 0,1 et 1 µg/l) ;

- aucun point n'est déclassé vis-à-vis des PCB ;
- 10% des points de mesure présentent une qualité d'eau "moyenne", "médiocre" ou "mauvaise" (figure 19). Pour 35% d'entre eux, la classe de qualité n'a pas pu être déterminée. En effet, pour chacun de ces sites, au moins un résultat d'analyse dispose d'une limite de quantification supérieure à la limite "bleu-vert" ce qui ne permet pas de se prononcer sur la classe finale de qualité (voir note en annexe).

Il convient cependant de rappeler que le réseau national de connaissance des eaux souterraines (RNES) d'où sont extraits ces résultats a pour objectif de fournir une vision globale de l'état des eaux souterraines. Ce réseau n'a pas pour vocation de suivre les pollutions ponctuelles comme celles qui font intervenir les substances évoquées dans ce paragraphe. Des réseaux plus spécifiques, de type réseaux d'impact (voir annexe 2), existent déjà. Ceux-ci suivent notamment des sites industriels en application de la législation relative aux installations classées.

LES MICROPOLLUANTS MINÉRAUX

Généralités

Les micropolluants minéraux étudiés dans ce rapport sont : l'antimoine, l'aluminium, l'arsenic, le bore, le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb, le sélénium et le zinc.

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines vis-à-vis des micropolluants minéraux est cependant très délicate. La présence de l'un de ces micropolluants dans un échantillon d'eau peut avoir plusieurs origines :

- soit elle est naturelle, et alors liée au contexte géologique particulier de l'aquifère ;
- soit elle résulte d'un apport par les activités anthropiques ;
- soit son origine est mixte, c'est-à-dire qu'elle résulte à la fois d'un contexte naturel favorable à sa présence auquel s'ajoute une pollution.

Ainsi, comment qualifier la qualité d'un échantillon d'eau marqué par une concentration élevée pour un de ces éléments ? Il faudrait d'une part pouvoir distinguer l'origine, anthropique ou naturelle, de cette concentration. Mais cet exercice nécessite des études à une échelle plus locale. L'étude bibliographique du BRGM sur le fond géochimique naturel des aquifères (source : Blum et al., 2002) fournit des pistes pour résoudre cette question. D'autre part, en admettant que l'origine naturelle de l'élément ait été identifiée, quelle classe finale de qualité doit-on donner à l'échantillon ? Cette eau est en effet de bonne qua-

lité par rapport à son état patrimonial mais elle ne pourra pas satisfaire tous les usages.

Il est donc impossible de déterminer de manière globale, et à une échelle aussi grande, la qualité des eaux souterraines vis-à-vis des micropolluants minéraux.

Résultats

Malgré ce constat, une analyse des concentrations significatives en micropolluants minéraux a été réalisée (figure 20). Celle-ci se base sur les classes de concentrations définies par les experts et n'a pas pour objectif de distinguer les anomalies d'origine naturelle des pollutions d'origine anthropique. Mais pour les raisons évoquées précédemment, aucune conclusion sur la qualité de l'eau de chaque point n'est proposée.

D'après la littérature (source : Vernoux et al., 1998), la présence de sélénium en Seine-et-Marne et dans l'Essonne est naturelle. Il en est de même en Poitou-Charentes où le sélénium fait la renommée des eaux thermales de la Roche-Posay, ainsi que dans certains secteurs des aquifères du Jurassique et du Trias de l'est de la France.

Il est difficile de dire si les concentrations élevées en arsenic mises en évidence par la figure 20 sont d'origine naturelle ou anthropique. On sait cependant que des teneurs très élevées d'origine naturelle sont connues dans certaines régions de socle comme l'Auvergne et dans certains aquifères calcaires du Haut-Rhin.

(4) Somme des HAP = benzo(b)fluoranthène + benzo(k)fluoranthène + benzo(ghi)peryène + indénol(1,2,3-cd)pyrène.

La figure 20 montre également de nombreux captages dans lesquels les concentrations en aluminium sont importantes. Mais seule une étude locale permettrait pour chacune des stations de mesure de dire si la présence d'aluminium dans la nappe est naturelle ou liée aux activités anthropiques.

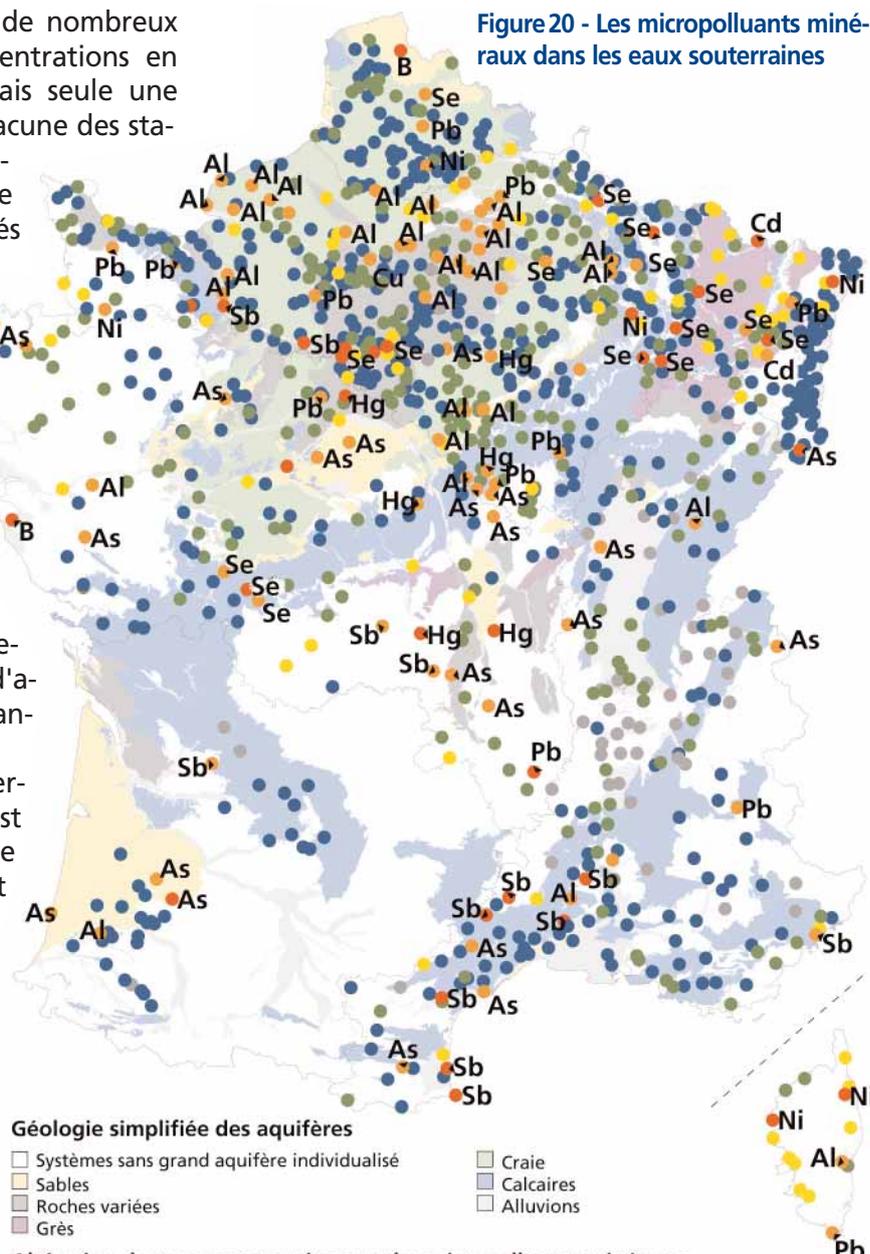
On sait, par exemple, que dans le département de la Seine-Maritime les anomalies sont probablement liées à une contamination au moment du prélèvement.

En effet, dans ce secteur, plusieurs forages subissent un traitement aux flocculants de sulfate d'alumine qui a pu contaminer l'échantillon.

La présence de nickel est dans certains cas d'origine naturelle. C'est le cas dans le bassin Artois-Picardie où l'occurrence de nickel à l'état naturel dans la nappe de la craie a été démontrée (source : Vallée, 1999).

Pour un certain nombre d'éléments, les concentrations naturelles sont très faibles (souvent inférieures au seuil de classification "bleu-vert") si bien que la présence d'une concentration élevée s'explique alors plus probablement par l'intervention de facteurs anthropiques. C'est le cas du mercure, du chrome (anomalie souvent liée à l'altération du forage), du cuivre et du cadmium.

Figure 20 - Les micropolluants minéraux dans les eaux souterraines



Géologie simplifiée des aquifères

- Systèmes sans grand aquifère individualisé
- Sables
- Roches variées
- Grès
- Craie
- Calcaires
- Alluvions

Altération des eaux souterraines par les micropolluants minéraux

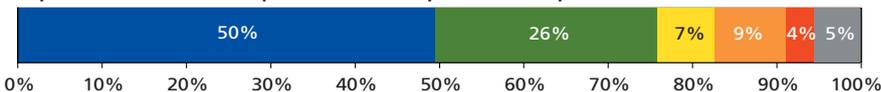
Résultats du RNES en 1999 (RM), 2000 (SN), 2001 (RMC et LB), 2002 (AG) et 2003 (AP)

- Mauvaise qualité (37)
- Qualité médiocre (89)
- Qualité moyenne (69)
- Bonne qualité (273)
- Très bonne qualité (518)
- Point impossible à qualifier (55)

Résultats du RNES en 1999 (RM), 2000 (SN), 2001 (RMC et LB), 2002 (AG) et 2003 (AP)

Concentration	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Arsenic (µg/l) - As	5	7,5	10	100	
Bore (µg/l) - B	50	350	700	1 000	
Cadmium (µg/l) - Cd	1	2,5	3,5	5	
Chrome (µg/l) - Cr	25	30	40	50	
Cuivre (µg/l) - Cu	100	150	200	4 000	
Mercure (µg/l) - Hg	0,5	0,65	0,8	1	
Plomb (µg/l) - Pb	5	7,5	10	50	
Sélénium (µg/l) - Se	5	6,5	8,5	10	
Aluminium (µg/l) - Al	50	125	200	200	
Antimoine (µg/l) - Sb	2	3,5	5	10	
Nickel (µg/l) - Ni	10	15	20	40	

Répartition du nombre de points de mesure par classe de qualité



* Pour ces points, les performances analytiques ne sont pas suffisantes pour que l'on puisse attribuer avec certitude une classe de qualité. Tous les résultats d'analyse sont inférieurs au seuil de quantification mais pour au moins une analyse, ce seuil est supérieur à la limite bleu-vert du système de classification. Voir note en annexe.

Avertissement : cette carte ne représente pas exactement l'altération des eaux souterraines vis-à-vis des micropolluants minéraux. Pour certains éléments, les concentrations élevées sont en effet naturelles. Autrement dit, l'eau peut être classée en "rouge" et être de "bonne qualité" (sans influence anthropique).

Source : ADES (agences de l'Eau - RNES) et BDRHFv1. Traitements : Ifen, 2004.

CONCLUSION

D'un point de vue quantitatif, les eaux souterraines sont généralement peu affectées en France métropolitaine et le risque de pénurie d'eau est relativement inexistant à l'échelle nationale. Les besoins sont cependant très variables selon les régions et les saisons et pour certaines nappes, les prélèvements sont supérieurs à la ressource renouvelable. En France, le risque de perturber l'équilibre quantitatif des ressources en eaux souterraines est donc essentiellement local et/ou saisonnier.

Au niveau qualitatif, il est difficile de dire si, à l'échelle de la France métropolitaine, les eaux souterraines sont en "bon état" ou pas. La qualité des nappes est en effet très variable d'une région à l'autre et dépend non seulement du paramètre à partir duquel l'évaluation est réalisée, mais également de la référence (état d'origine de la nappe ou état par rapport à un usage ?).

Les résultats montrent cependant une fréquente dégradation des eaux souterraines par les nitrates et les pesticides en particulier dans le quart nord-ouest du territoire, dans la vallée du Rhône et dans la plaine d'Alsace. Pour les autres paramètres (autres micropolluants organiques et minéraux), les pollutions restent relativement ponctuelles.

Ce document ne constitue qu'une première étape dans la valorisation nationale des données sur les eaux souterraines (notamment sur les aspects qualitatifs) et les indicateurs qui y sont présentés devraient faire l'objet d'une mise à jour annuelle. De nouveaux indicateurs viendront également enrichir cette synthèse dans les années à venir.

Annexe 1

POUR EN SAVOIR PLUS...

SITES INTERNET

Sites nationaux et internationaux

- Le site (d'accès libre et gratuit) de la banque nationale de données sur les eaux souterraines ADES : <http://ades.rnde.tm.fr>
- Le site du RNDE : <http://www.rnde.tm.fr> on y trouvera notamment tous les bulletins mensuels de situation hydrologique ainsi que les synthèses annuelles d'où sont extraits les indicateurs sur le niveau des nappes. La rubrique "Synthèse" met également à disposition les résultats de la campagne de mesures 2000-2001 des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines ainsi que le rapport sur les prélèvements d'eau en France en 2001.
- Le Bureau de recherches géologiques et minières : <http://www.brgm.fr> : le site du BRGM propose des informations générales sur les eaux souterraines et met également à disposition des spécialistes de nombreuses informations sur les données du sous-sol (InfoTerre).
- Les agences de l'Eau : <http://www.eaufrance.com>
- Le ministère de l'Écologie et du Développement durable : <http://www.ecologie.gouv.fr>
- Le site de l'Institut français de l'environnement : <http://www.ifen.fr>
- Le site du ministère de Santé et de la Protection sociale : <http://www.sante.gouv.fr> : la rubrique "santé et environnement" met à disposition différentes informations sur les eaux souterraines. Le site permet également d'accéder aux sites Internet des Ddass.
- Le site du programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) : <http://www.unep.org/french>

Sites régionaux

- Les sites des directions régionales de l'Environnement. Un certain nombre d'indicateurs, en particulier sur le niveau des nappes, sont disponibles sur les sites des Diren. Tous les sites sont répertoriés dans la rubrique "Le ministère" du site du ministère de l'Écologie et du Développement durable (voir notamment le site de la Diren Centre et celui de la Diren Languedoc-Roussillon).
- Le site de l'Aprona (Association de protection de la nappe d'Alsace) : <http://www.aprona.net>
- Les sites des conseils généraux. Certains y valorisent les données issues de leurs réseaux de surveillance. Exemple : Pyrénées-Orientales (<http://cg66.brgm.fr>), Aude (http://www.aude.fr/contenu/v_piezo.asp).
- Les sites des observatoires régionaux de l'environnement (ORE). Exemple : Poitou-Charentes (<http://www.observatoire-environnement.org>). Ce site met à disposition du public un grand nombre d'indicateurs sur la qualité et le niveau des nappes dans la région.
- Les régions Poitou-Charentes et Aquitaine ont chacune mis en place un système d'information pour la gestion des eaux souterraines (SIGES) : <http://sigespoc.brgm.fr> et <http://sigesaqi.brgm.fr>
- Le bassin Seine-Normandie met à disposition un ensemble d'informations sur le niveau des nappes : <http://seine-normandie.brgm.fr>
- La banque régionale de l'aquifère rhénan : <http://brar.brgm.fr>

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages généraux

- Collin J.-J., 2004. *Les eaux souterraines. Connaissance et gestion*. BRGM Éditions, 169 p.
- De Marsily G., 1995. *L'eau*. Éditions Flammarion (coll. *Dominos*, 128 p.).
- Miquel G., 2003. *La qualité de l'eau et de l'assainissement en France*. Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Sénat n°215, Assemblée Nationale n°705, 2 tomes.

Données locales (bassins, régions, départements)

Les documents suivants fournissent des informations sur l'état des eaux souterraines à une échelle plus locale. Cette liste est indicative et non exhaustive. Il est recommandé au lecteur à la recherche d'informations locales de se renseigner auprès des DIREN, des agences de l'Eau, des conseils régionaux ou des conseils généraux.

- Agence de l'Eau Artois-Picardie, 2002. *La qualité des eaux souterraines de la Somme, Nitrates : bilan 1999-2001, évolution 1985-2001, Pesticides : bilan 1999-2001*. 20 p. + 4 annexes.
- Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 2003. *La qualité des cours d'eau et des eaux souterraines en Loire-Bretagne, 2000-2002*. 15 p.
- Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 2003. *Éléments de diagnostic de la partie française du district du Rhin*. État des lieux réalisé pour la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, version 1, juin 2003, 2 volumes.
- Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 2003. *Éléments de diagnostic de la partie française du district Meuse et Sambre*. État des lieux réalisé pour la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, version 1, juin 2003, 2 volumes.
- Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 2003. *Méthodologie de mise en œuvre de la DCE et aspects communs aux deux districts Rhin et*

Meuse. État des lieux réalisé pour la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, version 1, juin 2003, 103 p.

- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2003. *Présentation du réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines du bassin Rhône-Méditerranée-Corse (et premiers résultats 2001)*. 65 p. (coll. *Technic'eau*).
- Agence de l'Eau Seine-Normandie, 2003. *Suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie. Cinquième année de fonctionnement - 2001*. 150 p.
- Agence de l'Eau Seine-Normandie, 2003. *État des lieux du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands*. Version de travail, 121 p.
- DIREN Champagne-Ardenne, 2003. *La nappe de la Craie, Tableau de bord n°5*. 42 p.
- Observatoire régional de l'environnement Poitou-Charentes, 2002. *Le réseau piézométrique régional de Poitou-Charentes, Bilan 2001*. 166 p.
- Vallee K., 1999. *Le nickel dans les eaux alimentaires. Application à des champs captants du bassin Artois-Picardie*. Thèse de doctorat, EUDIL, université de Lille I, 268 p.
- Vernoux J.-F., Barbier J., Chery L., 1998. *Les anomalies en sélénium dans les captages d'Île-de-France (Essonne, Seine-et-Marne)*. Rapport BRGM R40114, 46 p.

Autres ouvrages

- Agences de l'Eau, Medd, 2002. *Le système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines. SEQ - Eaux souterraines. Rapport de présentation version 0*. n°80, 63 p. (coll. *Études des agences de l'Eau*).
- Blum A., Chery L., Barbier J., Baudry D., Petelet-Giraud E., 2002. *Contribution à la caractérisation des états de référence géochimique des eaux souterraines. Outils et méthodologie*. Rapport final BRGM RP-51549-FR, 5 volumes.

- BRGM, 2004. *Situation hydrologique. Bilan annuel 2003*. Bulletin n°68, à paraître.
- Casatany G., Margat J., 1977. *Dictionnaire français d'hydrogéologie*. Éditions du BRGM, 249 p.
- Chery L., Mouvet C., 2000. "Principaux processus physico-chimiques et biologiques intervenant dans l'infiltration des produits polluants et leur transfert vers les eaux souterraines", *La Houille Blanche*, n°7, pp 82-88.
- Freeze R. A., Cherry J.A., 1979. *Groundwater*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Gerin M., Gosselin P., Cordier S., Viau C., Quenel P., Dewailly E., 2003. *Environnement et Santé publique. Fondements et pratiques*. Éditions Tec & Doc, 1 023 p.
- Guillemain C., Roux J.-C., 1992. *Pollution des eaux souterraines en France*. Éditions du BRGM, 262 p. (coll. *Manuel et Méthodes*).
- Ifen, 2004a. *Les pesticides dans les eaux - Sixième bilan annuel - Données 2002*. Orléans, Ifen, 32 p., résultats détaillés sur CD-Rom (coll. *Études et Travaux*, n°42).
- Ifen, 2004b. *Les prélèvements d'eau en France en 2001*. Rapport RNDE, 56 p.
- Ifen, 2003. *La gestion de l'eau potable en France métropolitaine en 1998*. Orléans, Ifen, 16 p., avec un CD-Rom (coll. *Études et Travaux*, n°40).
- Ifen, 2001. "800 000 km de conduites pour distribuer l'eau potable", *Les données de l'Environnement*, n°71, 4 p.
- Medd, 2004. *Bilan national de l'étiage 2003*. 33 p.
- Medd, 2003. *Cahier des charges pour l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines en France*. Circulaire DCE 2003/07 du ministère de l'Écologie et du Développement durable, 117 p.
- Medd, 2003. *La politique de l'eau. Éléments pour un débat*. Éditions du Medd, 23 p.
- Medd, 2003. *La directive cadre européenne sur l'eau. Une nouvelle ambition pour la politique de l'eau*. 22 p.
- Miquel G., 2003. *La qualité de l'eau et de l'assainissement en France*. Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, n°705 (Assemblée Nationale), n°215 (Sénat), 2 tomes.
- Moris B.L., Lawrence A.R.L., Chilton P.J.C., Adams B., Calow R.C., Klinck B.A., 2003. *Groundwater and its susceptibility to degradation, A global assessment to the problem and options for management*. Early Warning and Assessment Report Series, RS 03-3, United Nations Environment Programme, 140 p.
- Normand M., 2003. *Synthèse bibliographique sur les relations qualitatives nappes-rivière*. Note technique du BRGM en appui technique au Medd/DE, 21 p.
- RNDE, 2004. *Résultats des campagnes de surveillance réalisées au titre de la directive Nitrates (Année 2000-2001)*. Synthèse disponible sur le site Internet du RNDE, 17 p.
- Wieland U., 2003. *Ressources en eau dans l'UE et les pays candidats*. Eurostat, 8 p. (coll. *Statistiques en bref*).
- World Water Assessment Programme, 2003. *Water for people, Water for life, The United Nations World Water Development Report*. Unesco publishing, 576 p.

Annexe 2

LES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES

Il existe actuellement de nombreux réseaux de surveillance des eaux souterraines dont les objectifs et les dimensions sont très différents. Les principaux critères de distinction de ces réseaux sont les suivants :

- paramètre suivi : piézométrie, débit, qualité (éléments minéraux, pesticides, indicateurs microbiologiques...);
- dimension géographique du réseau (national, bassin, régional, départemental, local);
- nombre d'aquifères étudiés;
- objectif du réseau : suivi de l'état patrimonial des aquifères les plus importants, police de l'eau (points d'eau situés à l'aval de sites classés par exemple), veille sanitaire des captages AEP (Ddass), gestion de la ressource (appui aux SAGE et aux SDAGE), connaissance générale et infor-

- mation auprès des différents acteurs de l'eau;
- densité des points;
- fréquence des mesures.

Il existe trois types de réseaux :

- les réseaux de connaissance générale (ou réseaux patrimoniaux) : ils sont destinés à identifier les caractéristiques (qualité, quantité) d'un ou plusieurs aquifères;
- les réseaux à usage spécifique (ou réseaux d'impact ou réseaux opérationnels) : ils s'agit de réseaux mis en place pour satisfaire une exigence particulière comme la surveillance des captages AEP, la police de l'eau, ou encore l'appui aux politiques de gestion de la ressource (annonce de crues, alerte sécheresse);
- les réseaux d'impact.

LES RÉSEAUX DE CONNAISSANCE GÉNÉRALE

La finalité des réseaux patrimoniaux est la connaissance pérenne de l'état qualitatif et quantitatif des eaux souterraines. L'échelle d'application de ces réseaux est variable (national, bassin, région, système aquifère).

Ces réseaux permettent de suivre à court et à long terme l'évolution des niveaux qualitatif et quantitatif des nappes et d'identifier d'éventuels apports anthropiques. Ils donnent une "image" de l'état des eaux souterraines. Ils sont par conséquent les réseaux les plus adaptés aux objectifs de ce document.

Leurs dimensions sont variables. Ils peuvent être locaux ou nationaux.

Réseaux nationaux de connaissance générale

Au niveau national, il s'agit du RNES (réseau national de connaissance des eaux souterraines) dont l'objectif est de suivre l'état qualitatif et quantitatif des eaux souterraines. Pour chaque

bassin, il est complété par des réseaux complémentaires dont les objectifs et le protocole de suivi restent similaires.

Réseaux locaux de connaissance générale

Plus localement, d'autres réseaux contribuent à améliorer la connaissance des systèmes aquifères. Les règles de conception de ces réseaux ne suivent pas nécessairement le protocole national. Leur extension est variable (nappe, département, région).

Le réseau de surveillance de la nappe d'Alsace et de la nappe du Pliocène de Haguenau est un exemple de réseau local de connaissance générale. Il est composé d'un réseau piézométrique de 200 points bénéficiant d'une fréquence de mesure hebdomadaire et d'un réseau qualité de 720 points répartis avec une densité de 1 point tous les 4 km² et pour lesquels des mesures sont effectuées tous les cinq ans.

LES RÉSEAUX D'USAGE

Objectifs

Il s'agit de réseaux mis en place pour répondre à un besoin précis : police de l'eau (points d'eau en aval de sites classés par exemple), contrôle

sanitaire (réseau des Ddass), gestion locale d'un ou plusieurs aquifères, surveillance d'un paramètre... Leurs objectifs ainsi que leurs dimensions (locale, départemental, bassin...) sont donc très variables. Cette variabilité s'exprime égale-

ment dans le temps (surveillance journalière à pluriannuelle). Ces réseaux, à caractère le plus souvent réglementaire, n'ont pas pour vocation à être représentatif du milieu.

Exemples de réseaux à usage spécifique

Les principaux réseaux à usage spécifique identifiés sont les suivants :

- réseau des Ddass : il s'agit d'un vaste réseau de surveillance (environ 34 000 points) de la qualité de l'eau produite par les captages AEP. L'objectif de ce réseau est de s'assurer de la conformité de la qualité de l'eau prélevée par rapport à des critères sanitaires (respect des normes fixées par les décrets 89-3 et 1220 du 20 décembre 2001). Aussi, si les données fournies par ce réseau (banque SISE-Eaux) sont précieuses pour étudier l'état des masses d'eau, elles ne sont toutefois pas suffisantes et ne dressent qu'une "image" par-

tielle de leur état réel. Les captages sont souvent situés dans des zones protégées et finalement l'objectif de santé publique limite la représentativité des données et leur généralisation à l'ensemble de l'aquifère étudié ;

- réseaux d'alerte de captages destinés à l'AEP pour la prévention des pollutions ou le suivi des niveaux piézométriques ;
- réseaux destinés à appuyer la police de l'eau : ces réseaux sont destinés à surveiller la qualité de l'eau afin d'identifier d'éventuelles anomalies par rapport à des objectifs environnementaux (respect des réglementations liées aux installations classées par exemple) ;
- réseaux locaux d'ouvrages piézométriques destinés à réaliser certains aménagements et à suivre leur impact sur le milieu naturel. L'exploitation de ces points d'eau est généralement limitée dans le temps et répond à un besoin ponctuel.

LES RÉSEAUX D'IMPACT

Ces réseaux ont pour objectif d'évaluer les impacts de l'usage de produits polluants sur la ressource. Ils sont le plus souvent mis en place après l'identification d'une pollution.

Le réseau des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) est un exemple de

réseau d'impact permettant de suivre des pollutions ponctuelles. Les réseaux de suivi des pesticides pilotés par les groupes régionaux ainsi que le réseau de surveillance des nitrates mis en place pour répondre aux exigences de la directive "Nitrates" sont également des réseaux d'impact.

Annexe 3

NOTE MÉTHODOLOGIQUE

Cette annexe fournit des précisions sur les méthodes de traitement utilisées pour la réalisation des cartes du chapitre 3.

CARTE D'ALTÉRATION DES EAUX SOUTERRAINES PAR LES NITRATES

Les règles utilisées pour qualifier l'altération du point d'eau sont celles du SEQ (source : agences de l'Eau, 2002). Autrement dit, chaque prélèvement est qualifié à partir de la grille de la *figure 12*. Puis, lorsque plusieurs prélèvements ont été réalisés sur l'année pour un point, c'est la valeur la plus déclassante qui est retenue (c'est-à-dire la plus mauvaise). Il s'agit donc d'une représentation du

“pire” et non d'un état moyen.

En Seine-Normandie, les données ont été transmises par l'agence de l'Eau sans que celle-ci ait le temps de les valider. Les données validées seront disponibles fin 2003 dans la banque ADES, mais pour les besoins du présent document, et en accord de l'agence de l'Eau Seine-Normandie, les données 2002 non validées ont été utilisées.

AUTRES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES

Les campagnes de mesure des micropolluants ne sont pas annuelles. Le protocole du RNES recommande en effet des mesures tous les cinq ans. Or, l'année de réalisation de ces mesures n'est pas commune aux six bassins. C'est pourquoi, il est impossible de disposer d'un bilan national sur une année. Pour les autres micropolluants organiques, les années utilisées sont : 1999 en Rhin-

Meuse, 2000 en Seine-Normandie et 2001 en Loire-Bretagne, Rhône-Méditerranée-Corse, Adour-Garonne et Artois-Picardie.

Cependant, pour la réalisation de la carte de l'altération des eaux souterraines par les composés organo-halogénés volatils (OHV), les traitements ont porté sur l'année 2001, les données étant suffisantes cette année là pour chaque bassin.

CARTE D'ALTÉRATION DES EAUX SOUTERRAINES PAR LES OHV

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines par rapport aux OHV a porté sur les cinq substances recommandées dans le protocole du RNES :

- tétrachloroéthylène ;
- trichloroéthylène ou trichloroéthène ;
- chloroforme ;
- tétrachlorure de carbone ;
- 1,1,1-trichloroéthane.

Dans certains cas, l'utilisation de seuils de détec-

tion trop élevés pour l'analyse chimique pose un problème pour l'évaluation de la qualité de l'eau du point de surveillance. En effet, pour certaines molécules, le seuil de détection est supérieur au seuil de la limite “vert-jaune” du SEQ. Dans de tels cas, le point serait alors qualifié en “jaune” alors que rien ne dit que la substance est présente dans le milieu. Exemple : pour le forage 01184X0051/F2, les résultats d'analyse sont les suivants :

Date	Molécule	Résultat	Code remarque	Classe de qualité
		En µg/l	1 ≥ seuil de quantification ; 2 ≤ seuil de détection	Théorique
06/06/01	Tétrachlorure de carbone	0,1	2	Bleu
06/06/01	Chloroforme	1	2	Vert
06/06/01	1,1,1-trichloroéthane	1	2	Jaune
06/06/01	Tétrachloroéthylène	1	2	Jaune

Dans cet exemple, bien que tous les résultats d'analyse soient inférieurs au seuil de détection, ils sont tels que certaines substances “déclassent”

la qualité du point. Autrement dit, les seuils de détection du trichloroéthane et du tétrachloroéthylène étant supérieurs à la limite “vert-jaune”

du SEQ, la qualité finale du point serait "jaune" si on appliquait strictement les seuils du SEQ. Mais rien n'indique à quel niveau se situe la concentration réelle de ces deux substances : proche du seuil de détection ou proche de zéro ?

D'après le SEQ-Eaux souterraines, quand de tels cas se produisent, la règle est de ne pas déclasser le point et de le qualifier en "bleu". Pour la réalisation de la *figure 20*, une autre option a été retenue. Les points pour lesquels les seuils de quantification d'analyse sont supérieurs aux seuils du SEQ ont été traités à part. Ainsi :

Rappel des grilles du SEQ-Eaux souterraines :

Molécule	Très bonne qualité	Bonne qualité	Qualité moyenne	Qualité médiocre	Mauvaise qualité
Tétrachloroéthylène (µg/l)	0,1	0,5	10	200	
Trichloroéthylène (µg/l)	0,1	0,5	10	200	
Chloroforme (µg/l)	0,5	2,5	5	10	
Tétrachlorure de carbone (µg/l)	0,1	0,5	2	20	
1,1,1-trichloroéthane (µg/l)	0,1	0,5	200	500	

Pour chaque substance, cette grille signifie que la qualité du point d'eau est classée "bleu" si la concentration est inférieure ou égale au seuil indiqué. La classe finale du point d'eau est déterminée par le paramètre le plus déclassant.

- seuls les points pour lesquels l'ensemble des résultats et des limites de quantification sont inférieures au seuil "bleu-vert" ont été classés en "bleu" ;
- si, pour un point, tous les résultats d'analyse sont inférieurs aux seuils de quantification et que pour au moins un paramètre la valeur de ce seuil est supérieure à la limite "bleu-vert" du SEQ, alors le point est qualifié d'"inclassable". Les informations sont insuffisantes pour déterminer sa qualité ;
- dans les autres cas, on retient, comme le recommande le SEQ, la valeur la plus déclassante.

De même, si plusieurs analyses sont faites pendant l'année, c'est le résultat le plus déclassant qui est retenu. Exemple : pour un captage X, les résultats sont les suivants :

Date	Molécule	Résultat	Code remarque	Classe de qualité par substance
		En µg/l	1 ≥ seuil de quantification ; 2 ≤ seuil de détection	D'après les grilles de qualité du SEQ-Eaux souterraines
06/2001	Tétrachlorure de carbone	0,1	2	Bleu
06/2001	Chloroforme	0,5	2	Bleu
06/2001	1,1,1-trichloroéthane	2	1	Jaune
06/2001	Tétrachloroéthylène	0,3	1	Vert
12/2001	Tétrachlorure de carbone	25	1	Orange
12/2001	Chloroforme	0,5	2	Bleu
12/2001	1,1,1-trichloroéthane	2	1	Jaune
12/2001	Tétrachloroéthylène	0,4	1	Vert

Pour chaque substance, à chaque date, une classe de qualité peut être attribuée au point. La qualité finale du point d'eau est déterminée par l'analyse la plus déclassante de l'année, c'est-à-dire par le tétrachlorure de carbone en décembre.

Autrement dit, la classe de qualité finale du point est "orange". Pour plus de détails sur ces règles de calcul, on pourra se reporter à l'étude Inter-Agences n°80 consacrée au SEQ-Eaux souterraines.

CARTE D'ALTÉRATION DES EAUX SOUTERRAINES PAR LES MICROPOLLUANTS MINÉRAUX

Le classement des points se fait de la même manière que pour les autres micropolluants organiques. Les années étudiées sont : 1999 en Rhin-Meuse,

2000 en Seine-Normandie, 2001 en Loire-Bretagne, Rhône-Méditerranée-Corse, 2002 en Adour-Garonne et 2003 en Artois-Picardie.

Liste des sigles et des abréviations

ORGANISMES

AHSP	Association des hydrogéologues des services publics	DGS	Direction générale de la Santé (ministère de la Santé et de la Protection sociale)
AEAG	Agence de l'Eau Adour-Garonne	DIREN	Direction régionale de l'Environnement
AEAP	Agence de l'Eau Artois-Picardie	DPPR	Direction de la Prévention des pollutions et des risques (ministère de l'Écologie et du Développement durable)
AELB	Agence de l'Eau Loire-Bretagne	IFEN	Institut français de l'environnement
AERM	Agence de l'Eau Rhin-Meuse	INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
AERMC	Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse	MEDD	Ministère de l'Écologie et du Développement durable
AESN	Agence de l'Eau Seine-Normandie	OIEAU	Office international de l'Eau
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières	OMS	Organisation mondiale de la santé
DDASS	Direction départementale des Affaires sanitaires et sociales	UIPP	Union des industries de la protection des plantes
DE	Direction de l'Eau (ministère de l'Écologie et du Développement durable)		

ABRÉVIATIONS

ADES	Banque d'accès aux données des eaux souterraines	RP	Recensement de la population
AEP	Alimentation en eau potable	SAGE	Schéma d'aménagement et de gestion des eaux
BDRHF	Base de données sur le référentiel hydrogéologique français	SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
DCE	Directive-cadre sur l'eau	SEQ	Système d'évaluation de la qualité de l'eau
DOM	Département d'outre-mer	SIE	Système d'information sur l'eau
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement	SIGES	Système d'information pour la gestion des eaux souterraines
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement	ZRE	Zone de répartition des eaux
RNDE	Réseau national des données sur l'eau		
RNES	Réseau national de connaissance des eaux souterraines		

UNITÉS

µg/l	Microgramme par litre
m ³	Mètre cube
mg/l	Milligramme par litre

SYMBOLES CHIMIQUES

HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
OHV	Composé organo-halogéné volatil
PCB	Polychlorobiphényle

Institut français de l'environnement
61, boulevard Alexandre Martin
45058 Orléans Cedex 1
Tél : 02 38 79 78 78 Fax : 02 38 79 78 70
E-mail : ifen@ifen.fr
Web : <http://www.ifen.fr>

L'état des eaux souterraines en France

Aspects quantitatifs et qualitatifs

Les eaux souterraines constituent une ressource en eau stratégique pour les activités humaines. Outre qu'elles représentent des volumes souvent importants, elles offrent généralement une eau de meilleure qualité que les eaux de surface.

Toutefois, du fait d'un processus de renouvellement très lent, les nappes d'eaux souterraines sont particulièrement vulnérables. Dans certaines régions, les prélèvements excèdent les pluies efficaces, alors que dans d'autres, des pollutions fréquentes et surtout persistantes ont été identifiées.

D'importants progrès pour la surveillance et la gestion des eaux souterraines en France ont été réalisés ces dernières années (mise en place d'un réseau national de surveillance, ouverture de la banque de données ADES, directive-cadre sur l'eau...). Le présent document propose une synthèse des données disponibles, avec le double objectif d'informer le lecteur sur un milieu souvent méconnu et les enjeux qui lui sont attachés, et de faire le point sur l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines en France.