



**CAHIER DES CHARGES POUR
L'ÉVOLUTION DES RÉSEAUX
DE SURVEILLANCE DES EAUX
SOUTERRAINES EN FRANCE**

Septembre 2003

SOMMAIRE

1 DISPOSITIONS DE LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU POUR LA SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES	8
1.1 Objectifs environnementaux de la Directive Cadre	8
1.2 La notion de masse d'eau souterraine	8
1.3 Définition du bon état	9
1.3.1 Le bon état quantitatif	9
1.3.2 Le bon état qualitatif	9
1.4 La notion de zone protégée.....	11
1.5 Définitions des programmes de surveillance	11
1.6 Chronologie.....	14
2 SURVEILLANCE DE L'ETAT QUALITATIF DES EAUX SOUTERRAINES	16
2.1 Surveillance de l'état qualitatif des masses d'eau souterraine au titre de la Directive Cadre sur l'Eau.....	17
2.1.1 Spécifications pour le contrôle de surveillance.....	17
2.1.2 Spécifications pour le contrôle opérationnel.....	24
2.1.3 Assurance qualité	31
2.2 Surveillance des zones protégées.....	32
2.2.1 Définitions et recommandations de la DCE.....	32
2.2.2 Implications pour la surveillance des masses d'eau captées pour l'AEP.....	33
3 SURVEILLANCE DE L'ETAT QUANTITATIF DES EAUX SOUTERRAINES..	35
3.1 Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines au titre de la Directive Cadre sur l'eau	35
3.2 Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines au titre de la Police de l'Eau	39
3.2.1 Densité des réseaux	41
3.2.2 Critères de choix des stations	42
3.2.3 Fréquence de mesures	42

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Inventaire des réseaux existants

Annexe 2 – Sélection des sites de surveillance des eaux souterraines à l'aide d'un « modèle conceptuel ». Stratégie du groupe de travail européen « Monitoring »

Annexe 3 – Paramètres à analyser pour le contrôle de surveillance

Annexe 4 – Métrologie des données quantitatives

Annexe 5 – Synthèse sur l'utilisation d'un enregistrement continu pour la surveillance des eaux souterraines

Annexe 6 – Les réseaux de surveillance des pollutions ponctuelles

Annexe 7 – Stratégie de surveillance des eaux souterraines pour la Directive Nitrates

Annexe 8 – Les réseaux d'observation des pesticides dans les eaux souterraines

Annexe 9 – Echantillonnage, prélèvements et analyses des eaux souterraines. Guides pour les critères de choix des méthodes.

Annexe 10 – Typologie des masses d'eau souterraine

Annexe 11 – Protocole sur les règles de conception du Réseau National de connaissance des Eaux Souterraines

Annexe 12 – Stratégie de mise en place d'un réseau piézométrique dans le cadre de l'exercice de la police de l'eau

Annexe 13 – Présentation de SISE-Eaux

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : mise en œuvre de la Directive et rôle des réseaux de contrôle	13
Figure 2 : les programmes de suivi de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines définis par la Directive Cadre. D'après le groupe de travail européen « Monitoring » ..	14
Figure 3 : chronogramme des opérations pour la mise en place des réseaux de surveillance..	16
Figure 4 : champs d'application des programmes de surveillance de l'état qualitatif des eaux souterraines. D'après les travaux du groupe « Monitoring »	25
Figure 5 : résumé des exigences de la DCE pour la surveillance des zones protégées au titre du captage pour l'AEP.	33
Figure 6: définition d'un modèle conceptuel.	54

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1 : densités minimales pour le réseau de surveillance de l'état qualitatif des eaux souterraines.....	20
Tableau 2 : paramètres à analyser régulièrement pour le contrôle de surveillance.....	23
Tableau 3 : fréquences minimales de mesures pour le contrôle de surveillance s'appliquant aux paramètres indiqués dans le tableau 2.	24
Tableau 4 : fréquences minimales recommandées pour le contrôle opérationnel.....	30
Tableau 5 : densités minimales pour la surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines	37
Tableau 6 : fréquences de mesure minimales pour la surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines.....	39

LISTE DES ABREVIATIONS

ADES – banque d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines

AEP – Alimentation en Eau Potable

BDRHF – Base de Données sur le Référentiel Hydrogéologique Français

CO – Contrôle Opérationnel

CS – Contrôle de Surveillance

DCE – Directive Cadre sur l'Eau

DE – Direction de l'Eau

DPPR – Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques majeurs

ICPE – Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

MEDD – Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

RNES – Réseau National de connaissance des Eaux Souterraines

SANDRE – Secrétariat d'Administration Nationale des Données Relatives à l'Eau

SISE – Système d'Information Santé – Environnement

Introduction

L'article 8 de la Directive Cadre européenne sur l'eau (DCE) du 23 octobre 2000 (2000/60/CE) impose aux Etats membres d'établir d'ici 2006 « des programmes de surveillance de l'état des eaux afin de dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque district hydrographique ». Ces programmes devront porter sur la surveillance de l'état chimique et quantitatif.

Pour répondre à cette exigence de la DCE, le groupe « connaissance » a demandé que soit établi un cahier des charges technique sur l'évolution et l'optimisation des réseaux de connaissance en France dans le domaine des eaux souterraines. Au-delà du respect de la DCE, les évolutions prévues pour ces réseaux devront permettre de répondre aux besoins de la police de l'eau, de la prévision des crues et de l'information du public.

Ce cahier des charges a donc pour objet de définir les règles techniques générales à respecter pour tous les réseaux contribuant à répondre à ces besoins.

Il doit permettre aux comités de suivi de bassin des données sur l'eau, institués par la circulaire du 26 mars 2002, de programmer les améliorations nécessaires des réseaux préexistants afin de respecter en particulier l'échéance de décembre 2006 pour la mise en œuvre de réseaux de surveillance au titre de la directive cadre sur l'eau. A ce terme, les réseaux de chaque bassin devront permettre de répondre aux besoins régionaux, de bassin et nationaux tant pour la mise en œuvre de la DCE que de la politique de l'eau en général.

1 Dispositions de la Directive Cadre sur l'Eau pour la surveillance des eaux souterraines

La Directive Cadre sur l'eau publiée le 23 octobre 2000 définit pour l'ensemble des pays membres de l'Union européenne une politique de gestion globale pour les eaux (eaux continentales, eaux de transition et eaux côtières). Elle a introduit de nouveaux objectifs et de nouvelles notions qu'il convient de définir.

1.1 Objectifs environnementaux de la Directive Cadre

L'article 4 définit les objectifs environnementaux de la Directive. Pour les **eaux souterraines**, il précise que les Etats membres doivent :

- « mettre en œuvre les mesures nécessaires pour prévenir ou limiter les rejets de polluants [...] et pour prévenir la détérioration de l'état de toutes les masses d'eau »
- « protéger, améliorer et restaurer toutes les masses d'eau, assurer un équilibre entre les captages et le renouvellement des eaux souterraines afin d'obtenir un bon état des masses d'eau souterraine, conformément aux dispositions de l'annexe V » au plus tard en 2015
- « mettre en œuvre les mesures nécessaires pour inverser toute tendance à la hausse, significative et durable, de la concentration de tout polluant résultant de l'impact de l'activité humaine afin de réduire progressivement la pollution des eaux souterraines »

Pour les **zones protégées**, l'article 4 précise que les Etats membres doivent assurer « le respect de toutes les normes et de tous les objectifs » au plus tard en 2015, « sauf disposition contraire dans la législation communautaire sur la base de laquelle les différentes zones protégées ont été établies ».

1.2 La notion de masse d'eau souterraine

Avertissement : les définitions suivantes sont issues des travaux du groupe de travail « masses d'eau souterraine » piloté par la Direction de l'Eau. Pour plus de détails sur la question des masses d'eau souterraine (définition, découpage, typologie), il convient de se rapporter au guide méthodologique rédigé par le BRGM (« Identification et délimitation des masses d'eau souterraine », janvier 2003) joint à la circulaire du 25 juin 2003.

D'après l'article 2 de la Directive Cadre, une masse d'eau souterraine est définie comme « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou plusieurs aquifères ».

Cette définition reste cependant assez floue et a amené la commission européenne ainsi que le MEDD à engager un travail de réflexion dont l'objectif est de préciser cette définition et de fixer les règles de découpage des masses d'eau souterraine.

Des travaux réalisés par le groupe de travail « masses d'eau souterraine », on retiendra les éléments suivants :

- le découpage est principalement basé sur des **critères hydrogéologiques** et non sur les pressions anthropiques,
- les travaux se sont largement appuyés sur la **BDRHFv1**,
- les masses d'eau ont été choisies avec une contrainte de **taille minimale** (au moins 300km²),
- environ **500 masses d'eau souterraine** ont ainsi été identifiées.

Il est important de souligner que compte tenu de ces résultats, une masse d'eau peut présenter une certaine **hétérogénéité spatiale** tant au niveau de ses caractéristiques hydrogéologiques que de son état qualitatif. **Il est donc essentiel, pour la mise en place des réseaux de surveillance, de tenir compte de cette variabilité.**

1.3 Définition du bon état

1.3.1 Le bon état quantitatif

D'après l'annexe V.2.1.2, le bon état quantitatif est atteint si « le niveau de la masse d'eau souterraine est tel que le taux annuel moyen de captage à long terme ne dépasse pas la ressource disponible de la masse d'eau souterraine ». La Directive rajoute qu'une masse d'eau dont l'état quantitatif est satisfaisant n'est soumise à aucune des modifications suivantes :

- modifications qui « empêcheraient d'atteindre les objectifs environnementaux déterminés au titre de l'article 4 pour les eaux de surface associées »,
- modifications qui « entraîneraient une détérioration importante de l'état de ces eaux »,
- modifications qui « occasionneraient des dommages importants aux écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine »,
- « modifications de la direction d'écoulement dues à des modifications du niveau » occasionnant « une invasion salée ou autre ».

1.3.2 Le bon état qualitatif

D'après l'annexe V.2.3.2, le bon état chimique est atteint lorsque « la composition chimique de la masse d'eau souterraine est telle que les concentrations de polluants :

- ne montrent pas d'effets d'une invasion salée,
- ne dépassent pas les normes de qualité applicables au titre d'autres dispositions législatives communautaires pertinentes conformément à l'article 17,
- ne sont pas telles qu'elles empêcheraient d'atteindre les objectifs environnementaux spécifiés au titre de l'article 4 pour les eaux de surface associées, entraîneraient une diminution importante de la qualité écologique ou chimique des ces masses ou occasionneraient des dommages importants aux écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine. »

Ces conditions ne sont en fait pas clairement définies dans la DCE qui renvoie dans son article 17 à la future Directive fille sur les eaux souterraines dont l'objectif principal est de définir :

- les critères d'évaluation du bon état chimique des eaux souterraines (quels paramètres ? quels seuils ?...),
- et les critères d'identification des tendances à la hausse des polluants et d'inversion de tendance (quelles méthodes d'agrégation spatiale et temporelle des données ?...).

Aujourd'hui, la négociation de la Directive fille sur les eaux souterraines n'a pas encore démarré mais le projet officiel de la Commission devrait être déposé en septembre 2003. Dans l'attente d'un texte définitif, on se basera sur la dernière version du document, sachant que des modifications non négligeables sont attendues.

Le dernier « draft » de la Directive fille transmis en juin 2003 par la Commission au Directeurs de l'Eau précise que les Etats Membres devront évaluer l'état chimique des masses d'eau souterraine selon les 3 niveaux suivants (article 3) :

- conformité des concentrations en pesticides, nitrates, et biocides par rapport aux seuils suivants (article 4) :
 - o nitrates : 50 mg/L
 - o pesticides : 0.1 µg/L par substance
 - o biocides : 0.1 µg/L par substance

- pour les autres substances polluantes (article 5), les Etats Membres doivent fournir à la Commission 18 mois après l'entrée en vigueur de la Directive une liste par masse d'eau des paramètres susceptibles de dégrader la qualité de la masse d'eau. Cette liste devra s'inspirer des résultats de la caractérisation et devra comprendre au minimum les éléments suivants (Annexe II.A.1) :

o NH ₄ ⁺	o Pb
o As	o Hg
o Cd	o PO ₄
o Cl	o SO ₄ ²⁻

→ *Attention : cette liste n'est en l'état actuel pas approuvée par la France qui souhaite que certains éléments non pertinents pour les eaux souterraines soient retirés.*

Afin de limiter les risques d'erreur, la Commission demande que pour les « polluants » d'origine naturelle, les Etats Membres définissent pour chaque masse d'eau des niveaux de concentration naturels. Il s'agit donc d'identifier le fonds géochimique de chaque masse d'eau et de donner pour chacun des paramètres susceptibles d'être présents à des concentrations significatives le seuil maximal au-delà duquel on peut considérer que l'origine de la contamination est anthropique et non pas naturelle !

→ *Attention : cette clause est actuellement très discutée. L'état des connaissances sur le fonds géochimique naturel des aquifères est en effet trop parcellaire et une approche plus pragmatique, au cas par cas, serait préférable .*

- enfin, d'après l'article 6 de la Directive fille, le bon état chimique d'une masse d'eau doit également tenir compte des conditions suivantes :
 - o conformité aux normes du bon état chimique de toute la masse d'eau après agrégation spatiale des données mais également conformité en chaque point (après avoir fait la moyenne annuelle).

→ *le respect en chaque point des normes est un point très discuté, susceptible d'évoluer d'ici l'approbation finale du texte.*

- o Les sites de surveillance installés dans le panache de pollutions ponctuelles peuvent être exclus pour le calcul de l'état de l'ensemble de masse d'eau. Cette

sélection n'est cependant applicable que si le panache ne s'étend pas sur plus de 15% de l'aire totale de la masse d'eau.

Par ailleurs, toute tendance à la hausse significative et durable de concentrations de polluants devra être inversée. Il reste à définir ce qu'est une hausse significative (qui dépasse un certain seuil ?) et durable (nombre d'années nécessaires pour évaluer une tendance). Cette obligation d'inversion de tendance renforce significativement la protection des eaux souterraines, puisqu'elle suppose une lutte contre la pollution avant même que le seuil du bon état soit dépassé.

Pour conclure sur la définition des objectifs concernant l'état chimique des eaux souterraines, on retiendra qu'un certain nombre de points ont avancé mais que les travaux sur la Directive fille n'étant pas achevés, il convient de mettre régulièrement ces informations à jour.

1.4 La notion de zone protégée

Les zones protégées listées dans l'annexe IV de la DCE peuvent concerner les eaux souterraines dans les cas suivants :

- « les masses d'eau utilisées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine fournissant en moyenne plus de 10 m³ par jour ou desservant plus de 50 personnes, et les masses d'eau destinées dans le futur à un tel usage » (article 7),
- les zones vulnérables nitrates établies conformément à la Directive Nitrates (91/676/EEC),
- les sites Natura 2000 établis conformément à la Directive Habitats (92/43/EEC) ou à la Directive Oiseaux (79/409/EEC), dépendants des eaux souterraines.

1.5 Définitions des programmes de surveillance

L'article 8 de la Directive Cadre européenne sur l'eau (DCE) impose aux Etats membres d'établir « des programmes de surveillance de l'état des eaux afin de dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque district hydrographique ». En ce qui concerne les eaux souterraines, il est demandé que « les programmes portent sur la surveillance de l'état **chimique** et **quantitatif** ». Pour les zones protégées, « les programmes ci-dessus seront complétés par les spécifications contenues dans la législation communautaire sur la base de laquelle une zone protégée a été établie ».

Les exigences détaillées de la DCE pour ces programmes de contrôle sont présentées dans l'annexe V.2 de la Directive. Elles devraient en principe permettre de répondre aux questions suivantes :

- Quelles masses d'eau faut-il surveiller ? (*Qui ?*)
- Pour quels objectifs ? (*Pourquoi ?*)
- Avec quelle fréquence de mesure ? (*Quand ?*)
- Avec quelle densité de points et selon quels critères positionner les sites de mesures ? (*Où ?*)
- Quels sont les paramètres qu'il faut mesurer ? (*Quoi ?*)

Les travaux du groupe européen « Monitoring » apportent par ailleurs des éléments pouvant être utiles à la compréhension des exigences de la Directive sur les réseaux de surveillance.

Les objectifs (Figure 1) de ces réseaux de contrôle sont de:

- fournir une estimation fiable de l'état quantitatif et chimique des eaux souterraines
- estimer la direction et le débit d'écoulement des eaux souterraines transfrontalières à plusieurs États membres (volet quantité)
- disposer d'informations nécessaires pour la validation de l'étude d'incidence de l'article 5 et de l'annexe II (aspect qualité et quantité)
- définir les masses d'eau souterraine risquant de ne pas atteindre les objectifs de bon état exigé par l'article 4 de la DCE (aspect qualité et quantité)
- établir la présence d'évolution à la hausse significative et soutenue des concentrations en polluants résultant des activités humaines (aspect qualité)
- aider à la définition des programmes d'action et à l'estimation des coûts
- de tester leur efficacité et de mieux cadrer les objectifs

Ces programmes de contrôle devront donc être créés sur la base :

- des résultats de la caractérisation de l'article 5 et de l'annexe II de la DCE
- de l'évaluation des risques de ne pas atteindre les objectifs environnementaux pour les masses d'eau souterraine

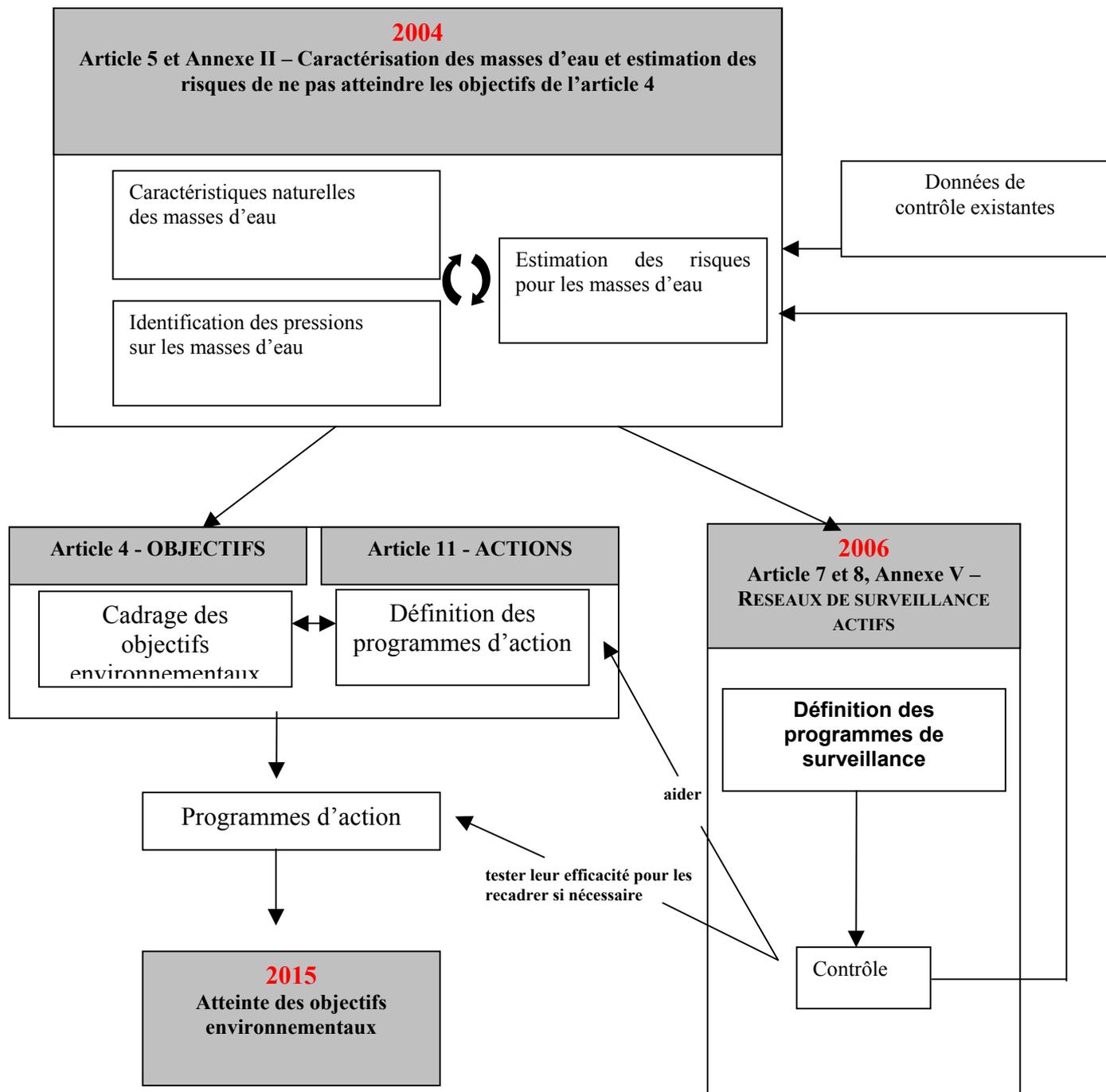


Figure 1 : mise en œuvre de la Directive et rôle des réseaux de contrôle

Ces programmes de contrôle devront inclure :

- un réseau de contrôle de **niveaux des nappes** (ou débits des sources) de manière à fournir une estimation fiable de l'état quantitatif de toutes les masses d'eau ou groupes de masses d'eau souterraine (Annexe V.2.2),
- un réseau de **contrôle de surveillance** pour « fournir une image cohérente et globale de l'état chimique des eaux souterraines de chaque district hydrographique et

permettre de détecter la présence de tendances à la hausse à long terme de la pollution induite par l'activité anthropogénique »,

- un réseau de **contrôle opérationnel** (programme défini suivant les résultats de la caractérisation des masses d'eau et du programme de contrôle de surveillance) afin « d'établir l'état chimique de toutes les masses d'eau ou groupes de masses d'eau souterraine recensées comme courant un risque, établir la présence de toute tendance à la hausse à long terme de la concentration d'un quelconque polluant suite à l'activité anthropogénique » et informer dès renversement de ces tendances à la hausse.

La figure suivante résume ces programmes.

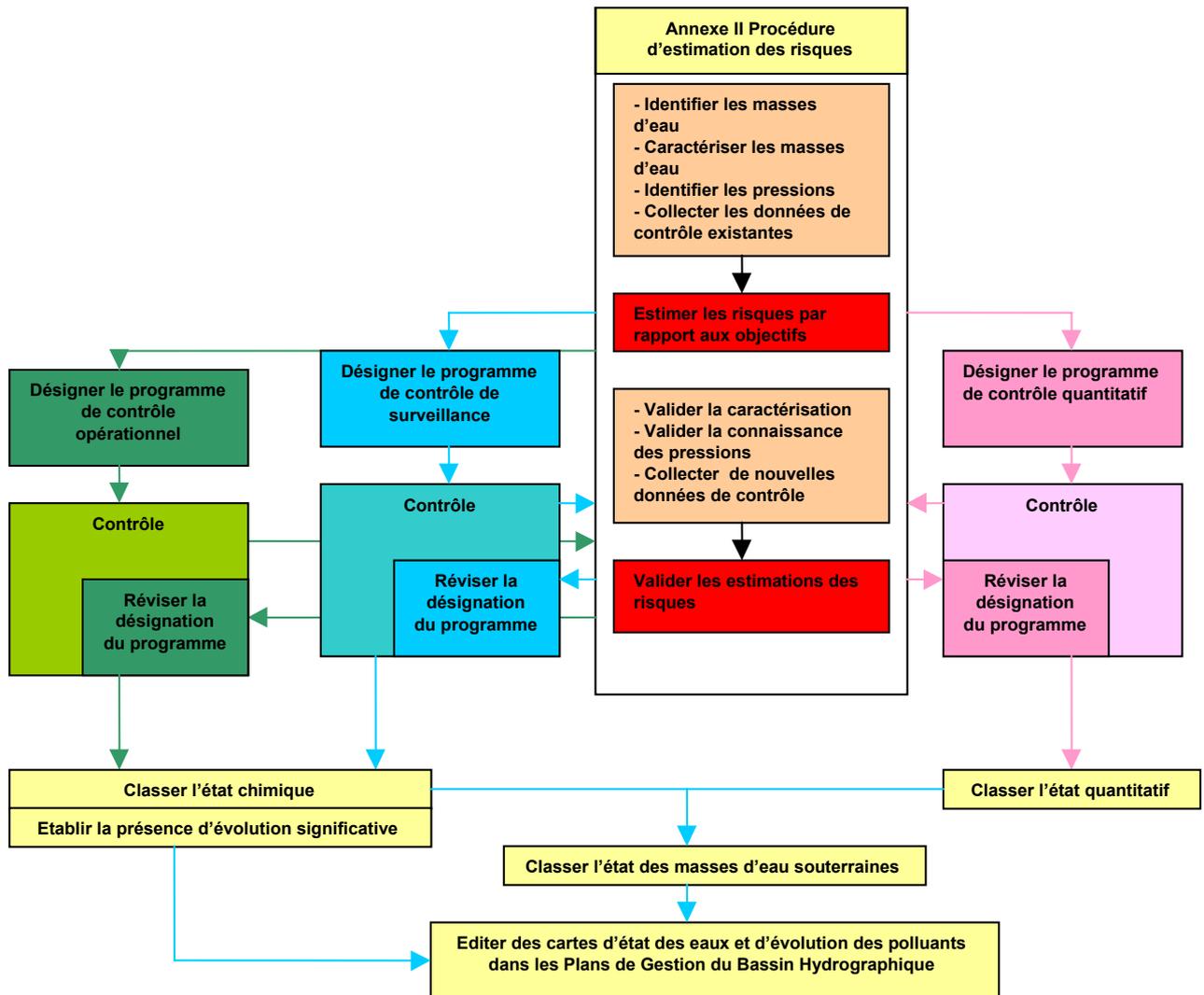
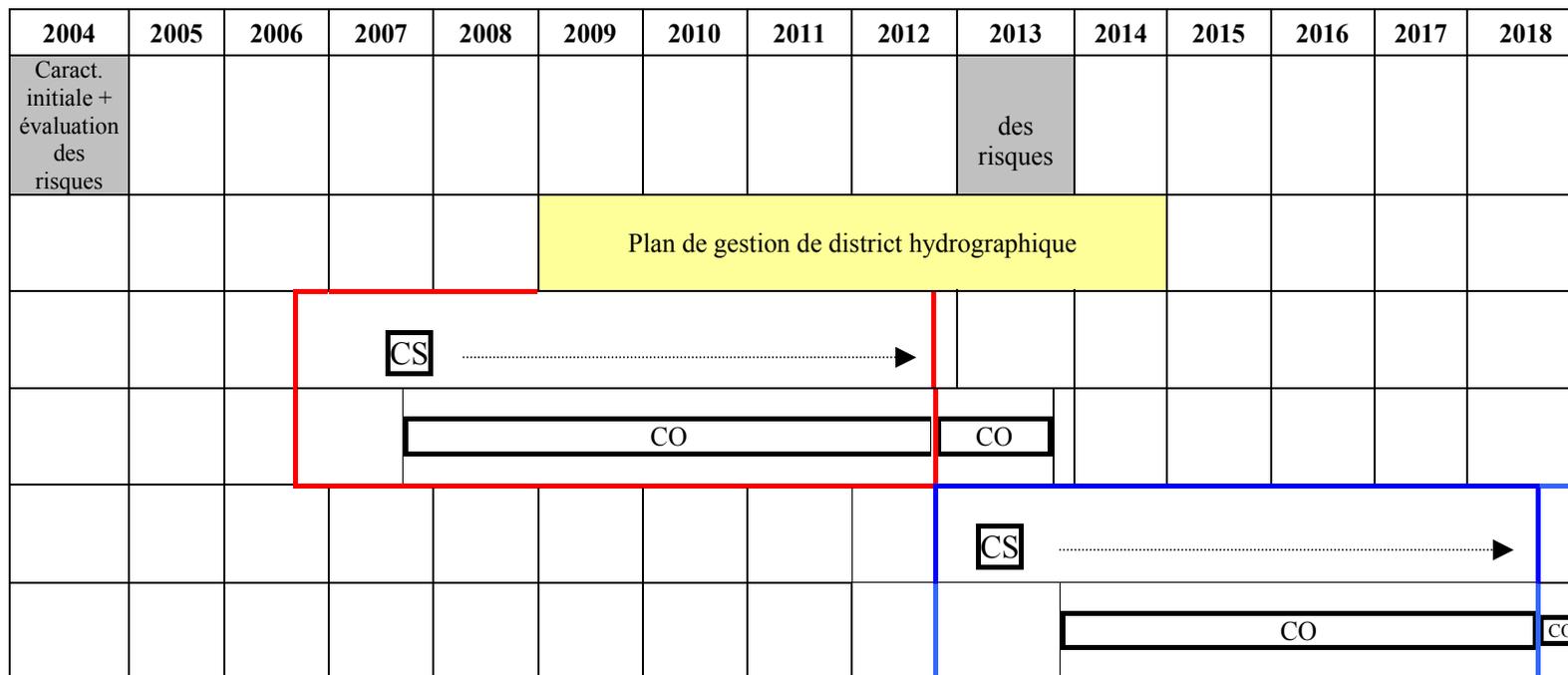


Figure 2 : les programmes de suivi de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines définis par la Directive Cadre. D'après le groupe de travail européen « Monitoring ».

1.6 Chronologie

Les programmes de contrôle devront être opérationnels en décembre 2006 au plus tard (article 8). Il est précisé dans le paragraphe 2.4.1 de l'annexe V que le programme de surveillance

doit être établi « pour chaque période couverte par un plan de gestion de district hydrographique ». Les résultats de ce contrôle permettront ensuite d'établir si nécessaire un contrôle opérationnel « applicable pour la période restante du plan ». Le paragraphe 2.4.3. de l'annexe V rajoute que ces contrôles opérationnels doivent être effectués « durant les périodes situées entre les programmes de contrôle de surveillance ». Autrement dit, tout programme de contrôle de surveillance débute avec le plan de gestion de district et lorsque le risque de pollution d'une masse d'eau est validé, un programme de contrôle opérationnel débute et perdure jusqu'à la fin du plan de gestion. La figure suivante résume cette chronologie.



CS=Contrôle de Surveillance
 CO=Contrôle Opérationnel

Figure 3 : chronogramme des opérations pour la mise en place des réseaux de surveillance.

Attention : d'après l'annexe V.2.4.3 de la DCE, « des contrôles opérationnels sont effectués dans les périodes situées entre les programmes de surveillance ». Autrement dit, le contrôle opérationnel devrait être suspendu pendant l'année du contrôle de surveillance. Cependant, afin de maintenir les chroniques de mesures, **il est demandé de continuer les analyses du contrôle opérationnel jusqu'au contrôle opérationnel suivant.**

2 Surveillance de l'état qualitatif des eaux souterraines

Les exigences techniques de la DCE en matière de surveillance des eaux souterraines sont peu contraignantes. Après un rappel de ces recommandations, il s'agit donc dans ce chapitre de les compléter par des guides plus complets (Que faut-il surveiller ? Avec quelle densité ? Quels paramètres ? Quelles fréquences ?).

La sélection des masses d'eau ou groupe de masses d'eau à surveiller, les sites de contrôle dans ces masses d'eau ou groupes de masses d'eau, les paramètres surveillés sur chaque site et les fréquences de contrôle sur chaque site dépendront de la compréhension des systèmes aquifères (notion de « **modèle conceptuel** », cf. annexe 2, Figure 6) et des effets potentiels des activités humaines sur ce système.

L'élaboration et l'application des programmes de surveillance devraient dépendre :

- des objectifs fixés pour la masse d'eau,
- des caractéristiques de la masse ou des groupes de masses d'eau,
- du niveau actuel de compréhension du système hydrogéologique (fiabilité du modèle conceptuel),
- des types, importances, et diversités des pressions subies par la masse d'eau,
- du niveau requis de fiabilité de l'évaluation des risques.

2.1 Surveillance de l'état qualitatif des masses d'eau souterraine au titre de la Directive Cadre sur l'Eau

Suivant le type de contrôle appliqué, contrôle de surveillance ou contrôle opérationnel, les spécifications sont différentes en terme de masses d'eau à surveiller, de sites à sélectionner, de paramètres à mesurer et de fréquence d'échantillonnage (Qui ? Où ? Quoi ? Quand ?).

2.1.1 Spécifications pour le contrôle de surveillance

Pourquoi ?

Le contrôle de surveillance doit être construit de manière à valider les résultats de la caractérisation (masses d'eau identifiées comme courant réellement un risque) et à « fournir des informations pour l'évaluation des tendances à long terme » (Annexe V.2.4.2).

Qui ?

Littéralement, le contrôle de surveillance ne s'applique qu'aux « masses recensées comme courant un risque suite à l'exercice de caractérisation entrepris conformément à l'annexe II, et aux masses qui traversent la frontière d'un Etat membre ».

Cependant, afin d'atteindre les objectifs précédemment cités, il apparaît également nécessaire de surveiller les masses d'eau identifiées comme ne courant pas de risque. Autrement dit, le contrôle de surveillance devra être appliqué à toutes les masses d'eau.

Comme pour le suivi de l'état quantitatif, il est possible de regrouper des masses d'eau et de surveiller des groupes de masses d'eau.

Où ?

➤ **Guides pour la sélection des sites de contrôle**

Pour la sélection des sites de contrôle, la Directive précise uniquement que ceux-ci « doivent être choisis en nombre suffisant ».

✓ Position des sites de prélèvements

La sélection des sites de surveillance sera réalisée en tenant compte des conditions hydrogéologiques du système et des pressions susceptibles d'être identifiées (nature et extension). Il existe cependant des masses d'eau pour lesquelles les connaissances restent limitées. La méthode de sélection des points de mesure est différente selon le niveau de connaissance du système :

- soit le système est **bien connu** (taux de renouvellement, direction des écoulements, nature des pressions susceptibles de s'exercer, ...) : il est dans ce cas recommandé d'utiliser un « modèle conceptuel » (cf. annexe 2) pour schématiser les écoulements dans la masse d'eau et les pressions, et positionner ainsi des sites de mesure qui soient le plus représentatifs. Cette démarche, basée sur la connaissance du système, est également celle décrite par le BRGM et appliquée (à titre d'illustration) au bassin Adour-Garonne (rapports BRGM R38954, R39484, R39789, et R38856). Une fois les points sélectionnés, il convient de s'assurer que le nombre de points sélectionnés est suffisant par rapport aux dimensions de la masse d'eau. On pourra pour cela vérifier que la densité du réseau ainsi établi est supérieure ou égale à la densité minimale requise (cf. paragraphe suivant, Tableau 1).
- soit le système est **mal connu** : l'application d'une densité minimale (cf. paragraphe suivant, Tableau 1) est possible. Il est cependant important de noter que cette approche n'est pas une fin en soi. Il s'agit seulement de disposer d'un minimum de points sur des masses d'eau dont le niveau de connaissance est insuffisant pour optimiser le positionnement des sites. Il est d'ailleurs vivement conseillé dans de tels cas de sélectionner des sites intégrateurs tels que les sources.

Dans tous les cas, chaque masse d'eau ou groupe de masse d'eau devra disposer d'au moins un site de surveillance. Il est également demandé de vérifier que le nombre de points retenus pour chaque masse d'eau respecte bien les densités minimales recommandées (Tableau 1). Cet exercice permet de s'assurer qu'il existe un nombre minimum de sites par masse d'eau.

✓ Typologie de points de prélèvements

Comme il est rappelé dans le « guide méthodologique relatif au suivi des pesticides dans les eaux », il existe trois types de points de prélèvements (qui ne concernent évidemment pas que l'analyse des pesticides) :

- **Les forages destinés à l'AEP** : ils ont l'avantage d'être facilement accessibles, d'être fréquemment pompés. Ils présentent par contre l'inconvénient d'un arrêt

éventuel. En outre, si l'existence dans certains cas d'un périmètre de protection présente l'avantage de traduire une connaissance préalable du fonctionnement du système, il constitue également un environnement protégé et donc non représentatif de la contamination.

- **Les forages agricoles** : ils ont l'inconvénient d'une disponibilité souvent limitée aux époques d'irrigation (problèmes de la mise en route des pompes). L'autre inconvénient est le manque d'information fréquente sur l'état de ce type d'installation (coupes géologique et technique insuffisantes, état du forage mal connu). On notera cependant que certains forages agricoles, servant notamment à l'abreuvement des animaux, disposent d'une pompe et fonctionnent en continu. Ces points constituent alors des sites de surveillance très intéressants pour le suivi des pollutions diffuses.
- **Les sources** : leur avantage principal est d'être représentative de l'ensemble du bassin versant. Leur position d'exutoire leur permet d'intégrer toutes les caractéristiques chimiques des eaux de la nappe qui les alimentent. Elles permettent en outre de s'affranchir :
 - des perturbations de la qualité de l'eau liées soit à la stagnation de l'eau dans les forages non exploités, soit aux éventuelles contaminations directes par arrivée d'eau superficielle dans les puits mal étanchéifiés, soit à la contamination de l'échantillon par le dispositif de prélèvement s'il s'agit d'une pompe mobile.
 - de la nécessité de pomper pendant un temps assez long.

Leur inconvénient principal est de ne laisser aucun choix quant à leur positionnement. En outre l'évaluation de l'évolution de la qualité de l'eau nécessite des mesures du débit de la source et donc l'aménagement d'un seuil dont le coût n'est parfois pas négligeable.

A cette liste s'ajoutent également les forages industriels souvent conformes à la réglementation, ce qui permet de disposer du maximum d'informations sur les caractéristiques de l'ouvrage (coupes techniques et géologiques...). L'inconvénient de ce type de site repose essentiellement sur l'accessibilité du point de prélèvement.

Quelque soit le niveau de connaissance de la masse d'eau, il est recommandé de privilégier la sélection de sites « intégrateurs » de l'état chimique des nappes. Ces sites peuvent être des sources ou des captages positionnés dans un drain.

Dans certains cas, la sélection de points de surveillance qui permettent d'identifier les relations entre la qualité des eaux superficielles et la qualité des eaux souterraines est également recommandée.

➤ **Densités minimales pour le contrôle de surveillance**

Le Tableau 1 présente les densités minimales pour les sites de surveillance en fonction de la typologie des masses d'eau.

Avertissement : ces densités sont données à titre de guides pour les masses d'eau dont le fonctionnement hydrogéologique est mal connu ou pour les masses d'eau très hétérogènes. Plus généralement, elles permettent de disposer d'un nombre minimum de points de mesure

par masse d'eau mais ne remplacent nullement la connaissance de l'hydrogéologie locale et des pressions qui s'exercent sur la masse d'eau.

Enfin, l'utilisation de densités n'implique pas que les sites de mesure soient répartis de manière homogène.

Les valeurs proposées sont inspirées du RNES.

Type de la masse d'eau			Densité minimale (nb points/km ²)	
SEDIMENTAIRE	Libre(s) et captif dissociés	Libre	Karst	1/500
			Non karst	1/500
		Captif		1/3000
	Libre(s) et captif associés	Captif dominant		1/3000
Libre dominant		1/500		
ALLUVIONS			1/500	
SOCLE			1/3500	
EDIFICE VOLCANIQUE			1/3500	
INTENSEMENT PLISSE			1/3500	
IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE			<i>*cf. note</i>	

Tableau 1 : densités minimales pour le réseau de surveillance de l'état qualitatif des eaux souterraines.

*Cas des masses d'eau imperméables localement aquifères :

Les zones aquifères présentes dans certains niveaux imperméables sont des systèmes très locaux. Il n'existe, au sein d'un même niveau ou d'une même masse d'eau, aucune continuité entre les différentes « poches » aquifères. Chaque site n'est donc représentatif que de lui-même. Dans un tel contexte, il est impossible de mettre en place un réseau représentatif de l'ensemble de la masse d'eau. Il est de même illusoire de proposer une densité minimale. La sélection des sites de surveillance devra donc être réalisée au cas par cas en tenant compte des connaissances sur le fonctionnement hydrodynamique du système. L'utilisation d'un modèle conceptuel est conseillée. D'une manière plus générale, le regroupement des masses d'eau est dans ce cas souhaitable. Il est également recommandé d'effectuer des mesures dans des sites intégrateurs (rivière associée ou captage installé dans un drain).

Quoi ?

Dans l'annexe V2.4.2, la DCE demande que « les paramètres fondamentaux suivants soient contrôlés dans toutes les masses d'eau souterraine sélectionnées :

- teneur en oxygène dissous,
- pH,
- conductivité,
- nitrate,
- ammonium. »

La Directive rajoute que « les masses d'eau définies conformément à l'annexe II, comme risquant de ne pas atteindre le bon état sont également soumises à un contrôle portant sur les paramètres qui sont indicatifs de l'incidence de ces pressions. »

Il est donc impératif d'analyser les paramètres cités ci-dessus et il convient de compléter cette liste par une sélection de substances.

Pour le choix de ces paramètres il est proposé de suivre la démarche déjà adoptée pour le RNES et dont les objectifs (réseau patrimonial de connaissance) sont proches de ceux fixés par la DCE pour le contrôle de surveillance (cf. Annexe 11). Il est donc recommandé de suivre de façon systématique une liste de paramètres et de compléter cette liste par un choix de substances choisies en fonction du type de pression (agricole, urbain, industriel) susceptible de s'exercer sur la ou les masse(s) d'eau étudiée(s).

Les paramètres cités dans l'annexe VIII de la DCE et dans la Directive « eau potable » 98/83/CE pourront également être exploités.

L'ensemble des paramètres à retenir est reporté dans l'annexe 3. La liste des paramètres à analyser pourra être enrichie ultérieurement en fonction des indications de la future Directive fille.

Quand ?

➤ Guides pour le choix des fréquences de prélèvements

La Directive ne fournit aucune précision sur la fréquence nécessaire pour le contrôle de surveillance.

Il est évident que la fréquence doit être adaptée aux conditions hydrogéologiques de la masse d'eau et donc à la typologie de la masse d'eau, et compte-tenu des objectifs de la DCE pour le contrôle de surveillance (réseau patrimonial de connaissance) les fréquences fixées pour le RNES sont suffisantes. Il est donc proposé d'adapter ces dernières en fonction de la typologie des masses d'eau.

Afin de limiter les coûts d'analyse, la fréquence devra également dépendre de la nature de la substance recherchée. Il n'est, par exemple, pas nécessaire de doser les micropolluants minéraux à la même fréquence que les nitrates ou que certains micropolluants organiques.

Les fréquences retenues seront donc variable en fonction de :

- la typologie de la masse d'eau (et donc de la rapidité des écoulements),
- l'importance du paramètre à analyser.

➤ **Fréquences retenues pour le contrôle de surveillance**

Afin d'adapter la fréquence à la nature du paramètre à doser, il est proposé de distinguer deux niveaux d'analyse correspondant à des fréquences de mesure et à des groupes de paramètres différents :

✓ une analyse de **type « photographique »** réalisée tous les **6 ans** : elle s'applique à une liste complète de paramètres et permet de disposer régulièrement d'un état complet de la masse d'eau. Les paramètres retenus pour cette analyse sont ceux listés dans l'annexe 3. Il s'agit donc : des éléments majeurs, des composés azotés, des paramètres physico-chimiques in situ, des MES, de la silice et du fluor, des micropolluants minéraux et des micropolluants organiques correspondant à l'environnement du point de mesure (urbain, agricole ou industriel). Cette photographie sera réalisée au début de chaque nouveau programme de mesure.

Par mesure de précaution, si pour une masse d'eau considérée comme « à risque » par l'exercice de caractérisation, les résultats de l'analyse complète ne mettent en évidence aucune pollution, il est conseillé de réaliser un nouveau bilan quelques mois plus tard. Ces analyses pourraient également ne porter que sur les paramètres indicateurs des pressions susceptibles de s'exercer sur la masse d'eau. Cette opération permet d'éviter toute erreur d'interprétation liée à un prélèvement réalisé au mauvais moment.

✓ **des analyses 1 à 2 fois par an des principaux paramètres.** Cette démarche permet, pendant la période restante du programme, de disposer d'une surveillance minimale des masses d'eau. A ce niveau, les paramètres concernés sont les paramètres physico-chimiques in situ, les éléments majeurs, les MES, les matières organiques oxydables, la silice, et certains micropolluants organiques. Ces paramètres figurent dans le Tableau 2 et seront mesurés 1 à 2 fois par an suivant la typologie de la masse d'eau (Tableau 3). Ces fréquences sont données à titre de valeurs minimales et il est évident que des analyses plus fréquentes seront les bienvenues (surtout si les réseaux déjà existants en disposent déjà !). L'augmentation du pas de temps est particulièrement souhaitable pour les systèmes dont le taux de renouvellement est rapide.

Physico-chimie in situ	Température, Conductivité, pH, Eh, Oxygène dissous
Éléments majeurs	HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺
Matières organiques oxydables	Oxydabilité au KMnO ₄ à chaud en milieu acide
	Carbone Organique Dissous (COD)
Matières en suspension	Turbidité
	Fer total
	Manganèse total
Minéralisation et salinité	Dureté totale
	SiO ₂
Composés azotés	NO ₃ ⁻
	NH ₄ ⁺
Phyosanitaires * <i>Environnement rural</i>	- famille des triazines (+ métabolites) - famille des urées substituées

Tableau 2 : paramètres à analyser régulièrement pour le contrôle de surveillance.

* Remarques sur l'analyse des micropolluants organiques :

- les familles proposées pour l'analyse régulière des micropolluants organiques correspondent aux familles les plus fréquemment mesurées (cf. Ifen, 2001, « Les pesticides dans les eaux »). Cependant, afin de disposer d'analyses plus pertinentes, il est recommandé de compléter cette liste en se renseignant, pour chaque masse d'eau, auprès des groupes phyto régionaux sur les substances utilisées au niveau régional.
- la liste des micropolluants organiques à mesurer régulièrement devra être révisée à chaque nouveau programme. Il s'agit pour cela de réévaluer la liste des substances les plus fréquemment rencontrées en tenant compte de l'apparition de nouvelles substances ou de la disparition de certaines autres. Il convient cependant dans ce dernier cas de rester prudent car étant donné la persistance des pesticides dans le milieu, il faudra, longtemps après l'interdiction d'utilisation de certaines molécules comme l'atrazine, continuer de les mesurer.

Type de la masse d'eau			Fréquences minimales	
SEDIMENTAIRE	Libre(s) et captif dissociés	Libre	Karst	2/an*
			Non karst	2/an*
		Captif		1/an
	Libre(s) et captif associés	Captif dominant		1/an
		Libre dominant		2/an*
ALLUVIONS			2/an*	
SOCLE			2/an*	
EDIFICE VOLCANIQUE			2/an*	
INTENSEMENT PLISSE			2/an*	
IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE*			2/an*	

*avec un prélèvement en période de hautes eaux et un prélèvement en période de basses eaux

Tableau 3 : fréquences minimales de mesures pour le contrôle de surveillance s'appliquant aux paramètres indiqués dans le tableau 2.

En résumé le contrôle de surveillance correspond à une analyse tous les 6 ans de tous les paramètres (annexe 3) sur toutes les masses d'eau, complétée par une à deux analyse(s) par an d'une liste minimale de paramètres (Tableau 2).

2.1.2 Spécifications pour le contrôle opérationnel

Qui ?

Le contrôle opérationnel s'applique à « toutes les masses d'eau ou tous les groupes de masses d'eau souterraine qui, sur la base de l'étude d'incidence effectuée conformément à l'annexe II et d'un contrôle de surveillance, sont identifiées comme risquant de ne pas répondre aux objectifs visés à l'article 4 » (Figure 4).

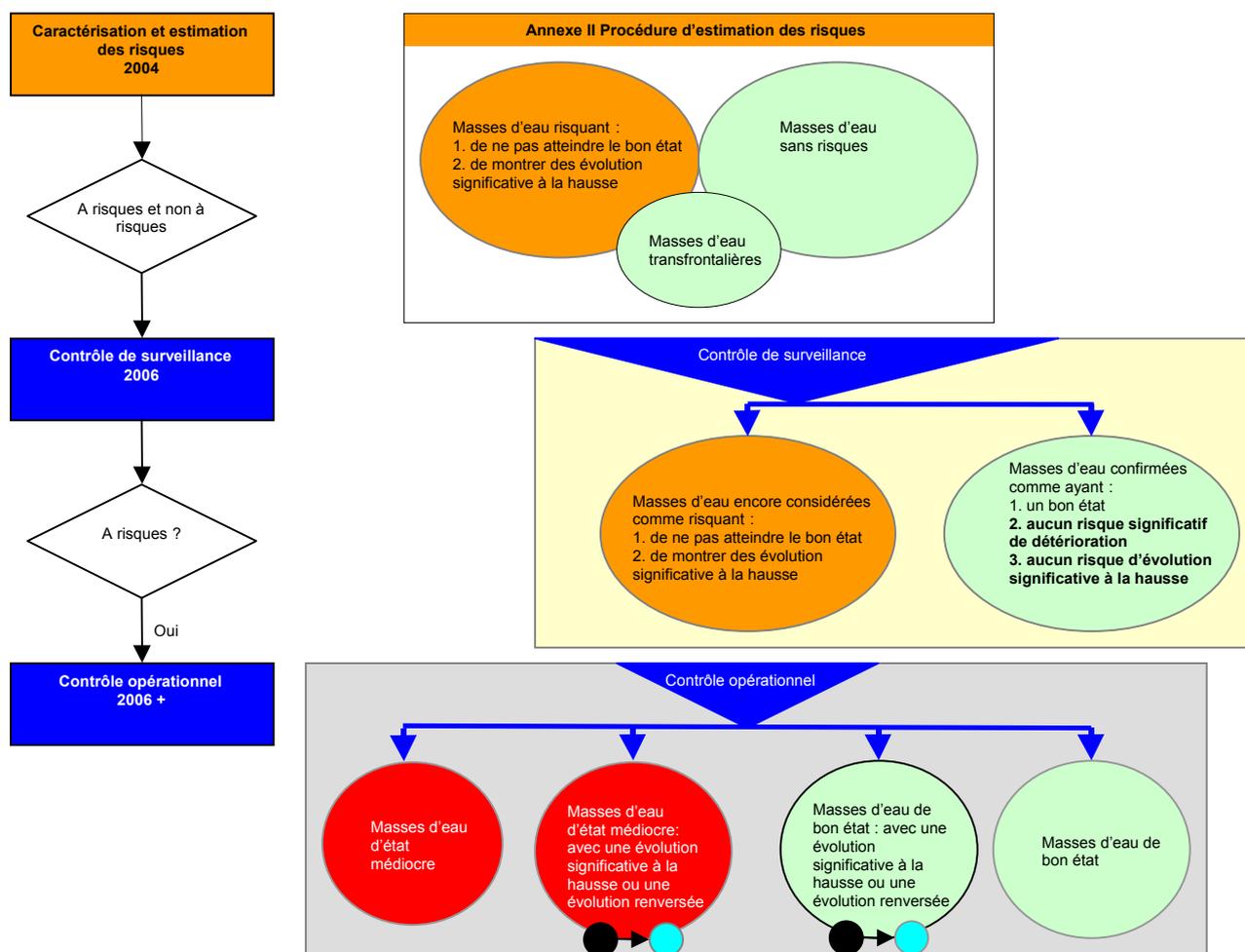


Figure 4 : champs d'application des programmes de surveillance de l'état qualitatif des eaux souterraines. D'après les travaux du groupe « Monitoring ».

Où ?

Le réseau à construire pour le contrôle opérationnel est approximativement un réseau d'impact. Il devra être constitué des sites du réseau de surveillance complétés par d'autres sites judicieusement sélectionnés pour suivre les pollutions identifiées (en aval des sources de pollution). Il ne s'agit donc pas de déterminer une densité de points pour ce réseau (même si celle-ci sera nécessairement plus grande que pour le contrôle de surveillance). Il convient d'avantage de sélectionner d'autres points en fonction des conditions hydrogéologiques locales et de la nature de la pollution identifiée.

Avertissement : la sélection de sites de surveillance supplémentaires pour le contrôle opérationnel nécessite un minimum de précautions. En effet, à l'issue de cet exercice, le réseau sera composé de points dont les objectifs sont très variables (suivi d'une installation classée, d'une pollution diffuse, ...). Il convient donc de rester prudent et d'évaluer la pertinence des informations apportées par chaque site.

Le mode de sélection des sites est très différent selon qu'il s'agit d'une pollution ponctuelle ou d'une pollution diffuse.

Dans tous les cas, le réseau mis en place pour le contrôle opérationnel sera réévalué tous les 6 ans avec l'application d'un nouveau plan.

✓ **Pollutions ponctuelles**

Le « réseau des forages des Installations Classées » peut convenir au contrôle opérationnel et à ce titre peut être inclus dans ce dispositif. A titre de rappel, le « réseau de forages relatif aux Installations Classées » désigne l'ensemble des sites faisant l'objet d'une surveillance des eaux souterraines prescrite au titre de la réglementation sur les installations classées (notamment : article 65 de l'arrêté du 2 février 1998, article 7 de la circulaire du 9 novembre 1989 sur les dépôts de carburants, l'arrêté du 9 septembre 1997 modifié par l'arrêté du 31 décembre 2001 et l'arrêté du 18 décembre 1992 concernant les décharges de classe 1 et les décharges d'ordures ménagères, les articles 3, 18, et 34.1 du décret 77/1133 du 21 septembre 1977 et leurs modifications). Plus de détails sur ces réseaux sont disponibles en annexe 6.

Ce réseau de forages apportera des données locales qui ne seront pas agrégées pour calculer les éventuelles moyennes relatives à la qualité des grandes masses d'eau qui englobent ces portions de mauvaise qualité.

Le guide méthodologique pour la mise en place et l'utilisation d'un réseau de forages permettant d'évaluer la qualité de l'eau souterraine au droit ou à proximité d'un site (potentiellement) pollué, publié par le MEDD en septembre 2001 doit être considéré comme un document de référence à utiliser pour le contrôle opérationnel.

Concernant le choix des installations classées à intégrer au réseau de contrôle opérationnel, on peut s'interroger sur l'utilité d'inclure TOUTES les Installations classées surveillées dans le réseau. Cette proposition exhaustive, ne pose guère de problèmes à partir du moment où l'effort de bancarisation a été fourni.

Le « TOUTES » ne semble pas utile et il est recommandé de veiller à prendre :

- Les sites classés 1 suite à une évaluation des risques (ESR),
- Les sites (notamment ceux en classe 2 suite à ESR) avec un impact avéré sur les sols et/ou présentant un risque potentiel pour les eaux souterraines,
- Les sites listés suite à une étude de « croisement avec la vulnérabilité des nappes » (cf. dossier BRGM).
- Les sites surveillés au titre de l'article 65, des dépôts pétroliers, des décharges.

Et, en choisissant par exemple les sites pour lesquels :

- Un des paramètres de pollution présente une tendance à la hausse, et/ou
- un des paramètres de pollution est présent avec une concentration supérieure ou égale aux valeurs guide VCI eau pour un usage sensible, par exemple.

Le choix des sites devra nécessairement se faire en étroite concertation avec les DRIRE, et en veillant à avoir une bonne répartition géographique sur la masse d'eau.

Des discussions sur la bancarisation des résultats de ce suivi sont en cours entre DE et DPPR.

✓ **Pollutions diffuses : où prélever ?**

La sélection des sites pour le contrôle opérationnel devra tenir compte de la représentativité des points de prélèvements. Comme le souligne le « guide méthodologique relatif aux suivi des pesticides dans les eaux » (MEDD, 2002), les données existantes sur la représentativité des sites de mesures sont limitées. Il semble cependant acquis que les concentrations en phytosanitaires sont spatialement et verticalement hétérogènes.

- **hétérogénéité spatiale** : les teneurs en phytosanitaires seraient non seulement variables dans les systèmes hydrogéologiques naturellement hétérogènes (socle, karsts, aquifères volcaniques, etc...) mais également dans des systèmes plus homogènes surmontés d'une zone non saturée fissurée. Dans certains cas, comme les aquifères de socle, l'hétérogénéité est telle que chaque site de surveillance n'est représentatif que de lui-même.
- **hétérogénéité verticale** : les concentrations mesurées dans les eaux souterraines peu profondes (0 à 10 m) représentent la pression polluante locale. Dans les horizons plus profonds (10 à 200 m), la représentativité des teneurs observées n'est pas évidente car d'une part ces eaux circulent dans des réseaux de fissures, d'autre part des mélanges avec des eaux plus profondes peuvent subvenir. Compte-tenu de ces données, le guide méthodologique recommande que dans les aquifères de socle, les points de mesure captent les eaux peu profondes et soient aussi intégrateurs que possible (sources, zones d'émergences). En contexte karstique, il est recommandé, s'il existe, de privilégier la mesure dans un exutoire majeur. Pour les autres points d'étude, il faut savoir qu'un échantillonnage dans un drain n'est pas toujours représentatif. La qualité de l'eau peut localement être très différente de ce qu'elle est en moyenne sur toute la nappe.

Finalement, la représentativité des mesures des teneurs en pesticides dans les eaux souterraines est difficile à évaluer. Pour la plupart des typologies, ces teneurs sont spatialement hétérogènes. La sélection des sites de surveillance des produits phytosanitaires pour le contrôle opérationnel devra donc privilégier des sites intégrateurs comme les sources.

Pour la localisation des points de prélèvements, la recherche de sites non soumis à des risques d'apports ponctuels devra être une priorité. Il faudra donc éviter les points soumis à l'influence d'infrastructure routière ou ferroviaire, d'exploitation agricole, de ruissellement, d'exutoires de drainage ou de cours d'eau.

✓ **Pollutions diffuses : la Directive Nitrates**

Le suivi nécessaire de la qualité mis en place pour répondre aux exigences de la Directive Nitrate 91/676/CEE pourra, à terme, être assuré grâce au réseaux de surveillance prévu au titre de la Directive-cadre sur l'eau. Le contrôle de surveillance permettra de délimiter les zones vulnérables et, le contrôle opérationnel sera utilisé afin de préciser ces zones et de mesurer l'efficacité des programmes d'action.

La stratégie retenue jusqu'à aujourd'hui pour la sélection des sites pour la surveillance de la directive nitrate conduit à s'interroger sur la représentativité des points. Ses principales limites sont les suivantes :

- La majorité des sites sont des captages AEP (environ 2600), bénéficiant d'un environnement plus favorable et sont donc mieux protégés des pollutions. Ces sites représentent donc des environnements particuliers qui ne sont pas nécessairement

représentatif du milieu. En outre, si la teneur en nitrate dépasse la norme de 100 mg/L, ces captages peuvent être arrêtés et ne peuvent donc, souvent, plus être suivis dans le cadre de la Directive Nitrate.

- La profondeur de l'échantillonnage n'est pas indiquée, ni le rattachement à l'aquifère ou à une masse d'eau souterraine donnée.
- Le réseau de surveillance n'étant pas opérationnel avant 2006, il ne pourra être utilisé pour la prochaine campagne de mesures de la surveillance Directive Nitrate, qui va démarrer en 2003. Néanmoins, il sera demandé que les points utilisés pour cette surveillance soient rattachés aux masses d'eau.

Pour les campagnes de surveillance suivantes, on pourra s'appuyer sur le réseau de surveillance générale. La délimitation des zones vulnérables pourra être effectuée lors du contrôle de surveillance, et le contrôle opérationnel sera ciblé sur les zones à problèmes et par conséquent sur les zones vulnérables en ce qui concerne les nitrates.

Attention : dans certaines régions, le réseau « Directive Nitrates » peut être qualifié de représentatif (en Basse-Normandie par exemple). Il est donc alors envisageable de l'intégrer au contrôle opérationnel.

✓ **Echelle de représentation des résultats du contrôle opérationnel**

Pour chaque masse d'eau, des pollutions ponctuelles et/ou diffuses seront suivies et caractérisées dans le cadre du contrôle opérationnel. L'incidence de ces pollutions sur la totalité de la masse d'eau sera, suivant leur étendue et leur nature, très variable. Afin de relativiser l'importance de ces pollutions et de les comparer entre elles, il apparaît nécessaire de définir une échelle de représentation cartographique. Une échelle de **1/1 500 000** semble adaptée à une représentation nationale des pollutions. Les modalités de rapportage à la Commission devraient être définies à l'échelon européen.

Quoi ?

La Directive ne fournit aucune précision sur la nature des paramètres à analyser pour le contrôle opérationnel.

Les paramètres analysés seront ceux dont le caractère polluant aura été identifié par le contrôle de surveillance.

Pour les pollutions ponctuelles, il est important de souligner que les substances analysées au niveau d'une installation classée sont spécifiques au site et fonction des produits stockés, fabriqués ou générés, des pollutions du sol ou de la nappe mises en évidence au droit du site lors d'un diagnostic, des accidents et des incidents ayant eu lieu sur le site et susceptibles d'être à l'origine d'une pollution.

Ainsi d'un site à l'autre les paramètres suivis sont différents et justifiés. Un arrêté préfectoral définit clairement les paramètres et la fréquence du suivi.

Dans l'état actuel, il n'est pas possible d'imposer l'analyse d'autres substances que celles prévues par l'arrêté préfectoral de façon à avoir un « tronc commun de paramètres suivis »

pour toutes les Installations classées qui pourraient être retenues pour le réseau de forages du contrôle opérationnel. Il est par contre envisageable de permettre, sous certaines conditions, l'accès au forage de surveillance pour des prélèvements destinés à des analyses complémentaires non prescrites par l'arrêté préfectoral, qui ne seront pas à la charge de l'exploitant.

Sur les points d'eau soumis à des pollutions ponctuelles, deux types de paramètres seront donc analysés :

- les paramètres déjà suivis dans le cadre de la surveillance des installations classées et définis par arrêté préfectoral,
- d'autres paramètres sensibles de la masse d'eau que le site pourrait aggraver. Mais attention, ces analyses, non prescrites par arrêté préfectoral, ne seront contrairement aux précédentes pas à la charge de l'exploitant.

Quand ?

La fréquence des contrôles opérationnels doit être choisie de manière à « détecter les effets des pressions ». La DCE impose que cette fréquence soit au minimum d'une fois par an.

Pour ce type de contrôle, la fréquence de mesure pourra, par rapport au contrôle de surveillance, être augmentée en particulier pour les micropolluants minéraux et organiques. Les fréquences déjà utilisées dans le cadre du RNES semblent suffisantes (Tableau 4). Des fréquences plus importantes sont toutefois souhaitables, surtout si les conditions hydrogéologiques (taux de renouvellement rapide) et la nature du polluant le justifie. L'utilisation de fréquences minimales n'est pas une fin en soi et ne doit pas remplacer l'analyse du milieu, de ses caractéristiques et des pressions qu'il subit.

Type de la masse d'eau				Fréquences minimales
SEDIMENTAIRE	Libre(s) et captif dissociés	Libre	Karst	1/mois
			Non karst	2/an*
		Captif	1/an	
	Libre(s) et captif associés	Captif dominant		1/an
		Libre dominant		2/an*
ALLUVIONS				2/an*
SOCLE				2/an*
EDIFICE VOLCANIQUE				2/an*
INTENSEMENT PLISSE				2/an*
IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE*				2/an*

*avec un prélèvement en période de hautes eaux et un prélèvement en période de basses eaux

Tableau 4 : fréquences minimales recommandées pour le contrôle opérationnel.

Quelques recommandations particulières peuvent être faites pour le suivi des pollutions ponctuelles et des pollutions diffuses.

✓ **Pollutions ponctuelles : quand prélever ?**

En général, en application de l'article 65 de l'arrêté du 2 février 1998, le suivi de la qualité des eaux souterraines au niveau des Installations classées, est au minimum de deux fois par an, avec une mesure en période de hautes eaux et la seconde en période de basses eaux.

La fréquence du suivi, spécifique au site, est prescrite par l'arrêté préfectoral. Cette fréquence a fait l'objet au préalable d'une proposition justifiée de la part de l'exploitant, acceptée par l'inspection des installations classées, en fonction de la spécificité de la zone non saturée, des caractéristiques hydrodynamiques de la zone saturée et des caractéristiques des polluants (cf. guide méthodologique MATE – BRGM, 2001). En pratique, le suivi des sites ayant une pollution avérée est le plus souvent d'une fois par trimestre.

On se référera donc pour le suivi des pollutions ponctuelles, non pas aux fréquences présentées dans le Tableau 4 mais aux fréquences imposées par l'arrêté préfectoral.

✓ **Pollutions diffuses : quand prélever ?**

Le « guide méthodologique relatif au suivi des pesticides dans les eaux » fournit quelques recommandations sur la fréquence des prélèvements à réaliser pour l'analyse des produits phytosanitaires :

- la totalité des prélèvements d'une même série, pour un même bassin, devra impérativement être réalisée sur une durée la plus courte possible. Cette précaution permet d'éviter les effets d'événements susceptibles d'influencer les flux de pesticides comme par exemple un épisode pluviométrique majeur, le début des irrigations ou encore un traitement des cultures.
- Combien de mesures par an ? Des études récentes ont montré que dans certains contextes (karstique et alluvial fortement influencé par la rivière notamment), des prélèvements hebdomadaires étaient nécessaires pour identifier certains épisodes de contamination. De telles fluctuations ont également été observées dans des nappes plus profondes avec un pas de temps bi-hebdomadaire. En dehors des aquifères captifs profonds, les fréquences minimales proposées (Tableau 4) sont donc insuffisantes pour caractériser correctement la contamination d'une masse d'eau par les pesticides. Des fréquences au moins mensuelles seraient souhaitables.
- A quelle période prélever ? il n'existe pas de réponse simple à cette question. La vitesse de transfert des pesticides dans le sol et la zone non saturée est en effet très variable en fonction de la nature de ces derniers. Il existe en outre des variations interannuelles liées à la variabilité des conditions climatiques. Enfin, les temps de transit les plus courants sont supérieurs à l'année si bien que l'observation d'une valeur en nappe ne pourra jamais être mise en relation avec l'année n ou $n-1$ ou $n-x$. Compte-tenu de tous ces éléments, il est n'est donc pas évident, en dehors des nappes connues pour leur temps de transit très rapide, de préconiser des prélèvements en lien direct avec les périodes de prélèvements. Des campagnes réalisées peu de temps après la période d'épandage peuvent cependant se révéler utiles, car si on observe une apparition rapide de produits phytosanitaires dans un système dont le temps de réponse est *a priori* lent, on aura alors une information précieuse, soit sur un mode de fonctionnement différent de celui suspecté, soit d'une mauvaise qualité du point d'observation.

2.1.3 Assurance qualité

La qualité des données fournies par les réseaux est essentielle. Elle détermine la validité des conclusions que les résultats issus des réseaux auront permis de formuler. Il est donc indispensable de s'assurer que chaque étape (prélèvement et analyse en particulier) est réalisée conformément à des normes ou à des recommandations de qualité.

Echantillonnage

Au cours des différentes opérations d'échantillonnage (préparation, prélèvement, conditionnement et stockage de l'échantillon), différentes réactions peuvent avoir lieu et peuvent modifier la composition chimique d'origine de l'échantillon. C'est pourquoi il est indispensable de s'assurer que l'échantillonnage a été réalisé en respectant un certain nombre de bonnes pratiques. Ces guides de bonne pratique qui assure la qualité d'un échantillon sont détaillés en Annexe 9. On pourra également se reporter au fascicule de documentation de l'AFNOR FD X 31 615.

Pour les pesticides, on pourra se reporter au « guide méthodologique relatif au suivi des pesticides dans les eaux ».

Analyse

Pour l'analyse des échantillons, il existe pour chaque paramètre différentes méthodes de mesure. Certaines méthodes sont validées par des normes. Ces méthodes sont référencées par le SANDRE. Les principales méthodes sont présentées dans l'Annexe 9. Pour l'analyse plus spécifique des pesticides, il est conseillé de consulter le « guide méthodologique relatif au suivi des pesticides dans les eaux ».

La qualité de l'analyse doit être assurée et validée par le laboratoire. C'est pourquoi, il est nécessaire que pour le choix du laboratoire les exigences suivantes soient respectées :

- accréditation COFRAC pour tous les paramètres,
- agrément ministériel,
- affiliation à des programmes d'intercalibration,
- utilisation de méthodes normalisées (AFNOR) ou validées (cf. listes SANDRE)

Il est également très important de bien s'assurer auprès du laboratoire que, pour chaque paramètre, le seuil de détection utilisé est inférieur à la norme et/ou seuil indiqué dans la définition du bon état chimique (attendre la future Directive fille).

2.2 Surveillance des zones protégées

2.2.1 Définitions et recommandations de la DCE

D'après l'article 6, le registre des zones protégées peut inclure pour les eaux souterraines :

- « les masses d'eau utilisées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine fournissant en moyenne plus de 10 m³ par jour ou desservant plus de 50 personnes, et les masses d'eau destinées dans le futur à un tel usage » (article 7),
- les zones vulnérables nitrates établies conformément à la Directive Nitrates (91/676/EEC),
- les sites Natura 2000 établis conformément à la Directive Habitats (92/43/EEC) ou à la Directive Oiseaux (79/409/EEC),

L'article 7 précise les conditions de surveillance des masses d'eau exploitées pour l'AEP. Il est demandé aux Etats membres :

- d'identifier les masses d'eau exploitées pour l'AEP fournissant plus de 10 m³/jour, ainsi que les masses d'eau destinées à un tel usage dans l'avenir,
- de surveiller les masses d'eau fournissant plus de 10 m³/jour en s'assurant qu'elles respectent les normes de qualité définies par la Directive 98/83/CE,
- de surveiller les masses d'eau fournissant plus de 100 m³/jour non seulement en s'assurant qu'elles respectent les normes de qualité définies par la Directive 98/83/CE, mais aussi en les incluant au réseau de surveillance décrit précédemment (annexe V).

Remarque : le respect de la Directive 98/83/CE implique que la qualité de l'eau captée avant traitement ne soit pas affectée par les activités humaines de telle manière qu'il serait nécessaire d'augmenter le traitement de purification pour atteindre les normes fixées par cette Directive.

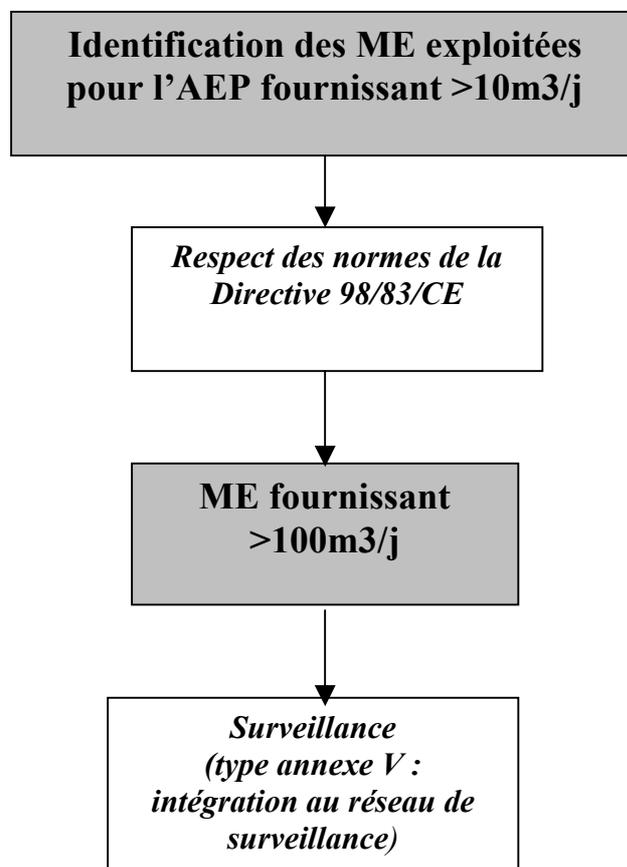


Figure 5 : résumé des exigences de la DCE pour la surveillance des zones protégées au titre du captage pour l'AEP.

2.2.2 Implications pour la surveillance des masses d'eau captées pour l'AEP

Si la Directive mentionne les captages AEP comme des cas particuliers, il est important de noter qu'en France quasiment toutes les masses d'eau sont captées pour l'AEP. D'autre part, il n'existe dans la Directive aucune spécification liée à la surveillance de ces zones protégées si ce n'est le respect des normes fixées par la Directive Eau potable 98/83/CE. Il suffit donc d'introduire dans la liste des paramètres à analyser pour le contrôle de surveillance, les paramètres cités par la Directive eau potable.

Pour évaluer l'atteinte des objectifs fixés par la DCE pour les zones protégées, les guides européens recommandent :

- d'établir la composition chimique de l'eau captée avant tout traitement de purification. Cette analyse devrait tenir compte de tous les paramètres pouvant affecter l'ampleur du traitement requis pour l'approvisionnement en eau potable. Aux termes de l'Annexe II 2.3(c), les États membres sont requis de recueillir et de mettre à jour des

informations sur la composition chimique de l'eau captée en (i) des points de captage fournissant en moyenne 10 m³ ou plus par jour, que cette eau soit ou non destinée à la consommation humaine et, (ii) des points desservant au moins cinquante personnes.

- au cours de chaque période de plan, collecter, si possible, les informations sur la composition de l'eau captée, en proportion avec les risques encourus par la qualité de l'eau, telle qu'elle est définie aux termes de la procédure d'évaluation des risques en Annexe II. Cela devrait permettre de détecter une détérioration quelconque de la qualité de l'eau captée, qui pourrait affecter l'importance du traitement de purification requis pour produire de l'eau potable – et indiquerait, par conséquent, que les objectifs de la zone protégée n'ont pas été remplis.
- établir un modèle conceptuel du système d'eaux souterraines dont l'eau est captée. Ce modèle devrait être proportionné aux risques prévus de ne pas répondre aux objectifs fixés et permettre d'élaborer, si besoin est, les mesures indispensables pour protéger la zone de recharge de toute invasion de polluants qui ne permettrait pas d'atteindre les objectifs fixés pour la zone protégée.

Pour la surveillance de ces zones, on s'appuiera donc sur les analyses en eaux brutes du contrôle sanitaire, prévues par le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 (voir annexe 13) et disponibles sur ADES.

3 Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines

Les réseaux de surveillance du niveau piézométrique des eaux souterraines doivent aujourd'hui évoluer pour répondre à plusieurs objectifs :

- le suivi de l'état quantitatif des masses d'eau souterraines pour la DCE
- l'exercice de la Police de l'Eau
- la prévision des crues

Ces objectifs étant différents, les besoins associés (densité de points, fréquence de mesure, mode de transmission des résultats) le sont également. Au final, les réseaux piézométriques doivent répondre à l'ensemble de ces besoins, quitte à ce que le fonctionnement de l'ensemble des points ne soit pas homogène.

3.1 Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines au titre de la Directive Cadre sur l'eau

Qui ?

Concernent les objets à surveiller pour le suivi de l'état quantitatif, la DCE est claire. La surveillance s'applique à « toutes les masses d'eau ou groupes de masses d'eau » (Annexe V.2.2.1).

Cependant, afin d'optimiser le réseau, le regroupement de masses d'eau souterraine est possible. De tels regroupements pourront être réalisés dans les cas suivants :

- si plusieurs masses d'eau ont les mêmes caractéristiques hydrogéologiques et sont sujettes aux mêmes pressions,
- si l'état des connaissances sur le fonctionnement hydrogéologique de certaines masses d'eau sont insuffisantes,
- si un milieu, composé de plusieurs masses d'eau, est très hétérogène et nécessite donc un contrôle « aval » (intégrateur).

Dans tous les cas, il convient de s'assurer que les contrôles qui seront réalisés sur une partie de ces groupes seront suffisamment représentatifs de l'ensemble des masses d'eau qui forment le groupe.

Quoi ?

Les paramètres à mesurer sont :

- le niveau piézométrique de la masse d'eau si le site de mesure est un piézomètre ou un forage,
- le débit dans le cas d'une source ou d'une rivière.

Où ?

➤ **Problématique**

A propos de la densité des points de mesure, aucune valeur n'est imposée par la DCE. Cette dernière précise uniquement que « le réseau doit comporter suffisamment de points de

surveillance représentatifs pour évaluer le niveau de l'eau dans chaque masse d'eau ou groupe de masses d'eau » (Annexe V.2.2.2). Une attention particulière est toutefois demandée pour les masses d'eau risquant de ne pas atteindre les objectifs environnementaux fixés par l'article 4, et pour les masses d'eau transfrontalières.

S'il est alors possible de fixer une densité minimale par type d'aquifère (comme c'est le cas pour le RNES), il apparaît que ce type de démarche n'est pas une fin en soi. La densité du réseau doit non seulement dépendre du type d'aquifère mais aussi de l'importance des pressions qui s'exercent sur chaque masse d'eau. En outre, l'objectif du cahier des charges est autant que faire se peut de s'appuyer sur les réseaux déjà existants. Autrement dit, selon la nature des objectifs visés (DCE, police de l'eau ou crues) et selon l'importance des pressions qui s'y exercent, la densité sera nécessairement variable.

Le choix et le positionnement des sites devront d'avantage dépendre des conditions hydrogéologiques de chaque masse d'eau (et notamment du taux de renouvellement de l'eau) et des pressions identifiées. L'utilisation d'un « modèle conceptuel » tel que celui décrit par le groupe de travail européen « monitoring » est recommandée (cf. annexe 2). Ce type d'approche permet de représenter les écoulements et les pressions et de positionner au mieux les sites de mesure. La méthodologie développée par le BRGM¹ et dont l'application au bassin Adour-Garonne donne une illustration devra également être exploitée.

Il est toutefois demandé de s'assurer que les points ainsi sélectionnés sont suffisamment nombreux par rapport aux dimensions de la masse d'eau. Il faut donc vérifier que la densité de points ainsi obtenue est supérieure ou égale à la densité minimale recommandée (Tableau 5).

Enfin, il faudra bien évidemment s'assurer de la qualité de l'ouvrage en vérifiant les points suivants :

- conditions d'accès et localisation
- coupe technique et géologique : l'ouvrage recoupe-t-il complètement l'horizon aquifère ?, ou alors plusieurs horizons ?, existence de cimentation, position des crépines ?
- position de l'ouvrage par rapport aux limites, conditions de drainance entre aquifères, influence et interaction d'ouvrages proximaux...
- pérennité de l'ouvrage

L'utilisation d'ouvrages exploités voire sous l'influence d'autres ouvrages ou aménagements est à éviter autant que possible.

Par ailleurs, dans un souci de pérenniser le suivi des variations piézométriques en situation extrême notamment en basses eaux, il convient de s'assurer que l'ouvrage recoupe intégralement la zone de battement de la nappe.

➤ **Densités minimales**

L'utilisation de densités minimales permet de disposer d'un nombre minimum de points de mesure par masse d'eau. Il est cependant important de préciser que ce type de démarche n'implique pas que ceux-ci soient répartis de façon homogène.

¹ « Méthode de détermination par système aquifère des niveaux de surveillance de la piézométrie et de la qualité des eaux souterraines », Rapport BRGM R38856, 1997.

Comme le paragraphe précédent le souligne, la sélection des sites de mesure, mais également le nombre de points par masse d'eau, doivent être adaptés à la vitesse des écoulements et donc indirectement à la typologie de la masse d'eau. Le Tableau 5 présente les densités minimales retenues pour chaque type de masse d'eau.

Même si l'utilisation de densités minimales est particulièrement utile pour les systèmes dont le fonctionnement hydrogéologique est mal connu, leur application est exigée pour toutes les masses d'eau de manière à vérifier que chacune dispose d'un nombre suffisant de sites de surveillance.

Type de la masse d'eau			Densité minimale (nb/km ²)	
SEDIMENTAIRE	Libre(s) et captif dissociés	Libre	Karst	1/500
			Non karst	1/500
		Captif	1/3000	
	Libre(s) et captif associés	Captif dominant		1/3000
		Libre dominant		1/500
ALLUVIONS			1/500	
SOCLE			1/7000	
EDIFICE VOLCANIQUE			1/7000	
INTENSEMENT PLISSE			1/7000	
IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE*			Cf. note*	

* l'application stricte d'une densité à ce type de système est relativement abusive. Les points de mesure ne seront le plus souvent représentatifs que d'eux-mêmes.

Tableau 5 : densités minimales pour la surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines

* cas des imperméables localement aquifères : le regroupement de ce type de masses d'eau est souhaitable. Pour une meilleure représentativité, il est également recommandé d'effectuer des mesures du débit de base dans une éventuelle rivière associée à ces nappes ou dans un drain.

Remarque : si la mesure de l'état quantitatif se fait le plus souvent sur des piézomètres et des forages, il est rappelé que l'utilisation de sites « intégrateurs » comme les sources est possible. Ce type d'approche est particulièrement recommandé pour les systèmes karstiques et de socle. Le suivi dans certains cas du niveau de base des rivières est également possible.

Quand ?

➤ **guides pour la détermination de la fréquence de mesure du niveau quantitatif :**

D'après l'annexe V.2.2.3 de la DCE, la fréquence de surveillance du niveau des nappes « doit être suffisante pour permettre l'évaluation de l'état quantitatif de chaque masse d'eau souterraine ou groupe de masses d'eau souterraine compte tenu des variations à court et long termes des recharges ». Elle doit être particulièrement ajustée pour les masses d'eau risquant de ne pas atteindre les objectifs environnementaux fixés par l'article 4 et pour les masses d'eau transfrontalières. Aucune fréquence de mesure n'est donc strictement imposée.

La fréquence retenue devra dépendre de la nature de la masse d'eau (des conditions hydrogéologiques) et de l'importance de la pression exercée sur la ressource. L'utilisation d'un « modèle conceptuel » est recommandée (voir annexe 2). Ce type d'approche permettra d'ajuster la fréquence en fonction des particularités locales et de choisir par exemple une fréquence plus importante pour un système dont la variabilité temporelle est importante ou dont la réponse à une pollution est rapide. Toutefois, afin de disposer d'un nombre suffisant de mesures, des fréquences minimales sont proposées (voir paragraphe suivant).

Enfin le matériel utilisé pour la mesure, l'enregistrement et le stockage des données devra être ajusté en fonction des particularités de chaque site en tenant compte des avantages et des inconvénients de chaque méthode (cf. annexe 4).

➤ **Fréquences minimales pour le suivi quantitatif des eaux souterraines**

La fréquence nécessaire pour le suivi du niveau d'eau des masses d'eau doit être adaptée aux objectifs particuliers de chaque masse d'eau. On distinguera donc deux cas :

- ✓ soit l'objectif principal est axé sur la gestion et/ou l'alerte : il est dans ce cas recommandé d'utiliser un enregistrement numérique et télétransmis du niveau d'eau (cf. annexes 4 et 5 pour plus de détails),
- ✓ soit l'objectif principal est de mieux connaître le système : l'enregistrement continu n'est alors pas indispensable et des pas de temps plus espacés devraient suffire. Les fréquences retenues devront toutefois respecter les guides indiqués dans le Tableau 6. Il s'agit bien de fréquences minimales, ce qui signifie que l'application d'un pas de temps plus fin, s'il est techniquement et économiquement possible, est le bienvenu.

Les fréquences minimales qui sont proposées dans le Tableau 6 ont été adaptées à la typologie de la masse d'eau (c'est à dire au régime d'écoulement de la nappe) mais également à l'existence éventuelle d'une pression anthropique (présence de pompages). Il s'agit donc d'estimer le risque pour la masse d'eau de ne pas atteindre le bon état quantitatif et d'augmenter dans ce cas la fréquence de mesure du niveau d'eau. L'évaluation de ce risque sera essentiellement basée sur les résultats de l'exercice de caractérisation (présence de pompages sur la masse d'eau ou sur une masse d'eau voisine avec laquelle des communications existent).

Au cours du programme de surveillance de l'état quantitatif d'une masse d'eau, la fréquence pour être réajustée en tenant compte de l'évolution des pressions qui s'exercent sur celle-ci.

Type de la masse d'eau			Pression ?	Fréquence minimale	
SEDIMENTAIRE	Libre(s) et captif dissociés	Libre	Karst	Oui	1/j
				Non	1/semaine
		Non karst	Oui	1/semaine	
			Non	1/15j	
	Captif	Oui	1/mois		
		Non	2/an*		
	Libre(s) et captif associés	Captif dominant	Oui	1/mois	
			Non	2/an*	
		Libre dominant	Oui	1/semaine	
			Non	1/15j	
ALLUVIONS			Oui	1/semaine	
			Non	1/15j	
SOCLE			Oui	1/semaine	
			Non	1/15j	
EDIFICE VOLCANIQUE			Oui	1/semaine	
			Non	1/15j	
INTENSEMENT PLISSE			Oui	1/semaine	
			Non	1/15j	
IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE*			Oui	1/semaine	
			Non	1/15j	

* avec un prélèvement en période de hautes eaux et un prélèvement en période de basses eaux

Tableau 6 : fréquences de mesure minimales pour la surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines.

3.2 Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines au titre de la Police de l'Eau

Dans le cadre de l'exercice de la police de l'eau, les objectifs des réseaux de surveillance sont différents de ceux fixés par la DCE. Les stratégies d'implémentation des réseaux sont donc également différentes.

Le cadre de l'exercice de la police de l'eau dont le fondement repose sur le Code de l'environnement notamment son article L211-1 a pour objectif premier une **gestion équilibrée de la ressource en eau**.

Différentes voies d'action concourent à la poursuite de cet objectif, parmi lesquelles l'action réglementaire ou police de l'eau qui repose sur les régimes **d'autorisation et de déclaration** qui régissent les installations, ouvrages, travaux et activités réalisés à des fins non domestiques par toute personne publique ou privée, et entraînant des prélèvements sur les eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non, une modification du niveau ou du mode d'écoulement des eaux ou des déversements, écoulements, rejets ...

La gestion quantitative des eaux souterraines au travers de l'action des autorités de police de l'eau, responsables de leur conservation, dotées du pouvoir de réglementation (autorisation de prélèvements notamment) et d'arbitrage entre les différents usages doit consister, essentiellement à prévenir la surexploitation des nappes et anticiper les situations de crise (crue de nappe et étiage sévère) et par conséquent disposer des indices qui les annonceraient.

Elle doit permettre l'adéquation entre l'offre (ressources disponibles), la demande (prélèvements) et les contraintes (préservation des milieux).

L'appréciation de l'impact des activités réglementées et de leur compatibilité avec les objectifs visés ci dessus se mesure au travers d'une **étude d'incidence**, dont la production incombe au pétitionnaire.

Cette étude doit notamment décrire de façon précise l'état initial, les effets de l'activité sur la ressource et les milieux aquatiques associés et enfin les mesures compensatoires prises pour y remédier.

Il importe de ce fait que les services chargés de l'exercice de la police de l'eau, à l'échelle du département, puissent disposer des éléments de connaissance nécessaires à l'appréciation du contenu et de la valeur de ces études d'incidences.

Le besoin d'un accès aux informations concernant les ressources en eau souterraine s'exprime également de la part des services de police de l'eau dans le cadre des cellules "sécheresse" pour la mise en œuvre des actions de la limitation voire de suspension provisoire des usages de l'eau

Il revient également aux services de police de l'eau de proposer aux préfets les prescriptions techniques qui garantissent les objectifs de gestion équilibrée précisés par les SDAGE.

Enfin, dans le cas d'enjeux importants, les services de police de l'eau doivent pouvoir s'appuyer sur des outils de modélisation qui ne peuvent être conçus ni fonctionner sans des données détaillées et fiables.

En général, on constate donc que le besoin en connaissance, pour l'exercice de la police de l'eau, s'exprime notamment pour ce qui concerne les ressources en eau souterraine **sur les données variables dans le temps, en premier lieu les variations de charge hydraulique (niveaux, pressions), donc les variations des réserves des nappes souterraines**, domaine qui reste encore aujourd'hui à l'échelle du territoire français à un niveau de connaissance inégal et donc localement partiel.

Ces données demandent également à être traduites et décrites au travers des fonctions :

- de **stockage** à laquelle sont associées les notions de réserves totale, renouvelable...;
- de **transfert d'eau** : dynamique des écoulements (directions, gradients) ;
- de **transfert de pression** : sensibilité des nappes captives ;

Les inconvénients les plus répandus - sans être exhaustif - liés à l'absence de ce type d'informations sont généralement l'impossibilité de diagnostiquer les causes de diminutions constatées de production des captages, de l'accroissement local des rabattements de niveaux dynamiques, de diminution importante des débits des cours d'eau tributaires ou de sources

liées à des faiblesses temporaires d'alimentation des nappes en année sèche ou même normale voire à des surexploitations entraînant un épuisement progressif des réserves sources généralement de conflits d'usages et d'atteintes parfois irréversibles aux milieux aquatiques.

L'échelle de réflexion à retenir dans le contexte actuel de mise en œuvre de la directive cadre européenne 2000/60/CE sur l'eau pourrait être les **masses d'eau** dont les limites sont en cours de définition à l'échelle des 6 grands bassins hydrographiques, même s'il n'est pas exclu qu'un découpage de ces dernières ne soit parfois nécessaire pour coller au plus près des entités sur lesquelles des mesures de gestion sont en cours d'élaboration ou encore prévues et pour lesquelles des besoins ont d'ores et déjà été exprimés (périmètres de SAGE par exemple).

Il importe par ailleurs que la réflexion puisse s'appuyer sur les conclusions des études diagnostic des réseaux existants qui doivent être engagées - et qui le sont déjà pour certains - comme le prévoit la circulaire du 26 mars 2002 sur le système national d'information sur l'eau.

En conclusion, par rapport au réseau de surveillance de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine établi pour la DCE le réseau piézométrique doit être renforcé pour répondre aux besoins de la police de l'eau, qui revient à l'équivalent du « contrôle opérationnel » de l'état chimique, mais cette fois pour l'état quantitatif.

3.2.1 Densité des réseaux

Comme il a été dit dans le chapitre précédent, l'utilisation de densités minimales n'est pas une fin en soi. Il s'agit cependant d'avoir un indicateur de l'importance du réseau.

Cette densité va tout d'abord dépendre pour chaque masse d'eau de la possibilité à rechercher et délimiter des zones de groupement homogène des facteurs qui régissent le régime des nappes souterraines - zones où l'on pourra présumer que les variations piézométriques doivent être à peu près identiques parce que régies par les mêmes facteurs (caractéristiques physiques du milieu aquifère, position dans le système aquifère par rapport aux limites, conditions de recharge,..).

Dans tous les cas, et bien que l'on puisse pas donner de densités minimales, **le réseau mis en place pour l'exercice de la police de l'eau devra être plus dense que le réseau quantitatif de la DCE.**

A titre d'exemple, on pourra citer le cas (extrême !) de la densité du réseau de suivi piézométrique de la **nappe de Beauce** en région Centre : 77 stations dont 17 automatisées pour 7000 km² soit **environ 1 station pour 100 km²** pour un complexe aquifère - marqué par un fort anthropisme -pour lequel l'action de la police de l'eau au travers notamment de la régulation des prélèvements s'est fortement développée depuis une dizaine d'année, nécessitant une connaissance importante et fiable de ces derniers et de leur impact sur la ressource.

Il conviendra donc de pouvoir distinguer les points utilisés au titre de la police de l'eau uniquement de ceux utilisés également pour la surveillance au titre de la directive cadre, qui seront utilisés pour l'évaluation de l'état de la masse d'eau.

3.2.2 Critères de choix des stations

Pour le choix des sites de mesure, la démarche est la même que celle présentée dans le paragraphe 3.1 (privilégier l'utilisation d'un modèle conceptuel, vérifier la qualité des ouvrages...).

3.2.3 Fréquence de mesures

Si l'on se réfère à nouveau au protocole national de 1999, la fréquence minimum proposée était la mesure hebdomadaire à l'exception des nappes captives pour lesquelles une fréquence mensuelle était retenue.

L'expérience dans ce domaine montre qu'à l'exception des stations pour lesquelles seul le recours à la mesure manuelle n'est possible, l'équipement des sites en centrales d'acquisition automatiques de mesures horaires télé transmises est un plus indéniable notamment pour la gestion des situations de crise - cellule sécheresse par exemple (voir également indicateur nappe de Beauce http://www.environnement.gouv.fr/centre/nappe_de_beauce.htm ou dispositif de gestion des prélèvements pour l'irrigation du maïs dans les bassins versants du Colin Ouatier (Cher) http://www.environnement.gouv.fr/centre/hydrogeologie/colin_ouatier.htm).

3.3 Contribution des réseaux piézométriques à la prévision des crues

Les inondations récentes de la Somme sont venues rappeler l'importance de la contribution des nappes aux phénomènes de crues. Dans les zones sensibles aux inondations par remontée de nappe, le choix de localisation des piézomètres doit également prendre en compte les besoins d'information des services de prévision des crues.

Par conséquent, il convient que les services de prévision des crues soient associés aux réflexions préalables à l'extension des réseaux. Là-aussi, l'équipement des sites en centrales d'acquisition automatiques de mesures horaires télé transmises est un plus indéniable pour la gestion des situations de crise.

Afin d'identifier les zones soumises au risque d'inondation par remontée de nappes, des travaux sont menés par le BRGM sous le pilotage de la DPPR (Bureau des risques naturels). Le premier volet de ces travaux est achevé et s'intitule :

"Étude de sensibilité aux remontées de nappes. Méthodologie et application à 20 secteurs-tests de France métropolitaine - BRGM/RP 52340-FR, avril 2003". La disponibilité de ce travail est pour l'instant limitée aux 20 départements étudiés (diffusé sur CD ROM à l'ensemble des services déconcentrés et structures locales concernées (CG, AE, EPTB, etc.). Un CDROM a été adressé à chacun (seul support actuellement disponible).

Dans la seconde tranche (2003), outre la finalisation des départements métropolitains (sur terrain sédimentaire), il est prévu une mise à disposition par Internet de ce travail.

Le besoin de distinction entre points servant uniquement à l'annonce de crues et points servant également à la surveillance de la directive cadre sera également nécessaire.

Références

Travaux antérieurs sur les réseaux eaux souterraines

Rapport définitif du Groupe de travail national A6 « Organisation et harmonisation des réseaux eaux souterraines », sous groupe de travail « Piézométrie et qualité des eaux », juillet 1996, 21 p.

Moutet C. (1997), Proposition pour un cahier des charges du réseau national « Eaux souterraines », Rapport réalisé pour la Direction de l'Eau du Ministère de l'Environnement sous la direction de Guglielmina Oliveros-Toro du Bureau de la Gestion de la Ressource en Eau, 21 p., 5 annexes.

Protocole sur les règles de conception du Réseau National de Connaissances des Eaux Souterraines, Direction de l'Eau du Ministère de l'Environnement, 2 août 1999.

Guides techniques réalisés en France pour la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau

Groupe National Connaissance (2001), Cahier des charges pour l'évolution des réseaux de suivi de la qualité des eaux de surface continentales en France, 13 décembre 2001, 50 p.

Groupe technique « masses d'eau souterraine » (2003), Identification et délimitation des masses d'eau souterraine – Guide méthodologique, janvier 2003, 31 p.

Groupe technique « masses d'eau souterraine » (2003), Caractérisation initiale des masses d'eau souterraine – Guide méthodologique, mai 2003, 57 p.

Groupe technique « pressions et impacts » (2003), Identification des pressions et des impacts – guide méthodologique, version 4.1, mars 2003, 2 volumes.

MEDD – Direction de l'Eau (2002), Procédure d'élaboration de l'état des lieux : caractérisation du district hydrographique et registre des zones protégées, Organisation des travaux 2002-2004, document de travail du 16 décembre 2002, 55p.

Guides techniques européens pour la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau

Working group 2.7 « Monitoring » (2003), Guidance on Monitoring for the Water Framework Directive, Final Version, 23 January 2003, 164 p.

Grath J., Schneidleder A., Uhlig S., Weber K., Kralik M., Keimel T., Gruber D (2001), The EU Water Framework Directive : Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results. Final report. Austrian Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, European Commission, Vienna, 63 p, 12 annexes.

Travaux généraux sur les réseaux eaux souterraines

AELB (2001), Evaluation de l'impact de la Directive Cadre sur la révision des SDAGE – Version 2.2, 2 tomes

BRGM (1985), Conception des réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines – Rapport 85 SGN 629 EAU

BRGM (1994), Inventaire national des réseaux piézométriques connus au 31/12/1994 – Méthodologie de gestion et d'exploitation des réseaux piézométriques – Rapport R38220

BRGM (1996), Suivi de la qualité des eaux souterraines – Approche méthodologique – Critères de définition des réseaux de surveillance – Rapport R 38954

BRGM (1997), L'ingénierie des réseaux piézométriques : contribution à la mise en place du réseau national, Rapport BRGM R 39325.

BRGM (1997), Méthode de détermination par système aquifère des niveaux de surveillance de la piézométrie et de la qualité des eaux souterraines – Rapport R38856

BRGM (1998), Définition des réseaux de connaissance des eaux souterraines du bassin Adour-Garonne, Rapport BRGM résumé des rapports R 39484 et R 39789, 14 p., 3 annexes 62 p.

BURGEAP (1998), Méthodologie de surveillance des micropolluants dans les eaux souterraines – Guide technique – Etude Inter-Agences – 50p, 12 annexes

Chery L., Mardhel V., Pointet T., Les réseaux de mesure dans les eaux souterraines : quantité et qualité, Géologues n°129, pp 7-14.

Martin Y. (1996), Rapport sur la gestion durable des eaux souterraines, Conseil Général des Mines, Ministère de l'Industrie, de la Poste et des Télécommunications, 30p., 11 annexes.

MATE – BRGM (2001), Guide méthodologique pour la mise en place et l'utilisation d'un réseau de forages permettant d'évaluer la qualité de l'eau souterraine au droit ou à proximité d'un site (potentiellement) pollué, 58 p.

Ricard J. (2002), Guide pratique illustré. Conception, construction et équipement de station limnimétrique et piézométrique pour le contrôle de niveau des eaux souterraines, Rapport BRGM RP-51468-FR, 30 p., annexes 22 p.

Autres travaux

AFNOR (2000), Prélèvements et échantillonnage des eaux souterraines dans un forage, fascicule de documentation FD X 31 615.

BRGM (2000), Gestion des sites (potentiellement) pollués, version 2, 5 parties, 18 annexes, Editions du BRGM.

MEDD (2002), Guide méthodologique relatif au suivi des pesticides dans les eaux, projet, version du 9 juillet 2002.

IFEN (2001), Les pesticides dans les eaux. Bilan des données 1998 et 1999 réalisé en 2000, Collection « Etudes et travaux » n°34, Editions IFEN.

Lois

Décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinés à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles, Journal officiel de la République française, 22 décembre 2001, pp 20381-20399.

Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Journal officiel des Communautés européennes, L330 du 5 décembre 1998, pp 32-52.

Directive n°2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, Journal officiel des Communautés européennes L 327 du 22 décembre 2000, 73 p.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Inventaire des réseaux existants

Annexe 2 – Sélection des sites de surveillance des eaux souterraine à l'aide d'un « modèle conceptuel ». Stratégie du groupe de travail européen « Monitoring »

Annexe 3 – Paramètres à analyser pour le contrôle de surveillance

Annexe 4 – Métrologie des données quantitatives

Annexe 5 – Synthèse sur l'utilisation d'un enregistrement continu pour la surveillance des eaux souterraines

Annexe 6 – Les réseaux de surveillance des pollutions ponctuelles

Annexe 7 – Stratégie de surveillance des eaux souterraines pour la Directive Nitrates

Annexe 8 – Les réseaux d'observation des pesticides dans les eaux souterraines

Annexe 9 – Echantillonnage, prélèvements et analyses des eaux souterraines. Guides pour les critères de choix des méthodes.

Annexe 10 – Typologie des masses d'eau

Annexe 11 – Protocole sur les règles de conception du Réseau National de connaissance des Eaux Souterraines

Annexe 12 – Stratégie de mise en place d'un réseau piézométrique dans le cadre de l'exercice de la police de l'eau

Annexe 13 – Présentation SISE-Eaux

Annexe 1

Inventaire des réseaux existants

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 information 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.
- Les réseaux d'impact.

Les paragraphes suivants décrivent succinctement chacun de ces réseaux. Pour des informations plus détaillées sur les réseaux existants, on se référera aux résultats de l'étude « bilan-diagnostic ».

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 qualitatifs et quantitatif des nappes et d'identifier d'éventuels apports anthropiques. Ils donnent une « image » de l'état des eaux souterraines et se rapprochent dans ce sens du réseau prévu par la DCE pour le contrôle de surveillance.

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. Le protocole du RNES et son état d'avancement sont présentés dans l'annexe 11.

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, etc.... Leurs objectifs ainsi que leurs dimensions (locale, départemental, bassin, etc.) sont donc très variables. Cette variabilité s'exprime également dans le temps (surveillance journalière à pluriannuelle). Ces réseaux, à caractère le plus souvent réglementaire, n'ont pas pour vocation d'être représentatif du milieu. Leur intégration aux réseaux prévus pour la DCE devra donc tenir compte de leurs limites de représentativité.

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 (Alimentation en Eau Potable). 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 » partielle 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. Pour des informations plus détaillées sur ce réseau, se reporter à l'annexe
- 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 et pourront donc être intégrés au réseau prévu par la DCE pour le contrôle opérationnel.

Le réseau des Installations classées est un exemple de réseau d'impact permettant de suivre des ponctuelles. Les réseaux de suivi des pesticides pilotés par les groupes régionaux « phyto » sont également des réseaux d'impact.

Synthèse

Les tableaux suivants, issus du rapport « Gobillon » (groupe de travail du Ministère de l'Environnement en 1996). Ils résument parfaitement les caractéristiques des différents types de réseaux.

AU PLAN QUALITATIF	
Réseaux de connaissance générale et de gestion	Réseau "Usages"
<p><u>Contexte</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Eaux souterraines - (ensemble de systèmes aquifères) -Système aquifère individualisé 	<p><u>Contexte</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secteur plus ou moins étendu d'un système aquifère
<p><u>Echelle</u>: National, bassin, système aquifère</p>	<p><u>Echelle</u>: Locale</p>
<p><u>Objectifs</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise en oeuvre et évaluation d'une politique des eaux souterraines (Connaissance générale: connaissance de l'évolution de la qualité des eaux des systèmes aquifères). - Gestion patrimoniale du système aquifère (développement durable) : connaissance de la qualité des eaux du système aquifère - Photographie de l'état du système aquifère à un instant donné. 	<p><u>Objectifs</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - contrôle de la qualité de l' A.E.P . - contrôle de la qualité du système aquifère à l'aval immédiat de sites de pollution potentielle - alerte à l'amont de captages d'alimentation en eau
<p><u>Outil de mesure</u> :</p> <p>Réseau qualité (Qualité générale – Pesticides – Micropolluants)</p>	<p><u>Outil de mesure</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ouvrages A.E.P. - Réseau de contrôle à l'aval immédiat des sites de pollution potentielle - Ouvrages alerte en amont des captages
<p><u>Durée d'observation</u> :</p> <p>-Pérenne</p>	<p><u>Durée d'observation</u> :</p> <p>Variable</p>
<p><u>Outil d'aide à la décision</u> :</p> <p>Modèle hydrodynamique du système aquifère + modèle hydrochimique</p>	<p><u>Outil d'aide à la décision</u> :</p> <p>Modèle hydrodynamique + modèle hydrochimique sectoriel</p>
<p><u>Financement</u>: Public</p>	<p><u>Financement</u>: Usagers</p>

AU PLAN QUANTITATIF	
Réseaux de connaissance générale et de gestion	Réseau "Usages"
<p><u>Contexte</u> :</p> <p>-Eaux souterraines - (ensemble de systèmes aquifères) -Système aquifère individualisé</p>	<p><u>Contexte</u> :</p> <p>Secteur plus ou moins étendu d'un système aquifère</p>
<p><u>Echelle</u>: National, bassin, système aquifère</p>	<p><u>Echelle</u>: Locale</p>
<p><u>Objectifs</u> :</p> <p>- Mise en oeuvre et évaluation d'une politique des eaux souterraines (Connaissance générale: connaissance de l'évolution des niveaux piézométriques des systèmes aquifères et donc des fluctuations de stocks). - Gestion patrimoniale du système aquifère (développement durable) :</p> <p>Photographie de l'état du système aquifère à un instant donné – connaissance de l'évolution du niveau du système aquifère – calage d'un modèle hydrodynamique</p>	<p><u>Objectifs</u> :</p> <p>- mesures de caractéristiques hydrauliques - études d'aménagements - suivi d'impacts - alerte pour abaissement ou remontée de niveau piézométrique</p>
<p><u>Outil de mesure</u> :</p> <p>Réseau piézométrique pérenne (Niveau) Réseau de sources (Débit)</p>	<p><u>Outil de mesure</u> :</p> <p>Piézomètre de contrôle / Suivi éventuellement temporaire Réseau de sources (Débit)</p>
<p><u>Durée d'observation</u> :</p> <p>Pérenne</p>	<p><u>Durée d'observation</u> :</p> <p>Variable</p>
<p><u>Outil d'aide à la décision</u> :</p> <p>Calcul prévisionnel des tendances Modèle hydrodynamique du système aquifère</p>	<p><u>Outil d'aide à la décision</u> :</p> <p>Modèle hydrodynamique sectoriel</p>
<p><u>Financement</u>: Public</p>	<p><u>Financement</u>: Usagers</p>

Annexe 2

Sélection des sites de surveillance des eaux souterraines à l'aide d'un « modèle conceptuel »

Stratégie du groupe de travail « Monitoring »

Le groupe de travail monitoring recommande que la surveillance des eaux souterraines soit basée sur la compréhension du système hydrogéologique (de ses écoulements et des pressions qu'il supporte). Cette compréhension du système peut être représentée de façon simplifiée par un modèle conceptuel.

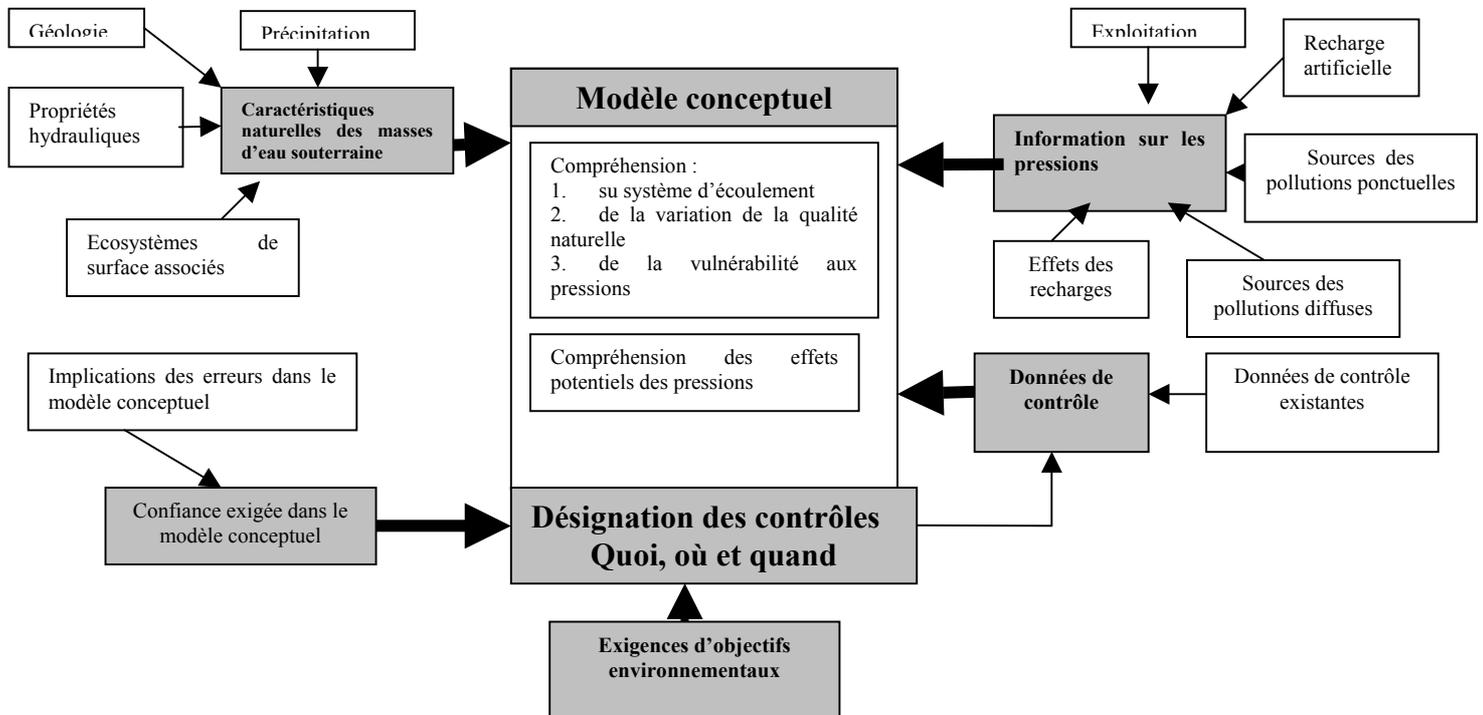


Figure 6: définition d'un modèle conceptuel.

Annexe 3

Paramètres à analyser pour le contrôle de surveillance

1/ PARAMETRES DU RNES

<i>Physico-chimie in situ</i>	Température
	Conductivité
	pH
	Eh
	Oxygène dissous
<i>Eléments majeurs</i>	HCO ₃ ⁻
	CO ₃ ²⁻
	Cl ⁻
	SO ₄ ²⁻
	Ca ²⁺
	Mg ²⁺
	Na ⁺
	K ⁺
<i>Matières organiques oxydables</i>	Oxydabilité au KMnO ₄ à chaud en milieu acide
	Carbone Organique Dissous (COD)
<i>Matières en suspension</i>	Turbidité
	Fer total
	Manganèse total
<i>Minéralisation et salinité</i>	Dureté totale
	SiO ₂
	F ⁻
<i>Composés azotés</i>	NO ₃ ⁻
	NH ₄ ⁺
<i>Micropolluants minéraux</i>	Sb
	As
	B
	Cd
	Cr total
	Cu
	CN ⁻
	Hg
	Ni
	Pb
	Se
	Zn
<i>Micropolluants organiques</i> <i>Environnement rural</i>	Organochlorés : - lindane ou γHCH, - métolachlore, - métazachlore
<i>Environnement rural ou industriel/urbain</i>	Organoazotés : - atrazine, - simazine, - déséthyl atrazine, - déséthylsimazine, - terbuthylazine
<i>Environnement rural ou industriel/urbain</i>	Urées substituées : - diuron, - isoproturon, - chlortoluron
<i>Environnement industriel et/ou urbain</i>	Composés Organo-halogénés Volatils (COV) :

	<ul style="list-style-type: none">- tétrachloroéthylène,- trichloroéthylène ou trichloroéthène,- chloroforme,- tétrachlorure de carbone- 1,1,1 trichloroéthane
--	--

2/ Autres paramètres à analyser en fonction de l'environnement de la masse d'eau

D'après l'annexe VIII de la Directive Cadre :

- Composés organophosphorés,
- Composés organostanniques,
- Hydrocarbures persistants et substances organiques toxiques persistantes et bio-accumulables,
- Produits biocides et phytopharmaceutiques.

A cette substances on rajoutera pour le suivi des pesticides les listes établies par les groupes régionaux « phyto » (**listes SIRIS régionales**).

Annexe 4

Métrologie des données quantitatives

François Lebert (BRGM)

PRATIQUE DE LA MESURE PIEZOMETRIQUE

Principes de mesure

Le dispositif de mesure du niveau libre de l'eau des nappes souterraine est un piézomètre, constitué essentiellement de deux éléments:

- d'un forage permettant l'accès au niveau de l'eau,
- d'un instrument de mesure fixe ou mobile permettant de mesurer la position du niveau d'eau dans le forage.

La mesure réalisée est celle de la différence d'altitude entre un repère local et le niveau d'eau dans le forage. C'est en général suffisant pour répondre à des besoins locaux. En revanche quand l'étude est faite à l'échelle d'une unité aquifère, et que :

- plusieurs piézomètres sont utilisés en réseau,
- l'intérêt de l'étude porte sur la connaissance globale de l'unité,
- des prévisions par modélisations numériques sont souhaitées,

alors le niveau de l'eau doit être connu dans le réseau par rapport à un repère commun unique dont l'altitude est connue avec une précision au moins équivalente à celle des mesures piézométriques. Le Protocole du 29 juillet concernant le réseau national de connaissance des eaux souterraines, entre la Direction de l'Eau et les Agences de bassin, indique que les nivellements doivent être réalisés en NGF système IGN 69. Il faut noter que le système IGN 69 a été remplacé par le système RGF 93 pour les études nationales de niveau (système lié au GPS). Ce changement peut introduire une possibilité d'erreur de plusieurs mètres en cas de mélange des références de niveau.

Le forage

Le forage est, en principe, le plus coûteux des éléments permettant la mesure de niveau d'eau. Cependant, il est souvent fait appel à la récupération de puits ou de forages existants mais désaffectés, ce qui diminue fortement l'investissement nécessaire, même en tenant compte des dépenses d'aménagement pour, selon les cas :

- pérenniser son accès,
- adapter le site aux instruments utilisés,
- installer les infrastructures nécessaires au bon fonctionnement des installations et à leur protection.

Les instruments de mesure

Les capteurs et les méthodes de mesures

Plusieurs méthodes sont actuellement utilisées pour réaliser la mesure de piézométrie (Cf. tableaux 1). D'un point de vue métrologique, on distinguera principalement les mesures directes des mesures indirectes. Cette distinction porte sur le champ d'action des capteurs. Les premières utilisent des capteurs indiquant le niveau de l'eau (cellule électrique, flotteur), alors que les dernières utilisent des capteurs immergés sensibles à la grandeur associée à la hauteur d'eau au-dessus d'eux : la pression (capteurs pressiométriques). Comme toutes les mesures indirectes, la mesure de pression n'est pas simplement équivalente à la mesure directe du niveau d'eau. Ces dispositifs sont également sensibles à des grandeurs secondaires (pression atmosphérique, température pour l'essentiel). Par ailleurs, les capteurs de pression semblent tous avoir une dérive propre liée au temps, indiquée par des courbes de dérive données par certains constructeurs, mais pas par tous. La tendance des constructeurs est d'intégrer le mécanisme de correction au niveau du capteur ou de l'enregistreur. Cela accroît la complexité du système et ne permet pas toujours de séparer les variations de la mesure liées aux fluctuations réelles de niveau d'eau, des variations liées aux imperfections des corrections.

De plus, dans la plupart des cas, la mesure réalisée n'est pas absolue. C'est à dire que l'instrument mis en place présente une bonne sensibilité, permettant de suivre les variations fines, mais que sa justesse est inférieure et ne permet pas d'obtenir des mesures absolues de qualité équivalente. Seule la sonde électrique est réputée pour sa justesse ; dans tous les autres cas, l'usage généralement établi est d'étalonner, calibrer et caler les valeurs absolues et les taux de variations mesurés par ceux obtenus avec la sonde électrique. Là encore, une partie des manipulations nécessaires des données recueillies est assurée par des dispositifs introduits par le constructeur dans ses appareils.

Les méthodes d'enregistrement et de collecte des mesures

Les méthodes d'enregistrements et de collecte des mesures sont très diverses (cf. tableaux 2 et 3) ; plusieurs phénomènes sont cependant notables :

- une évolution technique tendant à automatiser et mécaniser le processus de mesure (depuis la mesure manuelle enregistrée sur papier par un opérateur, à la mesure numérique télé transmise) ;
- l'augmentation des cadences de mesure (depuis la mesure mensuelle à la mesure pluri-journalière) que permettent les évolutions techniques, mais qui répond à une demande locale ou centrale des consommateurs de données (associations d'acteurs économiques, Collectivités, administrations, ...) ;
- la variété des cahiers des charges reflétant les différents regards des maîtres d'ouvrages et des cofinanceurs des réseaux.

Le processus de mesure

Le travail de mesure est différent selon l'instrument de mesure utilisé, en particulier de son niveau d'automatisation qui diminue la charge d'activité humaine. Ce travail est généralement constitué des étapes suivantes :

- acquisition des données, c'est à dire réalisation de la mesure sur site avec ou sans stockage provisoire (mesure par opérateur, enregistrement analogique ou numérique),
- collecte des données, c'est à dire rassemblement et transmission au centre de production de données (tourné d'opérateur, courrier papier ou électronique, télétransmission numérique,
- validation des données, c'est à dire vérification de la pertinence des mesures et de leur qualité.

Comme beaucoup de processus de mesure, la mesure piézométrique n'est pas un processus simple. Elle nécessite donc un minimum de soin et de contrôle, ce qui explique les différentes procédures de validation mise en place par les producteurs de données.

La donnée validée est ensuite centralisée et diffusée.

OFFRE MATERIELLE DISPONIBLE

L'offre matérielle disponible est diversifiée ; en particulier tous les fournisseurs de capteurs de niveau de fluide (qui interviennent généralement en environnement industriel) fournissent également un capteur dévoué à la mesure piézométrique. Toutefois leurs représentants ne sont généralement pas conscients des spécificités de ce type d'installation. L'offre la plus adaptée est bien évidemment celle de sociétés spécialisées qui ont étudié leurs produits pour cela. Il semble que l'on rencontre trois types de fournisseurs dont l'offre n'est pas équivalente. Certains souhaitent prendre en charge des clients novices, d'autres s'adressent plutôt à des clients plus avertis techniquement :

- Les bureaux d'études indépendants, ne représentant qu'eux-mêmes ou associés à un fabricant ou encore fabricants eux-mêmes, fournissent des solutions « clefs en mains ».
- Les fabricants généralistes vont proposer des instruments spécialisés, basés sur une technologie particulière. Ces matériels ne viseront qu'un marché particulier de notre domaine. Par exemple certains constructeurs ne proposent qu'une chaîne d'acquisition numérique complète en deux éléments de 20 mm de diamètre et 12 cm de long, particulièrement adaptée aux piézomètres de faible diamètre.
- Les fabricants spécialistes de la mesure piézométrique vont proposer des solutions nombreuses et variées, tant au niveau des capteurs (flotteurs, bulle à bulle, capteur de pression), des enregistreurs (limnigraphes, enregistreurs numériques), des transmissions (filaire, GSM, radio, satellite) que des logiciels de traitement. Cette attitude leur permet de s'adapter aux différents marchés qu'ils approvisionnent.

Pour effectuer les choix nécessaires et faire le tri dans cette offre diversifiée, plusieurs moyens sont à notre disposition :

- D'abord, l'expérience acquise au niveau des étages de production de mesure doit être formalisée là où ce n'est pas encore le cas et centralisée. Il n'est plus suffisant d'utiliser des impressions, il faut quantifier les éléments autant que faire se peut, et essayer de sérier

les défauts et qualités observés de manière à dissocier les différents éléments d'une chaîne d'acquisition en distinguant par exemple le capteur de l'enregistreur.

- Ensuite, Il faut enquêter auprès des constructeurs et de leurs clients, afin d'obtenir les références permettant de mettre en évidence leurs points forts et leurs points faibles.

Les points essentiels à caractériser sont :

- la fiabilité des instruments, c'est à dire leur aptitude à fonctionner correctement pendant longtemps ; un retour sur les chroniques, associé à une corrélation sur l'historique des installations peuvent seuls nous permettre de cerner cette aspect des différents matériels à notre disposition.
- Les qualités métrologiques, c'est à dire la justesse, la sensibilité, la répétitivité. En effet tout défaut en la matière renchérit le coût de l'étape de contrôle qualité et de validation des mesures.

En ce qui concerne les précisions annoncées par les différents constructeurs, on ne retiendra que quelques chiffres : pour les capteurs de pression, la précision dépend essentiellement de leur technologie :

- Céramique : 0.2 %,
- Quartz, Inox/Silicone : 0.1 %.

Ces chiffres, qui caractérisent l'incertitude de mesure des capteurs sont exprimés en pourcentage de la pleine échelle ; pour un capteur 1 bar, une incertitude de 0.1 % correspond à 1 cm, quelque soit la valeur de la mesure.

Ordre de grandeur des prix de matériel d'acquisition

Actuellement le prix d'une centrale d'acquisition numérique varie de 800 à 1 500 €, en fonction du fournisseur et de la technologie mise en œuvre.

Le prix des moyens de transmission est beaucoup plus variable : de 300 € (modem RTC) à plus de 1 000 € (modem GSM « tout-terrain »), sans compter les éventuels coûts d'infrastructures (lignes téléphoniques, abri des installations, dispositifs d'alimentation, etc...)

REPARTITION DU PARC DES RESEAUX PATRIMONIAUX FRANÇAIS

Bassin	Effectifs	manuelle	Numérique collectée	Numérique télétransmise
Artois Picardie	185			185
Seine Normandie	262	87	96	79
Loire Bretagne	268	2	43	223
Adour Garonne	65	28	29	8
Rhône Méditerranée				
Corse	106	26	63	17
Rhin Meuse	63	34	29	
totaux (%)	949	177 19%	260 27%	512 54%

CONCLUSION

- **les mesures manuelles**, souvent réalisées à faible cadence (mensuelle), sont les moins coûteuses ; en revanche cette méthode peut présenter des désavantages si des critères autres qu'économiques entrent en jeu : en particulier la pérennité du dispositif n'est pas assurée, la fréquence de mesure est faible et entraîne une incertitude sur la représentativité de la mesure vis à vis de l'état naturel de la ressource au cours du délai entre deux mesures.
- **Les mesures enregistrées** par des centrales d'acquisition numérique permettent une « certification » réelle de mesures journalières, voire pluri journalière. Ces mesures ont un potentiel d'interprétation beaucoup plus riche. Les enregistrements sur papier ou par limnigraphes, qui nécessitent une collecte et un dépouillement manuel sont progressivement abandonnés. Toutefois la collecte des enregistrements, souvent réalisées à très faible fréquence (trimestrielle), limite l'utilisation à des interprétations a posteriori.
- **Les données enregistrées et télé transmises** sont parmi les plus coûteuses, mais permettent la diffusion rapide de l'information à toutes les structures, Services de l'Etat et Collectivités Territoriales, en charge de soucis de gestion des ressources. Ceci leur confère un intérêt opérationnel que ne possèdent pas les données collectées manuellement.

La mesure numérique télé transmise est la solution la plus efficace, vers laquelle de nombreux opérateurs tendent actuellement à se tourner. Cette procédure de travail permet d'obtenir une mesure fiable et disponible à la demande (pratiquement, une mesure validée par jour, assurée par l'enregistrement de mesure pluri-journalière). Ce dispositif permet également d'adapter la fréquence de mesure au cours de périodes critiques sans pratiquement de surcoût. Il est alors par exemple possible, lorsqu'il y a des pointes de crue, de situer l'heure de celle-ci quelque en soit le moment, et sans mise en œuvre de moyen particulier. Les évaluations quantitatives des recharges et des relations pluie – niveau gagnent en précision.

Méthodes de mesure		Principes physique	Avantages	Inconvénients
Méthodes directes du niveau d'eau	Sonde électrique	<p>Une cellule électrique alimentée par pile permet de détecter le niveau d'eau par réponse en « tout ou rien » :</p> <ul style="list-style-type: none"> • au-dessus du niveau d'eau = circuit ouvert, • en dessous du niveau d'eau = circuit fermé. <p>La sonde est au bout d'une chaîne de mesure graduée en mètres. L'état du circuit est détecté par une lampe ou une sonnerie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investissement faible, • Précision centimétrique • Dispositif unique et mobile permettant la surveillance de plusieurs piézomètres • Permet la mesure absolue du niveau piézométrique. 	Mesure manuelle non automatisée ; nécessite 1 opérateur (formation, bonne volonté, déplacement, disponibilité)
	Flotteur	<p>Un flotteur, posé sur le niveau de l'eau en suit naturellement les variations. Le flotteur est relié à la surface au système de mesure par une liaison mécanique (câble, poulie, ressort, contrepoids). Les mouvements mécaniques sont alors mesurés et enregistrés</p>	Permet la mesure directe, l'enregistrement et la transmission par toute méthode	<ul style="list-style-type: none"> • Entretien mécanique • Dimensions (4'' minimum) • Forage vertical et peu profond
Méthodes indirectes	Bulle à bulle	<p>De l'air est lâché dans l'eau, au bout d'un tuyau immergé, à une pression tout juste supérieure à la pression ambiante.</p> <p>La pression d'injection de l'air, généralement asservie électroniquement, est mesurée en surface ; elle est équivalente à la pression dans l'eau, au niveau du point d'échappement des bulles.</p> <p>Les variations de pression sont équivalentes aux variations de niveau</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permet la mesure indirecte, l'enregistrement et la transmission par toute méthode • Faible diamètre (1'') 	Source d'énergie importante nécessaire pour alimenter un compresseur.
	Sonde piéssiométrique	<p>Une sonde électronique de mesure de pression utilisant un capteur à quartz ou à céramique est descendue sous le niveau d'eau. la sonde délivre une sortie en tension ou en courant standardisée proportionnelle à la pression subie par le capteur et selon des gammes prédéfinie (0-1 bars, 0-2 bars, 0-5 bars). La précision relative est généralement constante pour un capteur, indépendamment de la gamme de niveau de sortie.</p> <p>Les variations de pression mesurées sont équivalentes aux variations de niveau d'eau</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permet la mesure indirecte, l'enregistrement et la transmission par toute méthode • Faible diamètre (1'') • Capteur sensible à des grandeurs secondaires. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dérive des capteurs en début de vie (capteurs céramiques, plus chers) ou constante (capteurs à quartz, moins chers) • Incertitude absolue proportionnelle au maximum de sa gamme de fonctionnement.

Tableau 1 : Méthodes de mesures piézométriques

Méthodes d'enregistrements	Principes	Avantages	Inconvénients
Manuelle	Relevé des mesures par opérateur résident ou au cours de tournées	Faible investissement	<ul style="list-style-type: none"> • Enregistrement et collecte non automatisés. • Fiabilité équivalente à celle de l'opérateur (formation, bonne volonté, déplacement, disponibilité). • Travail humain important, donc coûts d'exploitation pouvant être importants.
Graphique	Enregistrement analogique continu assuré par une liaison mécanique ou électronique entre le capteur et l'enregistreur à plume à entraînement mécanique (remontoir) ou électrique.	Existe et fonctionne encore (Incrévable)	<ul style="list-style-type: none"> • Durée d'enregistrement limitée par la taille du tambour et/ou la pérennité de sa source d'énergie de l'enregistreur graphique (batterie, remontoir). • Collecte non automatisés et dépouillement des mesures manuel (généralement long eu égard au nombre de données collectées). • Système ancien et dépassé.
Numérique	Enregistrement numérique après conversion analogique numérique des signaux émis par les capteurs sous forme standardisée : en tension : 1-5 V ; ou en courant : 4-20 mA .	L'état actuel des techniques numériques permet de se fournir en instrument souple d'usage (installation, exploitation), disposant de volume important de mémoire de stockage, consommant peu d'énergie.	<ul style="list-style-type: none"> • Ses qualités et le manque d'infrastructures font que les instruments de ce type sont laissés sans surveillance pendant de longues périodes d'enregistrements sans contrôles ni transmission des données. • La collecte et surtout la validation des données devient longue et parfois hasardeuse puisque les instruments ne sont pas surveillés. • Si un système tombe en panne, les mesures de toute une période peuvent être perdues.

Tableau 2 : Méthodes d'enregistrements

Cahier des charges pour l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines en France

Type de collecte		Description	Avantages	Inconvénients
Par « observateur »		<p>L'observateur est un opérateur résident, non-spécialiste. Son intervention reste limitée :</p> <ul style="list-style-type: none"> • mesure avec l'instruments le plus simple (sonde électrique) ou lecture d'un afficheur (analogique ou numérique) • transmission de la mesure (téléphone, fax, courrier, etc ...). 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible investissement instrumental (sonde électrique ou usage d'installation de tiers). • Faibles coûts d'exploitation (l'observateur qui n'appartient pas nécessairement au personnel de la société opératrice, est responsabilisé par gratification, par son sens civique ou d'autres ressorts psychologiques). 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible fréquence de mesure (le plus souvent mensuelle). • Fonctionnement et continuité non assurée (soumis à arrangement personnels des individus). • Performance de la mesure non assurée.
Par collecte d'opérateurs	La collecte des données par opérateurs reste la plus générale des pratiques, mais recouvre des situations très différentes en fonction de l'instrument utilisé	<p><u>Mesure manuelle</u> : l'opérateur réalise simultanément la mesure, l'enregistrement et la collecte de l'information au cours de tournée lui permettant de visiter différents sites selon un circuit préétabli.</p>	<p>Faible investissement instrumental (sonde électrique).</p>	<p>Coûts d'exploitation pouvant devenir élevés si la fréquence de mesure ne reste pas faible (généralement mensuelle).</p>
		<p><u>Mesure par enregistreur graphique</u> : l'opérateur collecte l'information enregistrée sur des graphes en papier, au cours de tournée lui permettant de visiter différents sites selon un circuit préétabli.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investissement instrumental faible à très faibles (instruments anciens déjà amortis) • Grande longévité des installations. 	<p>Instruments souvent anciens, présentant des durées d'enregistrement courtes donc demandant des tournées fréquentes.</p>
		<p><u>Mesure par enregistreur numérique</u> : l'opérateur collecte sur site l'information enregistrée sous forme numérique par transfert vers un ordinateur portable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure automatisée réalisée à fréquence élevée (journalière ou pluri-journalière) • Evolution rapide du matériel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériel récent ; même si la fabrication en série importante des éléments constituant la centrale d'acquisition diminue les coûts, l'équipement global d'un parc, puis son renouvellement périodique deviennent des charges lourdes. • Evolution rapide du matériel. • Longues périodes sans mise à jour des données, à cause de la périodicité des collectes généralement longue (trimestrielles) ; les historiques complets sont bien enregistrés, mais ne sont pas immédiatement disponibles.
Télétransmission		<p>Mesure par enregistreur numérique et télétransmission des données à travers les réseaux suivants, en fonction des infrastructures locales :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réseau téléphonique filaire, • Réseau téléphonique GSM, • Réseau radio local, • Réseau de transmission satellite. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure automatisée réalisée à fréquence élevée (journalière ou pluri-journalière) permettant : <ol style="list-style-type: none"> 1. la surveillance constante des instruments (contrôle de la disponibilité des instruments et des mesures), 2. le suivi continu de la qualité des mesures (pré-traitement statistique des données pour en assurer la représentativité, détection d'événements ponctuels), 3. la mise à disposition rapide des données (délais couramment pratiqués de moins d'une semaine) • Evolution rapide du matériel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prix de ses qualités. • Matériel récent ; même si la fabrication en série importante des éléments constituant la centrale d'acquisition diminue les coûts, l'équipement global d'un parc, puis son renouvellement périodique deviennent des charges lourdes. • Investissement complémentaire en infrastructure souvent nécessaire. • Besoin en personnel qualifié spécialisé (parfois sous-traitée). • Evolution rapide du matériel.

Tableau 3 : Méthodes de collecte de données

Annexe 5

Synthèse sur l'utilisation d'un enregistrement continu pour la surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines

Ariane Blum (IFEN)

Il existe aujourd'hui plusieurs méthodes de mesure et d'enregistrement des données quantitatives (cf. note de F. Lebert, annexe 4). A l'heure actuelle, aucune norme ne recommande l'une ou l'autre de ces méthodes et on constate que les réseaux sont équipés de dispositifs de mesure et d'enregistrement différents. Le choix de la méthode de mesure se fait en fonction des moyens financiers disponibles et des contraintes techniques imposées par l'environnement du site.

Cependant, parmi les méthodes existantes, l'une d'entre elle mérite d'être considéré plus en détail. Il s'agit de l'enregistrement numérique des données avec télétransmission. Dans certains cas, cette méthode peut en effet s'avérer très avantageuse (aquifères mal connus ou fortement sollicités). Il convient donc d'évaluer les avantages et les inconvénients de ce dispositif et d'identifier si dans certains cas son utilisation ne doit pas être recommandée.

Les avantages de l'enregistrement numérique

Le principal avantage de l'enregistrement numérique télétransmis est son efficacité. Une telle procédure permet en effet de disposer rapidement de mesures fiables. Cet aspect opérationnel est essentiel pour assurer au niveau des Services de l'Etat et des Collectivités locales une bonne gestion de la ressource. Il permet également de répondre aux objectifs fixés par l'article 14 de la Directive sur l'information et la consultation du public. Les données télétransmises pourront en effet rapidement et efficacement alimenter les systèmes d'information prévus pour le public.

Ce type de mesure permet d'autre part d'avoir une bonne connaissance de la ressource, de ses variabilités et surtout des ses réactions vis à vis des activités humaines. Des mesures mensuelles de la piézométrie ne permettent pas d'identifier l'impact des pompages sur la ressource, tandis qu'un enregistrement continu permet de corrélérer les prélèvements aux variations de niveau des nappes. Ce dernier point est essentiel pour répondre aux objectifs d'évaluation des pressions anthropiques de la Directive.

Par la finesse des données qu'il fournit l'enregistrement continu permet également de répondre à différents objectifs depuis la gestion à l'échelle nationale jusqu'à l'appui local à la police de l'eau.

Enfin, la mesure numérique et télétransmise permet d'adapter la fréquence de mesure au cours des périodes critiques sans surcoût conséquent.

Les inconvénients de l'enregistrement numérique

La principale limite de la mesure numérique et télétransmise est liée au coût du matériel (cf. annexe 4).

L'autre inconvénient majeur de ces dispositifs est lié à l'accessibilité des points de mesure. Ces dispositifs sont en effet souvent volumineux et exigent un minimum d'espace autour du point d'eau. En outre, il est fréquent que le point de mesure soit situé sur un terrain privé. Le propriétaire du site peut alors parfaitement refuser l'installation d'un matériel encombrant et disgracieux.

Il existe également un certain nombre d'inconvénients techniques :

- le risque de panne lié aux variations de températures, au vandalisme ou à tout autre aléa technique (des visites régulières restent donc nécessaires pour assurer la maintenance du matériel si les données ne sont pas télétransmises)
- le risque de perte de données sur une longue période si les résultats ne sont pas télétransmis
- la nécessité d'une alimentation téléphonique par câble ou par modem si les données sont télétransmises, ce qui constitue un investissement supplémentaire en infrastructures
- l'évolution technique rapide du matériel (nécessitant un renouvellement fréquent et donc coûteux)
- le besoin en personnel qualifié spécialisé

Conclusion

En conclusion si, pour des raisons de coût et d'accessibilité principalement, le recours à la mesure numérique et télétransmise ne peut être systématique, il convient dans certains cas d'étudier les possibilités d'utilisation de ces dispositifs. Cette méthode peut en effet s'avérer très utile pour des aquifères dont le fonctionnement est mal connu (ce qui est pourtant indispensable à une bonne gestion du système) et dans le cas de nappes fortement sollicitées par les activités humaines.

Il est envisageable de disposer, pour la Directive Cadre, d'un réseau composite constitué à la fois de sites de mesures traditionnels et de sites équipés d'enregistreurs numériques.

Annexe 6

Les réseaux de surveillance des pollutions ponctuelles

Jean-Luc Terreyre (MEDD/DPPR)

1 - La protection de la ressource en eau potable et les pollutions ponctuelles des eaux souterraines liées aux activités industrielles - la politique nationale dans le domaine des sites et sols pollués -

Les pollutions ponctuelles proviennent des sites industriels en activité, des sites et sols pollués, des transports de matières dangereuses.

La prévention et/ou la maîtrise des menaces que peuvent présenter les sites industriels en activité et les sols pollués relèvent notamment de l'application de la législation des installations classées ou de celle relative aux déchets.

1.1 Les sites en activité

Le stockage, la manipulation et l'emploi de substances dangereuses peuvent être à l'origine d'une pollution des sols, et par là même, d'une atteinte des eaux souterraines si certaines précautions ne sont pas respectées. Depuis de nombreuses années, la réglementation des installations classées prévoit ces dispositifs de prévention: cuvettes de rétention, moyens d'intervention ou de confinement en cas de déversement accidentel, contrôles de l'état des stockages, gestion appropriée des déchets,...

Ceci n'est pas toujours suffisant. Ainsi un écoulement minime de polluants persistants, mais répété de très nombreuses fois, peut au final altérer la qualité des eaux souterraines.

La réglementation impose donc la mise en place d'une surveillance des eaux souterraines pour les activités où le danger potentiel est le plus important ou l'occurrence d'une pollution des nappes la plus élevée.

1-2 Les sites et sols pollués

L'exemple du site de Louvres en région parisienne (cf. fiche jointe) illustre bien les conséquences graves que peuvent avoir les sols pollués sur la ressource en eau potable. Dans ce cas, 3 captages AEP ont dû être arrêtés.

Il est aussi révélateur de la problématique des sites et sols pollués, en mettant en exergue les points suivants :

- les sols pollués sont la conséquence de notre passé industriel,
- ce n'est pas tant la présence de polluants dans le sol qui pose problème mais le fait qu'ils puissent être mobiles et atteindre une cible,

- l'impact d'un site pollué, lorsqu'il existe, concerne les eaux souterraines dans la quasi totalité des cas,
- conserver la mémoire d'un site pollué et veiller à l'information des opérateurs ou aménageurs sont indispensables pour éviter qu'un site, actuellement sans impact, le devienne par suite de travaux ou d'une nouvelle affectation inappropriée.

La politique nationale en matière de sites et sols pollués tient compte de tous ces éléments, en axant les actions sur la **prévention**. D'abord, en évitant que de nouveaux sites pollués se forment, comme indiqué supra. Mais aussi, en s'attachant à ce que l'impact d'un site soit détecté au plus tôt et, si besoin, surveillé. D'où une demande ferme du ministère pour que l'ensemble des sites pollués appelant une action des pouvoirs publics fassent l'objet d'une surveillance des eaux souterraines.

Eviter des travaux inappropriés est aussi un moyen de prévention. Pour ce faire, des servitudes peuvent être mises en place sur les sites pollués.

En outre, à l'initiative du ministère de l'environnement, deux sortes d'inventaires sont réalisés, à savoir :

- les inventaires historiques régionaux, qui permettent de reconstituer le passé industriel d'un territoire. Un opérateur immobilier, un acquéreur,... peuvent ainsi disposer de l'information que sur les terrains qui les intéressent, une activité potentiellement polluante a été exercée. Ces inventaires devraient être achevés d'ici 2005 et recenser entre 300 et 400 000 sites. Les données de ces inventaires historiques sont disponibles sur internet ; actuellement 40 % des départements sont couverts.
- le tableau de bord de l'action des pouvoirs publics, qui reprend les sites sur lesquels une action est engagée ou prévue. Un peu plus de 3 000 sites sont concernés et la base de données correspondante est consultable sur le site internet du ministère.

Outre leur rôle d'information, ces inventaires permettent des opérations plus spécifiques dans l'objectif d'une meilleure protection de la ressource en eau. Ainsi, leurs données peuvent être utilisées pour recenser les menaces pouvant affecter une ressource vulnérable (p. e., un champ captant) et décider des mesures de protection qui s'imposent.

Enfin, la protection de la ressource en eau est un enjeu prioritaire à considérer pour le traitement d'un site pollué, au même titre que la protection de la santé de l'homme. La circulaire ministérielle du 10 décembre 1999 relative aux objectifs de réhabilitation des sites pollués le mentionne expressément. Sous l'égide du ministère, une méthodologie a été développée et publiée pour évaluer les risques que peuvent présenter les sols pollués vis-à-vis des eaux souterraines et ainsi déterminer les travaux nécessaires à leur protection.

La politique nationale peut se résumer ainsi :

PREVENIR – TRAITER / REHABILITER – CONNAITRE

La mise en place d'une surveillance n'est pas une fin en soi, il faut aussi suivre l'évolution dans le temps et si nécessaire, se donner les moyens de réduire le risque.

La gestion du risque s'exprime sous la forme **R = f (Source, Transfert, Cible)**, avec des actions envisageables et notamment :

- la suppression de la source
- le confinement de la source, assurant ainsi la suppression du transfert,
- la suppression de la cible (ex : fermeture du captage, ou son déplacement),
- le traitement des impacts, en particulier ceux sur les eaux souterraines (suite à une évaluation des risques)

En éliminant la source, en supprimant la voie de transfert, ou en supprimant la cible le risque n'existe plus.

2 – Le contexte réglementaire

- **Le Code de l'environnement et plus particulièrement l'article L 511 –1** qui est très général.

Viennent ensuite un décret, trois arrêtés et deux circulaires.

- **Le Décret 77/1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76- 663 du 19 juillet 1976 pour la protection de l'environnement,**

en particulier **l'article 3** qui liste les pièces jointes à la demande d'autorisation (alinéa **d** du 4° point), qui reprend le Décret 2000-258 du 20 mars 2000 - article 1°: «Ces documents indiquent les performances attendues, notamment en ce qui concerne la protection des eaux souterraines,.....ainsi que leur surveillance.....»

et

l'article 34.1 qui prévoit que lors d'une mise en arrêt définitive, une installation classée soumise à autorisation présente un mémoire précisant les mesures prises ou prévues pour assurer la protection des intérêts visés à l'article L 511-1 du Code de l'environnement et pouvant comporter notamment (.....) en cas de besoin, la surveillance de l'impact de l'installation sur son environnement. (note du rédacteur de la note : en particulier la surveillance de l'impact sur les eaux souterraines).

- **L'article 7 de la circulaire du 9 novembre 1989** relative aux dépôts anciens de liquides inflammables qui stipule que « des puits de contrôle (piézomètres) seront situés en amont (un) et en aval (deux) du dépôt par rapport au sens d'écoulement de la nappe. La qualité des eaux sera vérifiée au moins une fois par an et quotidiennement pendant une semaine après chaque incident notable (débordement de bac, fuite de conduite) ».

- **L'arrêté du 3 août 2001 portant révision de l'article 65 de l'arrêté du 2 février 1998,** liste les catégories d'installations classées soumises à surveillance piézométrique. Il est prévu notamment l'implantation de deux puits au moins en aval du site sur la base des conclusions d'une étude hydrogéologique, au moins 2 prélèvements et analyses annuelle sur des substances pertinentes. Le texte est présenté en annexe.

- **La circulaire du 3 avril 1996** concernant la réalisation de diagnostics initiaux (DI) et de l'évaluation simplifiée des risques (ESR) sur les sites industriels en activité, dont les secteurs d'activités sont listés en annexe à la circulaire.

Sur les 3 niveaux de classement (1 à 3) à l'issue de l'évaluation, les sites en classe 2 doivent nécessairement être surveillés au regard de la pollution des eaux souterraines. Les sites en classe 3 sont banalisables; les sites en classe 1 doivent être traités ou faire l'objet d'études plus approfondies, en attendant que les études ou les travaux soient menés, la surveillance des eaux souterraines s'impose logiquement.

Pour les surveillances des eaux souterraines au droit des décharges, l' **arrêté du 9 septembre 1997 modifié par l'arrêté du 31 décembre 2001** fixe à l'article 40 et suivants les modalités de contrôle des eaux des installations de stockage de déchets ménagers et assimilés.

L' **arrêté du 18 décembre 1992** (en cours de modification) relatif au stockage de certains déchets industriels spéciaux ultimes et stabilisés pour les installations existantes (JO du 30 mars 1993) fixe à l'article 29 les modalités de contrôle des eaux souterraines.

Ces divers textes, figurant en annexe, sont utilisables pour prescrire aux exploitants des installations classées, par voie d'arrêté préfectoral, des mesures de surveillance des eaux souterraines

3 - Situation actuelle de la surveillance des eaux souterraines des installations classées

A la date du 25 septembre, sur un total de 3384 sites inscrits dans la base BASOL, 1689 disposent d'une surveillance des eaux souterraines. L'objectif du MEDD consiste à avoir 2000 sites surveillés d'ici la fin de l'année.

Evolution de la surveillance au cours des 7 dernières années.

année	1996	1998	2000 (base datée au 02/01)	2002 (base datée au 02/02)	2002 (base du 25/09)
Nombre de sites avec surveillance	161	187	1064	1405	1689
Nombre de sites inventoriés *	1023	1023	2963	3345	3494
Ratio	15,7 %	18,3 %	35,9 %	42%	48 %

* nombre de sites figurant dans le tableau de bord BASOL

L'application des dispositions de l'arrêté du 3 août 2001 portant révision de l'article 65 de l'arrêté du 2 février 1998 donne 1 an à compter du 7 d'octobre 2001 aux installations classées existantes soumises à ces dispositions pour se mettre en conformité. D'ici la fin de l'année nous saurons avec une certaine précision le nombre de sites placés sous surveillance piézométrique avec ce texte.

Les sites soumis à ESR (évaluation simplifiée des risques) sont en général inscrits dans BASOL et leur classement également. Les sites classés 2 seront tous mis sous surveillance.

S'agissant des dépôts de liquides inflammables, sites sont comptabilisés. Une bonne partie d'entre eux se retrouvent par ailleurs dans Basol du fait qu'ils sont aussi soumis à ESR.

D'ici le 1^o semestre 2003, l'ensemble de ces différentes dispositions devrait conduire à ce que 3 à 4000 sites environs soient sous surveillance.

S'agissant des dispositifs de surveillance des eaux souterraines liés aux décharges, 347 décharges autorisées de classe 2 (plus de 3 000 tonnes par an) sont surveillées et 15 centres relatif au stockage de certains déchets industriels spéciaux ultimes et stabilisés le sont également.

4 – Les références techniques permettant l'installation des dispositifs de surveillance et leur suivi.

Un guide et deux fascicules de documentation Afnor fournissent des informations et des références techniques pour mettre en place et suivre la qualité de l'eau souterraine :

- Guide méthodologique pour la mise en place et l'utilisation d'un réseau de forages permettant d'évaluer la qualité de l'eau souterraine au droit ou à proximité d'un site (potentiellement) pollué
- AFNOR FD X 31-614 relatif à la réalisation d'un forage de contrôle de la qualité de l'eau souterraine
- AFNOR FD X 31-615 relatif aux prélèvements et à l'échantillonnage des eaux souterraines dans un forage

Le guide méthodologique de mai 1996 préparé par le MEDD avec le BRGM, intitulé « conception d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines au droit d'un centre de stockage de déchets, ultimes ou non, peut également servir de référence.

5 – La bancarisation des données

Actuellement les résultats de « l'auto-surveillance » sont transmis par les exploitants à l'Inspection des installations classées, sous forme de tableaux ou de graphes. En observation on note les points qui semblent « anormaux », et l'exploitant doit proposer à l'inspection des installations classées les actions correctives qui paraissent nécessaire.

Les données ne sont pas bancarisées.

Rien n'interdit que ces données soient collectées à l'échelle régionale pour y être traitées et exploitées. Il faudrait, si cette perspective était envisagée dégager quelques moyens supplémentaires, et permettre que cette bancarisation soit aussi simple que possible.

La banque ADES semble être un lieu de stockage à privilégier dans le cas où la bancarisation deviendrait une option retenue. La confidentialité de certaines données peut éventuellement, être posée.

6 – La surveillance des pollutions ponctuelles anciennes

Les situations sont à examiner au cas par cas en prenant en compte l'existence d'un captage à l'aval des sites potentiellement pollués. Dans de nombreuses circonstances, les pollutions sont anciennes et stabilisées, et le risque est moindre.

7 - Sur quelles données portent la surveillances

Chaque prescription est spécifique, fonction du type d'activités exercées (ou ayant été exercées) sur le site, des produits stockés, utilisés, fabriqués, sur le site, ou des pollutions des sols mises en évidence. La fréquence des analyses et leur variation sont explicités dans le guide méthodologique pour la mise en place et l'utilisation d'un réseau de forages permettant d'évaluer la qualité de l'eau souterraine au droit ou à proximité d'un site (potentiellement) pollué.

Le guide sur le comportement des polluants dans le sol et les nappes préparé par le MEDD et publié aux éditions BRGM en 2001 donne une vision assez complète des substances chimiques habituellement rencontrées dans les cas de pollution ponctuelles.

La page « situation » de BASOL précise les familles de polluants susceptibles d'être rencontrés : As – Ba – Cd – Co - Cr – Cu – Hg – Mo – Ni - Pb – Se – Zn – hydrocarbures - H.A.P. – Cyanures - PCB-PCT - Solvants halogénés - Solvants non halogénés – Pesticides - Autres :

8 - La connaissance du réseau

Il s'agit de réseaux ponctuels et spécifiques. Le géoréférencement des ouvrages de surveillance est une donnée dont nous ne maîtrisons pas pour le moment ni l'existence ni la qualité de l'information saisie dans le cas où elle existe.

9 - Démarrage des 1° mesures de surveillance.

Une toute petite dizaine d'année de recul .

10 – Coût de la surveillance des pollutions ponctuelles

L'ensemble des coûts, de la réalisation des ouvrages aux présentations des résultats des analyses est à la charge de l'exploitant.

Annexe 7

Stratégie de surveillance des eaux souterraines pour la Directive « Nitrates »

Philippe Jannot (MEDD/DE)

La directive Nitrates a prévu un programme de surveillance de la concentration en nitrates dans les eaux douces pendant une période d'un an et de reprendre ce programme au moins tous les quatre ans. Ce programme de surveillance doit permettre d'identifier les eaux polluées et de définir ensuite les zones vulnérables.

Le 1^{er} programme de surveillance s'est déroulé de septembre 1992 à août 1993, le second de septembre 1997 à août 1998 et le 3^{ème} d'octobre 2000 à septembre 2001.

Le programme de surveillance comporte actuellement 3052 points en eau souterraine. Ces points ont été choisis pour refléter les activités agricoles. Leur répartition est relativement homogène sur l'ensemble du territoire avec toutefois de fortes densités en Alsace, Haute Normandie et Franche Comté.

La majorité des points en eaux souterraines appartiennent au réseau DDASS de contrôle sanitaire des eaux destinées à l'alimentation en eau potable (eaux brutes) soit 2626 points. 211 points appartiennent au suivi patrimonial de connaissance générale des eaux et 213 points ont d'autres finalités.

Le nombre de points de surveillance a sensiblement augmenté d'une campagne à l'autre (1950 pour la 1^{ère} campagne ; 2578 pour la seconde et 3052 pour la 3^{ème}). Compte tenu de cette augmentation et de l'abandon d'un certain nombre de points, les points communs aux trois campagnes sont au nombre de 1702 : 95% d'entre eux ont pour finalité l'alimentation en eau potable.

La fréquence de suivi des points en eaux souterraines est très variable. Si la majorité des points (62%) bénéficie de 4 à 12 mesures de la concentration en nitrates, 935 (soit 30%) ont moins de 4 mesures.

Les principaux résultats sont les suivants : la moitié des points ont une teneur moyenne supérieure à 25 mg/l. Un quart des points ont une teneur supérieure à 40 mg/l dont plus de la moitié une teneur supérieure à 50 mg/l. Ces points sont essentiellement localisés dans les départements du Grand Ouest (Bretagne, Basse Normandie, Pays de Loire, Poitou Charentes), du Bassin Parisien (Ile de France, Centre, Yonne, Aube et Marne) et de la région Midi Pyrénées.

Entre la 1^{ère} et la 3^{ème} campagnes, la qualité des eaux souterraines s'est sensiblement dégradée (33% d'entre eux ont subi une augmentation supérieure à 5 mg/l).

Le dispositif de collecte de l'information se présente sous la forme d'une base de données (bases ACCESS élaboré début 2002 par l'Office International de l'eau à partir des données

collectées et validées par les DIREN, les Agences de l'eau et les DRASS). Cette base rassemble les données des trois campagnes de surveillance de la directive nitrates.

La prochaine campagne de surveillance est prévue de septembre 2003 à août 2004. La collecte de l'information et son traitement devraient être facilitées par cet outil.

Annexe 8

Les réseaux d'observation des pesticides dans les eaux souterraines

Sylvie Detoc (IFEN)

Dans le cadre de la réalisation du bilan national annuel de la contamination des eaux par les pesticides, l'Ifen est amené à faire le point sur les réseaux d'observation des pesticides dans les eaux et notamment les eaux souterraines et à voir comment, à partir des données issues de ces réseaux, une synthèse nationale peut être établie.

Trois grands types de réseaux de mesure ayant des finalités différentes apportent de l'information sur les concentrations en pesticides dans les eaux.

Il s'agit d'une part des **réseaux de connaissance générale**, qui s'intéressent à la caractérisation et à l'évolution du patrimoine que sont les rivières et les nappes souterraines ; ils peuvent être locaux (régionaux, départementaux) ou nationaux.

- Au niveau national, le Réseau National des Eaux souterraines (RNES) a pour objectif le suivi des eaux souterraines en qualité et quantité ; il est complété par des réseaux complémentaires dont les objectifs et le protocole de suivi sont similaires mais se déclinent à une échelle plus locale.
- D'autres réseaux locaux contribuent à la connaissance générale des ressources en eau mais sans toutefois adopter le protocole de suivi national. Ils sont mis en place à l'échelle d'un bassin-versant, d'une nappe, d'un département ou encore d'une région. Leurs maîtres d'ouvrage sont les conseils généraux, régionaux et des DIREN.

Ces réseaux sont ceux qui permettent d'approcher le mieux une image « représentative » de la situation nationale.

Les **réseaux d'usage** sont mis en place pour contrôler que les limites de qualité attachées à l'usage sont respectées pour que l'usage soit possible. Ainsi, le contrôle sanitaire et l'autosurveillance des eaux effectivement utilisées pour la production d'eau potable a-t-il des exigences en terme de localisation (les points contrôlés sont effectivement ceux où le prélèvement pour la production d'eau potable est effectuée), de fréquence (selon l'importance de la population desservie), de période de mesure (le plus souvent aux moments les plus défavorables). Ce sont les DDASS et les producteurs d'eau potable qui assurent ces suivis. Les fréquences d'analyse dépendent de la population desservie et sont augmentées en cas de contamination des ressources. Il faut cependant noter que les points de prélèvement fortement contaminés sont exclus des sources d'approvisionnement pour l'alimentation en eau potable. Ils ne font donc plus l'objet d'un suivi sanitaire et sont de fait absents de l'échantillon étudié. Ces réseaux, à caractère réglementaire, n'ont pas vocation à être représentatifs de l'ensemble des ressources en eau, puisqu'ils s'attachent à surveiller les seuls points de captage servant à l'alimentation en eau potable.

Les réseaux dont l'objectif est d'**évaluer les impacts** de l'usage des pesticides agricoles ou non et les effets des actions de réduction se concentrent sur des zones où la présence de pesticides est très probable voire avérée. Les situations ainsi identifiées donneront une image de zones fortement contaminées. Ces suivis sont en général pilotés par les groupes régionaux « phyto » qui souhaitent identifier certains problèmes, ou mesurer l'impact de des

programmes d'actions. Les fréquences de prélèvement sont généralement resserrées autour des périodes d'application des produits.

Ces réseaux donnent des informations relatives à des zones où la présence de pesticides est très probable voire avérée.

Le tableau suivant résume, de façon simplifiée, en généralisant, ces éléments.

CARACTERISTIQUES	TYPES		
	<i>Connaissance générale</i>	<i>Usage eau potable</i>	<i>Impact</i>
Objectif du réseau			
Répartition des points de suivi en fonction de la nature des ressources et de la pression polluante	couvre l'ensemble des milieux et des situations	A priori, sur les ressources de meilleure qualité, quelle que soit leur nature	sur les ressources de plus mauvaise qualité
Densité des points de suivi	Homogène sur le territoire	Hétérogène sur le territoire	Hétérogène sur le territoire
Fréquence minimale d'échantillonnage	Suivant la nature des ressources : eau de surface : 4 /an eau souterraine : 1 / 2 ans	Suivant l'importance du volume concerné par l'usage le contrôle est renforcé en cas de contamination avérée	variable
Période d'échantillonnage	eau de surface : avril - mai et juillet – août, octobre et janvier	Le plus souvent en période de risque maximal	Après les épisodes d'application des produits et les épisodes pluvieux
Substances recherchées	Au moins les paramètres impératifs de la méthode d'évaluation SEQ-Eau	Variable	D'après le classement SIRIS effectué au niveau régional

Typologie des réseaux d'observation des pesticides dans les eaux continentales

Cette typologie est utilisée pour l'exploitation cartographique et statistique des données.

Les **réseaux nationaux de connaissance générale** (524 points renseignés en 1999 et 2000) permettent d'établir des états de la qualité des eaux à partir de réseaux pérennes (RNES) à l'aide d'une cartographie des points de prélèvement fondée sur l'utilisation du SEQ-eaux souterraines. Les **réseaux d'usage** (DDASS et producteurs d'eau, 3681 points renseignés en 1998, 1999 et 2000) apportent une information complémentaire sur l'état des ressources et sont interprétés suivant une grille de lecture réglementaire. Les données de l'ensemble de ces réseaux et celles des réseaux « locaux » (113 points en 2000) sont utilisées pour établir de statistiques descriptives par substance.

Annexe 9

Echantillonnage – Prélèvements et Analyses des eaux souterraines

Guide pour les critères de choix des méthodes

Karine Vallée (AEAP)

1. Introduction

Les caractéristiques physiques, chimiques et isotopiques des eaux souterraines dépendent d'un certain nombre de facteurs tels que la composition chimique et minéralogique des terrains traversés, la structure géologique, les conditions d'écoulement, les conditions physico-chimiques locales. D'éventuelles pollutions peuvent modifier les caractéristiques naturelles de l'eau. On détermine ces caractéristiques à l'aide de mesures et d'analyses sur des échantillons qui doivent refléter le mieux possible la composition de l'eau dans l'aquifère. Mais, entre le moment où cette eau est enlevée de son milieu naturel et celui où elle est analysée, elle subit un certain nombre de manipulations et de changements de conditions, qui peuvent grandement modifier sa composition. Citons par exemple la modification des teneurs en gaz et composés volatils dissous due aux changements de pression et au contact de l'échantillon avec l'air, l'adsorption de certains constituants et les réactions chimiques sur les parois des instruments et des récipients, la contamination de l'échantillon au cours des manipulations, les réactions biologiques, la précipitation de composés en sursaturation, etc. Or, le but de l'échantillonnage d'une eau est de fournir, pour l'analyse, un échantillon représentatif de son milieu. Il y a donc lieu de connaître les problèmes potentiels liés à l'échantillonnage ainsi que les diverses méthodes et techniques permettant de les éviter. C'est l'objet principal de ce document.

Ce document présente les informations nécessaires et les précautions à prendre pour maîtriser chaque phase de l'échantillonnage (préparation de la campagne d'échantillonnage, prélèvement, conditionnement et stockage de l'échantillon) et en assurer la qualité.

Il présente également les principales techniques de mesures (normes existantes) et d'analyses ainsi que les précautions d'utilisation et d'interprétation des résultats.

2. Echantillonnage

2.1 Prélèvement

Lors de l'échantillonnage d'une eau souterraine, les prélèvements dans les forages non équipés de pompes sont ceux qui peuvent le plus modifier la composition de l'eau, à cause, entre autres, de la difficulté d'obtenir un échantillon représentatif du milieu, de la contamination de l'eau par les instruments de prélèvement, et du contact de l'eau avec l'atmosphère. C'est pourquoi ce chapitre traite principalement des techniques de prélèvement d'eau dans les forages (pompes aspirantes et refoulantes, tubes de prélèvement, cellules à dialyse, échantillonneurs).

2.1.1 Tubes échantillonneurs

Il existe de très nombreux types de tubes échantillonneurs destinés au prélèvement d'eau dans les forages. Ils sont tous munis d'un système plus ou moins évolué permettant de prélever un

volume d'eau à une certaine profondeur. Un filin, enroulé sur une bobine munie d'un compteur métrique, permet de les descendre à la profondeur voulue. Ces tubes ne permettent de remonter à la surface que des volumes d'eau restreints (1 \square 0.5 l). Pour assurer un échantillonnage représentatif, l'eau du forage doit être renouvelée au préalable par pompage.

Echantillonneur simple. Il s'agit d'un tube métallique (laiton, acier, matière synthétique lestée...) fermé à la base (bailer) et dont le poids est supérieur au poids de son volume d'eau. Son remplissage a lieu par le haut dès qu'il s'enfonce sous le niveau d'eau. Le remplissage par le haut provoque un remous important et une modification des équilibres relatifs aux gaz et composés volatils dissous. Seule l'eau proche de la surface piézométrique peut être prélevée. Le nettoyage du tube est difficile si le fond n'est pas démontable. Les parois métalliques peuvent interagir avec certaines substances organiques ou contaminer l'échantillon avec des métaux-traces. Cependant, ce type d'échantillonneur s'avère intéressant pour le prélèvement de substances flottant sur l'eau (LNAPL par exemple).

Echantillonneur avec soupape passive. Dans la partie inférieure du tube de prélèvement, la soupape, formée par une bille de densité 1.4 à 2, laisse pénétrer l'eau dans le tube lorsque ce dernier descend dans le forage ; la soupape se ferme lors de la remontée. La vidange se fait par le bas à l'aide d'un dispositif qui permet de minimiser le contact de l'échantillon avec l'air. De tels tubes en PE ou en PTFE se démontent aisément, ce qui permet de les nettoyer. Le prélèvement n'est pas strictement ponctuel car le remplissage du tube se fait de manière dynamique lors de la descente. Certains modèles comportent également une soupape à l'extrémité supérieure du tube ce qui empêche tout mélange d'eau lors de la remontée.

Echantillonneur avec fermeture commandée. Plusieurs types de tubes de prélèvement comportent un clapet de fermeture à chaque extrémité, qu'il est possible de fermer sur commande lorsqu'on a atteint la profondeur de prélèvement (p. ex. la bouteille Züllig). Ce système permet un prélèvement ponctuel car les deux extrémités du tube sont ouvertes au cours de la descente, ce qui empêche de piéger de l'eau dans le tube avant d'avoir atteint la profondeur d'échantillonnage.

Systèmes de prélèvement par seringue. Le système permet de descendre une seringue dans le forage jusqu'à la profondeur voulue pour le prélèvement. Un dispositif mécanique ou pneumatique actionne le piston de la seringue, entraînant le remplissage de cette dernière. Après avoir été remontée, celle-ci peut elle-même servir de flacon pour le stockage et le transport de l'échantillon. Des seringues en verre de contenance relativement grande (250, 500 ml ou plus) permettent de prélever des échantillons suffisamment grands pour les analyses. Ce système d'échantillonnage ne modifie que très peu la composition de l'eau. Si nécessaire, la filtration de l'eau peut être effectuée en couplant un filtre "en ligne" sur la seringue. Dans ce cas, il s'avère pratique de déposer temporairement la seringue pleine avec la pointe en haut, ce qui permet une décantation partielle de l'échantillon sur le piston de la seringue

2.1.2 Pompes

L'utilisation de pompes pour le prélèvement d'échantillons d'eau dans un forage constitue la technique la plus pratique et la plus communément admise. Le pompage permet en effet de renouveler aisément l'eau du forage avant le prélèvement. Il permet également, grâce aux mesures en continu lors du pompage, de déterminer le moment où l'eau devient représentative du milieu aquifère. Concernant l'effet sur la qualité de l'eau des matériaux de construction des pompes et du tubage.

Pompes électriques refoulantes (submersibles). Il s'agit de pompes centrifuges ou de pompe à axe

hélicoïdal entraînées par un moteur électrique submergé. Une batterie ou une génératrice fournit l'énergie électrique nécessaire. Etant donné qu'elles repoussent l'eau et lui impriment une pression positive, elles n'engendrent pas de dégazage significatif de l'eau prélevée.

Pompe refoulante à membrane Une telle pompe comprend une source d'air comprimé (bouteille d'air comprimé ou compresseur), un système de contrôle de la pression d'air, un tube de transmission de l'air comprimé depuis la surface jusqu'à la pompe immergée, la pompe elle-même et le tube d'évacuation de l'eau. A l'intérieur de la pompe, la chambre à air est séparée de la chambre de circulation de l'eau par une membrane qui alternativement, suivant les variations de pression de l'air, diminue puis augmente le volume de la chambre de circulation de l'eau. A l'entrée et à la sortie de cette dernière une soupape contrôle les flux d'eau. Ainsi, à chaque cycle de diminution puis d'augmentation de la pression d'air, l'eau pénètre dans la chambre de circulation puis se trouve repoussée dans le tuyau de refoulement. Ce type de pompe est bien adapté au pompage d'eaux très chargées de matières en suspension. Il peut cependant induire une modification des teneurs en gaz dissous de l'eau.

Pompes refoulantes à déplacement de gaz. Ce genre de pompe fonctionne de manière similaire à une pompe à membrane. Dans certains types, le gaz entre en contact direct avec l'eau dans une chambre qui se remplit alternativement de gaz puis d'eau au rythme des variations de pression de gaz. Le système de gestion de la pression comprend un système d'autorégulation pour éviter que l'air ne pénètre dans la colonne d'évacuation d'eau du fait d'une trop grande pression. Dans d'autres types, c'est un piston qui remplace la membrane et qui se déplace au rythme des variations de pression du gaz.

Pompe refoulante à air-lift. De l'air comprimé est injecté à l'aide d'une buse dans le tube d'évacuation d'eau. Il y imprime un mouvement ascendant d'air mélangé d'eau. Cette méthode implique la mise en équilibre de l'eau pompée avec le gaz utilisé, déséquilibrant ainsi fortement la composition originale de l'eau. Pour cette raison, cette méthode de pompage n'est dans la plupart des cas pas adaptée au prélèvement d'eau pour analyses ou pour renouveler l'eau d'un forage avant prélèvement.

Pompe à inertie La pompe est simplement constituée d'une soupape fixée à l'extrémité inférieure d'un tube d'évacuation de l'eau. En imprimant depuis la surface un mouvement alternatif de montée et de descente au tube lui-même, l'eau monte par inertie. De tels systèmes permettent d'échantillonner facilement des points d'eau situés dans des formations à faible perméabilité (débit inférieur à 10 l/min.), avec une hauteur de refoulement jusqu'à 50 m.

Pompe aspirante centrifuge. De telles pompes constituées d'une turbine entraînée par un moteur, permettent le pompage de débits élevés (20 – 2'000 l/min.) mais sont limitées par la profondeur d'aspiration (max. 6 à 8 m). Pour fonctionner, elles nécessitent une amorce préalable par l'apport d'eau dans la chambre de la turbine et par l'évacuation de l'air de la conduite d'aspiration. Etant donné la dépression dans la colonne d'eau, un dégazage partiel est possible.

Pompe aspirante péristaltique. Le moteur d'une pompe péristaltique entraîne deux à quatre galets roulants sur un tube souple à l'intérieur d'une chambre semi-circulaire. La propagation des contractions imprimées à ce tube provoque le déplacement de l'air ou du liquide qu'il contient. Ce genre de pompe permet d'aspirer à faible débit (<20 l/min) l'eau d'un piézomètre jusqu'à une profondeur de 6 à 8 m. L'utilisation d'un tel type de pompe pour l'échantillonnage d'eau destiné à l'analyse de substances organiques ou de gaz dissous est déconseillée car le processus d'aspiration favorise le dégazage de l'eau. Par ailleurs, le tube constitué de matière synthétique très souple (silicone) absorbe facilement une large gamme de substances organiques ainsi que la plupart des gaz dissous dans l'eau.

Aspiration depuis la surface à l'aide d'une seringue. Dans les nappes d'eau souterraine peu profondes (<6 m), il est également possible de prélever l'échantillon depuis la surface à l'aide d'une seringue de grand volume (250, 500 ml ou plus), couplée à un fin tube de PTFE ou de nylon qui plonge dans le forage ou dans le terrain jusqu'à la profondeur d'échantillonnage voulue. Le dispositif est muni d'un robinet à trois voies pour évacuer l'air. La seringue elle-même peut alors servir de flacon pour le stockage et le transport de l'échantillon. Ce système permet de mettre en place dans un forage dont on retire le tubage après coup, des ports

multiples in situ servant à surveiller la composition de l'eau en divers points sur une même verticale. Du fait de l'aspiration de l'eau sur plusieurs mètres de hauteur, un dégazage partiel peut survenir au cours du prélèvement.

2.1.3 Tuyaux des pompes et autres accessoires servant au prélèvement

Le tuyau d'aspiration ou de refoulement d'une pompe, la pompe elle-même, de même que tout autre récipient dans lequel l'eau transite au cours de l'échantillonnage peut être assimilé à un flacon dans lequel l'eau ne séjourne que temporairement. Les considérations émises sur la propreté et la nature des flacons s'appliquent donc aussi aux tubages des pompes.

Pour la prise d'échantillons servant à l'analyse de substances organiques, le tubage flexible de la pompe doit être peu absorbant, en PTFE ou éventuellement en polypropylène. Les tubes en polyéthylène, PVC, silicone ou autres matières plastiques souples ne sont pas indiqués pour de tels prélèvements.

Pour la prise d'échantillon servant à l'analyse des gaz dissous, un tube en acier inoxydable ou en cuivre (avec joints étanches) assurera une totale étanchéité des parois, tandis que les tubes en matières synthétiques présentent un large pouvoir de diffusion. La quantité d'oxygène diffusée au travers d'un tube en matière synthétique peut s'avérer impressionnante. Elle est proportionnelle à la longueur du tube et inversement proportionnelle au débit. montrent que pour un débit de 100 ml/min., dans un tube de PTFE

Pour la prise d'échantillon servant à l'analyse des métaux, il faut proscrire tout tubage ou partie de dispositif métallique pouvant influencer la composition de l'eau en métaux par adsorption ou par mise en solution. Des tubes en matière synthétique (de préférence PE ou PTFE) seront utilisés. Avant le prélèvement, il est nécessaire de tester toute partie métallique indispensable (pompe, raccord, etc.) quant à l'absence de contamination par rapport aux métaux à doser.

2.1.4 Cellules d'échantillonnage à dialyse et à diffusion

Cellules à dialyse ou « peeper ». Une cellule à dialyse consiste en un flacon en verre contenant de l'eau ultrapure et dont le bouchon est remplacé par une membrane perméable (filtre 0.1 mm ou plus fin). On place la cellule durant un laps de temps défini (5 à 30 j) dans le milieu à échantillonner. Durant cette période, la composition de l'eau contenue dans la cellule s'équilibre avec celle du milieu si bien qu'au jour du prélèvement, elle est représentative du milieu. Cette méthode intègre la composition de l'eau sur une période dépendant de la perméabilité de la membrane, de la température de l'eau et du volume de la cellule. Elle présente l'avantage de fournir un échantillon exempt de turbidité et de germes. L'expérience montre que ce type de cellules donne de très bons résultats pour l'analyse des substances minérales. La fiabilité de cette méthode doit être testée pour les autres paramètres, en fonction de la configuration de la cellule et des conditions locales du point d'échantillonnage.

Cellule à diffusion. Une cellule à diffusion consiste en une cellule en matière synthétique perméable aux gaz et substances volatiles que l'on veut mesurer, mais imperméable à l'eau. Elle contient un fluide inerte d'échange (eau, gaz...). On place cette cellule dans l'aquifère. Après un certain temps dépendant de la nature de la membrane, les concentrations de gaz et substances volatiles dans le fluide de la cellule s'équilibrent avec celles de l'eau souterraine (loi de Henry). On peut alors échantillonner le fluide contenu dans la cellule. Cette méthode peut s'avérer très pratique pour la mesure des composés organiques volatils. Des cellules à diffusion eau / air permettent une mesure stable en continu de l'oxygène dissous dans l'eau souterraine.

2.3 Flacons

En règle générale, les flacons sont fournis par le laboratoire qui exécute les analyses car leur type et leur contenance dépendent non seulement des composants à analyser mais aussi de la méthode d'analyse utilisée. Le laboratoire porte également une responsabilité quant à la qualité et la propreté des flacons fournis. Le type de flacon et son volume dépendent des substances à analyser et des méthodes d'analyses. On veillera en principe à réserver un flacon par groupe de substances à analyser. L'**Annexe 1** indique le type de flacon à utiliser et sa contenance optimale en fonction du groupe et du nombre de paramètres à analyser. Pour l'échantillonnage de tous les types de substances, on favorisera l'utilisation de flacons en verre, à l'exception des métaux-traces pour lesquels des flacons en matière synthétique (PTFE, PE ou polypropylène) sont plus adéquats. Le verre brun permet de diminuer l'intensité de la lumière sur l'échantillon et contribue à préserver certaines substances organiques susceptibles de se transformer à la lumière (fluorescéine par exemple), mais surtout, il préserve d'une trop rapide croissance des micro-organismes.

Les récipients doivent être propres tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Le laboratoire d'analyse assure leur nettoyage ou contrôle leur propreté au préalable. Ils doivent être transportés fermés dans des caisses prévenant toute salissure tant par des éclaboussures que par des poussières.

Lorsqu'on veut un échantillon exempt de bulle d'air, les types de flacons suivants sont utilisés :

- *Flacon en verre avec bouchon à septum vissé*. Utiliser un bouchon avec sommet souple formé d'un septum flexible (caoutchouc recouvert d'aluminium ou PTFE).

- *Flacon en PTFE avec bouchon à septum vissé*.

- *Flacon en verre avec bouchon en verre rodé (conique)*. Utiliser un bouchon en verre adapté sans forme creuse à la base. Un bouchon à base creuse ne permettra jamais d'évacuer la dernière bulle d'air du récipient.

Concernant *les bouteilles en plastique*, les matières synthétiques sont perméables aux gaz et ne sont par conséquent pas adaptées en vue de l'analyse de substances sensibles aux modifications des teneurs en gaz de l'eau. Certaines matières synthétiques adsorbent également les substances organiques volatiles. Pour l'échantillonnage de ces substances, ne pas utiliser d'autres matières synthétiques que le PTFE ou éventuellement en polypropylène avec bouchon à capsule en PTFE ou recouverte d'aluminium (voir avec le laboratoire d'analyse).

2.4 Etiquetage

Les flacons doivent être clairement identifiés à l'aide d'étiquettes adhésives indiquant :

- Le numéro de l'échantillon (unique pour la campagne d'échantillonnage)
- Le nom / N° du point de prélèvement
- La date (et heure) du prélèvement
- L'organisme de prélèvement

Sur des récipients réutilisables, utiliser des étiquettes qui se détachent sans laisser de traces..

3.PREPARATION ET EXECUTION DE L'ECHANTILLONNAGE

L'**échantillonnage** d'une eau comprend la **préparation** du prélèvement, le **prélèvement** proprement dit, le **conditionnement** de l'échantillon, ainsi que son **stockage** jusqu'au moment où l'eau est analysée. Chacune de ces étapes est importante pour assurer la fiabilité des résultats d'analyse. Ce chapitre décrit les étapes de préparation d'une campagne, les méthodes à appliquer et les précautions générales à prendre pour l'échantillonnage.

3.1 Préparation du prélèvement

Les aspects suivants doivent être définis :

- Renouvellement de l'eau avant le prélèvement.
- Précautions à prendre lors des mesures in-situ et lors des prélèvements pour les mesures et analyses de terrain.
- Précautions générales et particulières.
- Contrôle de la propreté et de l'adéquation du matériel d'échantillonnage.
- Conditionnement éventuel du flacon.
- Filtration éventuelle de l'échantillon.
- Conditionnement spécifique éventuel de l'échantillon.
- Stockage ad-hoc des échantillons pour le transport
- Succession temporelle des opérations.

3.2 Représentativité de l'échantillon et préparation du point d'eau

Avant de prélever un échantillon d'eau, il faut s'assurer de la **représentativité de l'échantillon**. Le prélèvement peut se faire à un point (puits de captage, forage d'observation) où l'eau a stagné et où sa composition s'est modifiée au cours du temps. Dans un forage par exemple, l'eau ne se renouvelle que lentement, les gaz et substances dissoutes qu'elle contient s'équilibrent avec l'air, et sa composition se modifie. L'activité biologique qui règne dans le forage lui-même et les réactions de surface avec les diverses parois peuvent également contribuer à une lente modification de la composition de l'eau stagnant dans le forage. Dans de tels cas, il faut absolument renouveler l'eau par pompage ou soutirage jusqu'à ce qu'elle devienne représentative de la portion d'aquifère que l'on veut échantillonner. Pour tester cette représentativité, on contrôlera l'évolution des paramètres physico-chimiques (conductivité, température, oxygène dissous et pH) et/ou isotopiques (radon) au cours du renouvellement de l'eau. L'expérience acquise au cours des mesures, les analyses faites précédemment au point en question ainsi que les calculs hydrauliques permettent d'évaluer cette représentativité. Du point de vue du contexte hydrogéologique, la représentativité de l'échantillon doit être jugée par l'hydrogéologue en fonction de l'objectif des mesures.

3.3 Renouvellement de l'eau dans un forage

Durant le renouvellement de l'eau dans un forage, le rabattement créé par le pompage ne doit pas être trop élevé car les mesures destinées à éviter les échanges gazeux de l'eau avec l'air seraient rendues inutiles à cause de suintements trop importants.

On distingue 2 cas :

Perméabilité du milieu moyenne à élevée. L'eau afflue au forage avec un débit supérieur à 0.1 l/min. Le forage peut être considéré comme purgé et l'eau prélevée comme représentative du milieu si l'une des conditions suivantes est remplie :

- Si on a pompé au moins 5 fois le volume d'eau contenu dans le tube du forage et le massif filtrant,
- Si, entre le début et la fin du pompage d'un volume égal à celui de l'eau contenu dans le tube du forage et le massif filtrant (= volume de renouvellement), la conductivité électrique, la teneur en oxygène dissous et la température de l'eau pompée varient de moins de 2%; ou si, la variation de ces paramètres est inférieure à 10 mS/cm, 0.2 mg/l O₂ et 0.5°C respectivement et 0.1 unité pour le pH.

Faible à très faible perméabilité. L'eau afflue au forage avec un débit inférieur à 0.1 l/min. Dans de tels cas, les travaux indiqués ci-dessus risquent de durer plusieurs heures ou plusieurs jours. Il y a lieu alors de purger une ou deux fois le forage, c'est-à-dire de renouveler complètement l'eau qu'il contient. Une fois que le niveau s'est stabilisé, prélever l'échantillon à la profondeur voulue à l'aide d'un tube ou d'une seringue de prélèvement. L'utilisation de méthodes alternatives telles que les cellules à dialyse ou à diffusion peuvent s'avérer très utiles dans les milieux à très faible perméabilité

Lors de prélèvements de l'eau d'un puits **en cours de forage**, il est important de contrôler que l'eau souterraine n'est pas contaminée par de la boue de forage. On peut réaliser ce contrôle en marquant la boue de forage à l'aide d'un traceur à concentration plus ou moins constante. Si l'on rencontre un aquifère et qu'un essai de pompage a lieu, l'échantillonnage proprement dit ne commencera que lorsque la concentration du traceur dans l'eau pompée aura diminué à moins de 1% de la concentration moyenne du traceur dans boue sortant du forage avant l'essai.

3.4 Précautions générales d'échantillonnage

3.4.1 Contamination de l'échantillon au cours des manipulations

Une manipulation incorrecte, l'utilisation de matériaux inadéquats et l'emploi de matériel d'échantillonnage souillé peuvent provoquer l'apparition de composés ou d'organismes étrangers à l'eau ou une variation d'autres paramètres physiques, chimiques ou biologiques. Par exemple la moindre souillure sur le col d'une bouteille de prélèvement pour les analyses bactériologiques faussera totalement le résultat.

Les mesures suivantes permettent d'éviter de telles contaminations :

- Transporter les flacons vides, fermés, dans un conteneur les mettant à l'abri des souillures et des poussières.
- Nettoyer systématiquement le matériel d'échantillonnage entre chaque prélèvement .
- Utiliser des instruments de prélèvements à usage unique (préleveurs, tubes, récipients, gants, etc.).
- Equiper chaque point de prélèvement avec le matériel nécessaire à l'échantillonnage (pompe, tubes, etc.) afin de diminuer le risque de contamination croisée, surtout en ce qui concerne des points d'eau contaminée ou présentant une composition particulière.

3.5 Conditionnement de l'échantillon

Le conditionnement englobe les manipulations de filtration, de stabilisation et de préparation au stockage de l'échantillon. Cette étape vise à conserver de manière spécifique un ou plusieurs paramètres chimiques de manière à maintenir la représentativité de l'échantillon jusqu'au moment de l'analyse. Pour certains paramètres, le fait de filtrer ou non, d'acidifier ou non, et l'ordre dans lequel ces opérations sont faites va modifier considérablement les résultats, parce que ce faisant, on dosera des espèces différentes d'un même élément. Par exemple, selon que l'on filtre ou non, on dosera seulement les substances dissoutes ou le total « substances dissoutes + formes particulières ». L'acidification va également dans certains cas remettre en solution des espèces « insolubles » à pH neutre (p. ex. $\text{Fe}(\text{OH})_3$, FeS , etc.). Par conséquent, si l'objectif de l'analyse est de rechercher uniquement les formes en solution, il faut filtrer l'échantillon avant de l'acidifier.

Les procédures de conditionnement doivent être définies avec le laboratoire d'analyse.

3.5.1 Filtration

Sur le terrain, la filtration d'un échantillon turbide s'avère nécessaire dans les cas suivants :

- Si, pour éviter la précipitation de certains composés (carbonates, sulfates...), l'échantillon doit être acidifié.
- Si l'échantillon doit être analysé sur le terrain et que les particules en suspension interfèrent avec la méthode d'analyse (p. ex. la photométrie).
- Si les particules en suspension peuvent causer une modification de la composition de l'échantillon durant le stockage (adsorption, désorption, dissolution, précipitation, etc.).

Risques lors de la filtration

- Cas d'une eau réduite contenant du fer (II) en solution. Si durant les manipulations de prélèvement, une aération de l'échantillon survient, le fer précipite car au contact avec l'oxygène de l'air, il s'oxyde en fer (III) et devient insoluble. La filtration retient le précipité et l'analyse sous-évalue la concentration effective en fer de l'échantillon. De plus, d'autres métaux en solution peuvent s'adsorber sur les oxyhydroxydes ferriques et disparaître à leur tour, ce qui modifie la composition et la représentativité de l'échantillon.
- En cours de filtration, des particules toujours plus petites sont retenues, du fait du colmatage progressif du filtre, ce qui influence la répartition des particules très fines restant dans l'échantillon. Ce phénomène peut causer des erreurs de reproductibilité des analyses.
- Le matériel de filtration et le filtre lui-même peuvent relâcher des substances dans l'échantillon ou en absorber, ce qui peut modifier considérablement la teneur en certains constituants. L'utilisation de filtres de types ou de marques différentes peut ainsi nuire à la reproductibilité de la filtration.

Choix de la technique de filtration

La technique de filtration sera choisie en fonction des objectifs de l'analyse et des risques de modification de la composition de l'eau qu'elle peut entraîner :

□ **Filtration pour l'analyse de substances inorganiques dont la concentration dépend étroitement des équilibres gazeux** (duretés, sulfates en milieu réduit, fer et manganèse dissous, etc.) :

- Après avoir prélevé l'échantillon de manière à éviter toute modification de sa teneur en gaz, procéder sans délai à la *filtration sous pression* ou à la *filtration tangentielle*.
- Utiliser du matériel de filtration en verre avec joints étanches à l'air et des tubes en cuivre ou en acier inoxydable. Si, pour certaines connections, du tube en matière synthétique doit être utilisé, choisir des segments très courts (< 2 cm).
- Sans contre-indication de la part du laboratoire d'analyse, utiliser des filtres en cellulose.

□ **Filtration pour l'analyse de substances inorganiques peu dépendantes des équilibres gazeux** (chlorures, sulfates, nitrates, sodium, etc.)

- Le type de filtration n'a pas d'influence majeure sur les résultats d'analyse
- Dans la plupart des cas, du matériel de filtration en matière synthétique et des filtres en cellulose peuvent être utilisés.

□ **Filtration pour le conditionnement d'échantillons destinés à l'analyse de substances organiques.**

Dans la plupart des cas, une telle filtration n'est pas nécessaire sur le terrain car l'ajout de substances destinées à la stabilisation de l'échantillon peut se faire sans filtration préalable. Si malgré tout, une telle filtration doit se faire, procéder comme suit :

- Prélever l'échantillon de manière à éviter toute modification de sa teneur en gaz ou en substances volatiles. Pour cela, il est recommandé de prélever l'eau dans une seringue en verre de grand volume qui servira à la pousser au travers du filtre.
- Procéder sans délai à la *filtration sous pression* dans un filtre en ligne à fixer sur la seringue.
- Utiliser du matériel de filtration en verre ou en PTFE avec joints étanches à l'air. Si, pour les connections entre la seringue et le filtre, du tube en matière synthétique doit être utilisé, choisir des segments très courts (< 2 cm).
- Utiliser des filtres en PTFE ou en céramique.

3.5.2 Conservation de l'échantillon

Toutes les eaux sont susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite des réactions physiques, chimiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu dans le flacon dans le

laps de temps qui sépare le prélèvement de l'analyse. La nature et la vitesse de ces réactions sont souvent telles que, si les précautions nécessaires ne sont pas prises, les concentrations déterminées par l'analyse différeront sensiblement de ce qu'elles étaient au moment du prélèvement. Les principales causes de variations sont les suivantes :

- Les bactéries, algues et autres micro-organismes peuvent consommer certains composés présents dans les échantillons. Ils peuvent aussi en modifier la nature ou produire eux-mêmes de nouveaux composés. Cette activité biologique affecte par exemple les teneurs en oxygène dissous, en dioxyde de carbone, en composés de l'azote, du phosphore, du soufre et parfois du silicium.
- Certains composés peuvent être oxydés par l'oxygène dissous présent dans les échantillons (p. ex. composés organiques, fer (II), sulfures...).
- Certaines substances peuvent précipiter, par exemple le carbonate et le sulfate de calcium, des métaux et composés métalliques tels que $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, ou passer en phase vapeur (oxygène, dioxyde de carbone, cyanures, mercure).
- L'absorption du dioxyde de carbone de l'air entraîne une modification du pH, de la teneur en dioxyde de carbone, des équilibres calco-carboniques,
- Les métaux ainsi que certains composés organiques peuvent être adsorbés de façon irréversible sur la surface des récipients ou des matières solides contenues dans les échantillons.
- Les produits polymérisés peuvent se dépolymériser et inversement, les composés simples peuvent se polymériser.

L'importance de ces réactions dépend de la nature chimique et biologique de l'échantillon, de sa température, de son exposition à la lumière, de la nature du récipient qui le contient, du temps qui sépare le prélèvement de l'analyse, des conditions de repos ou d'agitation au cours du transport, etc. (ISO 5667-3, 1994).

Les solutions de stabilisation (acide, base ou agent biocide) peuvent être introduites au préalable dans le flacon par le laboratoire lui-même ou peuvent être ajoutées sur le terrain. Dans ce cas, on introduit la solution dans le flacon déjà rempli, juste avant de le fermer, à l'aide d'une pipette graduée en verre ou en matière synthétique, munie d'une longue aiguille. Il est préférable que l'addition des agents de préservation se fasse sous forme de solutions assez concentrées de manière à n'utiliser que de petits volumes, ce qui permet, dans la plupart des cas, de négliger la dilution correspondante.

Les produits de stabilisation doivent être fournis par le laboratoire d'analyse dans des flacons ad hoc.

3.6 Stockage des échantillons

Le stockage des échantillons constitue la dernière étape de l'échantillonnage. Il s'agit des conditions d'entreposage de l'échantillon durant son transport vers le laboratoire et jusqu'au moment de l'analyse. La lumière, une température élevée, trop basse (congélation) ou fluctuante, ainsi que la durée d'entreposage, sont des paramètres qui influencent négativement la qualité du stockage.

Les principes suivants doivent être suivis :

1. Sitôt après la mise en flacon et l'étiquetage, l'échantillon doit être placé dans une mallette de transport qui permet de le maintenir au frais et qui le préserve totalement de la lumière, des poussières et des salissures.
2. Au cours du transport, la température de l'échantillon ne doit jamais dépasser celle de l'aquifère d'où il provient.

3. Le transport de l'échantillon au laboratoire se fera dans les plus brefs délais, c.à.d. moins de 12 heures pour les échantillons destinés aux analyses chimiques et moins de 6 heures pour les échantillons destinés aux analyses bactériologiques.

4. Au laboratoire, les échantillons doivent être conservés au réfrigérateur entre 3 et 5°C.

5. Toutes les conditions de stockage et de transport jusqu'à la prise en charge de l'échantillon par le laboratoire doivent être enregistrées dans le protocole d'échantillonnage servant de document

3. Analyses

3.1 Méthodes d'analyses

Les progrès et la recherche dans ce domaine étant constants, le but n'est pas ici de fournir une liste des méthodes d'analyse pour chaque paramètre, liste qui ne saurait être exhaustive.

Le Sandre tient et met à jour régulièrement une liste de méthodes d'analyses téléchargeable avec les références normatives et bibliographiques des méthodes.

Sont présentées ci après les principales méthodes utilisées pour les paramètres inorganiques et organiques

Composés et éléments inorganiques :

- ***Spectrométrie d'absorption atomique flamme (AAS), de fluorescence atomique et à four graphite (GFAAS)***

Dans le cas de l'absorption atomique, l'intensité d'une source lumineuse émettant un faisceau à la longueur d'onde de résonance de l'élément à analyser est focalisée dans un milieu contenant les atomes de l'élément à l'état fondamental. Cette intensité lumineuse initiale est diminuée dans une proportion en relation avec la concentration en atomes.

En absorption atomique flamme, l'énergie thermique nécessaire pour dissocier les composants chimiques en solution en atomes libres est fournie par une flamme acétylène-air ou une flamme acétylène-protoxyde d'azote.

En absorption atomique à four graphite, cette énergie pour produire les atomes est fournie dans un four contenant un tube graphite. Dans ce cas, le rendement d'atomisation beaucoup plus élevé que dans une flamme, permet l'analyse des éléments métalliques à l'état de traces.

Dans le cas de la fluorescence atomique, les atomes de l'état fondamental sont excités par des photons de la source lumineuse ; au lieu de mesurer le signal résultant de l'absorption lumineuse, on mesure celui de l'émission provenant du retour des atomes à l'état fondamental. La lampe utilisée dans le cas de la fluorescence est désalignée du système optique afin que le détecteur ne mesure que le signal de fluorescence. Cette méthode est très sensible et spécifique est applicable à des éléments tels le mercure, l'arsenic, le sélénium.

- ***Chromatographie ionique***

La chromatographie ionique permet de séparer et analyser quantitativement en solution aqueuse et à température ambiante, des anions (chlorures, fluorures, bromures, nitrites, nitrates, sulfates, sulfites, ...) ou des cations (lithium, sodium, calcium, potassium, magnésium, ...) en utilisant une phase mobile liquide (solutions aqueuses). Les colonnes

analytiques les plus fréquemment utilisées contiennent des supports comprenant des groupements échangeurs de cations ou d'anions.

Les détecteurs les plus utilisés sont le détecteur conductimétrique, le détecteur ampérométrique, le détecteur UV.

- ***Plasma à couplage inductif (ICP), détection optique (ICP/AES) ou spectrométrie de masse (ICP/MS)***

Les plasmas de gaz rares induits par hautes fréquences (en anglais inductively coupled plasma) sont largement utilisés pour l'analyse élémentaire et en particulier pour l'analyse des métaux lourds. Le succès de la technique provient de plusieurs qualités :

- la température élevée de la décharge (5 000°K) permet une bonne efficacité d'émission,
- du fait de l'utilisation de l'argon, gaz rare chimiquement inerte et d'énergie d'ionisation élevée, il est possible de déterminer 70 éléments de la classification périodique et donc de réaliser une analyse multi élémentaire,
- le niveau d'interférences physico-chimiques (effet de matrice, effets inter-éléments) est très faible comparé aux autres techniques, telles la spectrométrie d'absorption atomique avec flamme ou avec four de graphite,
- les limites inférieures de quantification obtenues sont meilleures que celles fournies par la spectrométrie d'absorption atomique avec flamme. Seule la spectrométrie d'absorption atomique avec four à graphite donne de meilleures limites, mais seulement pour quelques éléments non réfractaires.

En ICP, l'échantillon, dilué en milieu acide, est introduit directement dans l'appareil. La détection peut s'effectuer :

- soit par détection optique (spectrométrie d'émission atomique, ICP/AES),
- soit par spectrométrie de masse (ICP/MS).

Toutefois, la détection optique présente plusieurs inconvénients. En particulier, les spectres d'émission sont très riches en raies ce qui augmente les risques d'interférences spectrales et donc les erreurs pour la quantification des métaux lourds. De plus, les limites de détection présentent une dispersion de plusieurs ordres de grandeurs selon l'élément considéré. Pour ces raisons, il est préférable d'utiliser la spectrométrie de masse comme technique de détection. Les limites de détection sont améliorées et plus homogènes.

De plus, le spectromètre de masse permet de déterminer les rapports isotopiques et d'utiliser la méthode d'étalonnage par dilution isotopique.

L'ICP et l'ICP/MS s'appliquent à l'analyse multiélémentaire des métaux dans les échantillons.

Composés organiques

- ***Chromatographie en phase gazeuse***

La chromatographie en phase gazeuse (GC, ou en français CPG ou CPV) est la méthode chromatographique la plus utilisée pour l'analyse des polluants organique. Les raisons en sont les suivantes :

- la GC est une technique bien établie que les chimistes maîtrisent,
- le pouvoir de résolution des colonnes capillaires est élevé,
- les détecteurs sont sélectifs et sensibles.

Le pouvoir de résolution peut être défini comme la capacité de séparer chromatographiquement deux composés

Un détecteur universel répond à tous les composés, alors qu'un détecteur sélectif répond à un groupe de composés présentant des caractéristiques similaires.

La GC permet l'analyse directe de composés volatils, thermostables et semi volatils.

Le choix de la colonne, du système d'injection et du détecteur déterminent la sensibilité de l'analyse :

a) Colonne

L'analyse des composés apolaires requiert l'utilisation de colonnes renfermant une phase stationnaire apolaire (ex. : 5 % phénylméthylpolysiloxane) de longueur allant de 10 à 50 m et de diamètre interne entre 0,2 à 0,7 mm.

b) Injecteur

L'injecteur le plus couramment utilisé est l'injecteur de type split/splitless. Ce type d'injection empêche les interférences non volatiles d'entrer dans la colonne analytique. Le volume d'injection est de 1 à 2 µl.

c) Détecteur

Les détecteurs les plus utilisés en GC sont le détecteur à capture d'électrons et le spectromètre de masse. Le détecteur à capture d'électrons (ECD) est utilisé pour la détermination sélective des composés renfermant un ou plusieurs atomes de chlore. L'ECD renferme une source radioactive de ^{63}Ni qui émet des électrons. Le principe de ce détecteur est basé sur la réduction de la conductivité quand les électrons sont capturés par un composé halogéné.

La GC peut être facilement couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS, ou CG/SM en français). Le mode d'ionisation le plus couramment utilisé est alors l'impact électronique. Les composés sont identifiés en comparant les spectres des composés d'intérêt avec des spectres de référence contenus dans des bibliothèques de spectres.

Enfin l'analyse des dioxines et des furannes requiert le couplage de la chromatographie en phase gazeuse à la spectrométrie de masse haute résolution prenant en compte le rapport isotopique $^{35}\text{Cl}/^{37}\text{Cl}$.

Les méthodes de chromatographie en phase gazeuse sont utilisées pour l'analyse des hydrocarbures totaux, des COV, des PCB et des pesticides organochlorés, des chlorophénols dans les échantillons de sol.

- **Chromatographie liquide**

La chromatographie liquide (LC) permet de séparer, à température ambiante des composés polaires en utilisant une phase mobile de type eau-méthanol ou acétonitrile-eau. Par conséquent, la LC est complémentaire de la GC, car elle permet l'analyse de composés polaires, non volatils et/ou thermolabiles qui ne peuvent pas être directement analysés en GC.

Cette technique est aussi connue sous le nom de Chromatographie liquide haute performance (HPLC, ou CLHP en français).

Choix de la colonne, du système d'injection et du détecteur

a) Colonne

Les colonnes analytiques les plus utilisées contiennent une phase inverse de type silice greffée avec des groupements alkyl C-18, de longueur 15-25 cm et de diamètre interne de 4 à 5 mm.

b) Injecteur

L'injecteur universel est la vanne d'injection à six entrées qui permet l'injection de volumes reproductibles sans arrêter le débit de la phase mobile. Le volume d'injection est de 10 à 100 µl.

c) Détecteur

Les détecteurs les plus utilisés en LC sont : le détecteur ultraviolet (UV), le détecteur de fluorescence et les spectromètre de masse.

Détecteur UV

L'introduction du détecteur UV à barrettes de diodes permet l'obtention des spectres UV des polluants. La comparaison des spectres obtenus avec des spectres de référence contenus dans une bibliothèque est un moyen de confirmer les composés recherchés. La possibilité d'obtenir des informations sur la pureté des pics chromatographiques permet d'éviter les erreurs lors de la quantification des composés. Le principal problème du détecteur UV est son manque de sélectivité lors de l'analyse d'échantillons complexes.

Détecteur à fluorescence

Le détecteur de fluorescence est plus sélectif et plus sensible que le détecteur UV. Son principe est basé sur la lumière émise, et seulement quelques composés ont la possibilité de réémettre une partie de la lumière absorbée et ce, à une longueur d'onde plus élevée.

Spectromètre de masse

Le couplage de la LC avec la spectrométrie de masse (LC/MS ou HPLC/MS) est désormais une technique robuste pour l'analyse de composés polaires, en utilisant soit une source électrospray, soit une source à ionisation chimique à pression atmosphérique.

Les techniques de chromatographie liquide sont utilisées pour l'analyse des HAP et des herbicides.

3.2 Limites analytiques

Les limites de quantification et de détection varient selon le laboratoire, son équipement et son savoir-faire. Le choix du laboratoire devra donc prendre en compte le niveau de sensibilité analytique requis par rapport aux différents contaminants, en fonction des teneurs soumises à des contraintes réglementaires ou normatives.

- **la limite de détection** est la teneur en dessous de laquelle le laboratoire n'identifiera pas le contaminant même s'il est présent. Elle devra être largement inférieure à la limite de référence, en général d'un ordre de grandeur (facteur 10) au minimum : elle est fixée par convention à la concentration équivalent à **trois fois la valeur de l'écart type** déterminé sur une série de mesures effectuées sur des essais à blanc.
- **La limite de quantification, ou limite de dosabilité inférieure**, est la plus petite valeur que le laboratoire peut porter sur le bulletin de résultats dans des conditions de fiabilité suffisantes, résultant de ses procédures analytiques et de sa démarche qualité. Elle devra toujours être largement inférieure à la teneur de référence: elle est fixée par convention à la concentration équivalent à **dix fois la valeur de l'écart type** déterminé sur une série de mesures effectuées sur des essais à blanc.
- **La limite de dosabilité supérieure**, est la plus grande valeur que le laboratoire peut porter sur le bulletin de résultats dans des conditions de fiabilité suffisantes. Elle devra toujours être largement supérieure à la teneur de référence. Si les teneurs rencontrées dans l'échantillon dépassent cette valeur, une analyse complémentaire devra être effectuée par une autre technique adaptée au dosage de concentrations élevées.
- **La fidélité** mesure l'aptitude d'un laboratoire donné à produire des valeurs stables quelle que soit la date d'analyse. Le défaut correspondant est **la dérive**.
- **La reproductibilité** mesure l'aptitude d'un laboratoire donné à produire des valeurs voisines pour un même échantillon analysé plusieurs fois au sein d'une même série ou de séries différentes.

3.3 Contrôle qualité des analyses

La qualité de l'analyse doit être assurée et validée par le laboratoire. Pour cela les exigences requises pour le choix du laboratoire seront au minimum les suivantes :

- accréditation COFRAC pour tous les paramètres suivis dans le cadre du réseau eaux souterraines,
- agrément ministériel
- affiliation à des programmes d'inter calibration
- utilisation de méthodes normalisées (AFNOR) ou validées (cf. liste SANDRE)

Sur ce point le choix du laboratoire est primordial car le contrôle qualité à posteriori ne sert qu'à contrôler les erreurs de saisie.

Annexe 1 :

Le tableau ci-dessous présente pour les paramètres les plus courants, la référence normative de la méthode d'analyse utilisée ainsi que les conditions de flaconnage et de conservation propres au paramètre à analyser et à la méthode employée. Dans tous les cas, il convient préalablement à tout prélèvement pour analyse, de contacter le laboratoire qui fournit généralement les flacons appropriés et les consignes d'échantillonnage et de conservation spécifiques à la méthode analytique qui sera employée.

Paramètre	Méthode d'analyse	contenant	conservation	Durée max de conservation
Acidité – Alcalinité	NF EN ISO 9963-1	Verre– plastique	Réfrigérateur	24 heures
Agents de surface	Norme EN 903	verre	Réfrigérateur, ajout de formaldéhyde à 40% (V/V) pour avoir une solution 1% (V/V)	4 jours
Aluminium	NF EN ISO 11885	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Ammonium	Méthode interne	Plastique ou verre	Réfrigérateur	24 heures
Argent	NF EN ISO 11885	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Arsenic	FDT 90-119	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Azote Kjeldahl	Méthode interne	Plastique ou verre	Acidification à pH < 2 avec H ₂ SO ₄ - Réfrigérateur	24 heures
Baryum	NF EN ISO 11885	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Bore	NF EN ISO 11885	Plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Bromures	ISO 10304	Plastique	Réfrigérateur	24 heures
Cadmium	FDT 90-119	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Calcium	NF EN ISO 11885	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Carbone Organique Total	NF EN 1484	verre	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 semaine
Chlorures	NFT 90-014	Verre ou plastique	Réfrigérateur	1 mois
Chrome 6+	NF T 90 043	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur après filtration 0,45 µ	24 heures
Chrome Total	NF EN 1233	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Cobalt	NF EN ISO 11885	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Coliformes thermotolérants	XPT 90414	Récipient stérile inviolable de 500 ml contenant 10 mg de Thiosulfate de sodium	Réfrigérateur	24 heures maximum

Cahier des charges pour l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines en France

Coliformes totaux	XPT 90414	Récipient stérile inviolable de 500 ml contenant 10 mg de Thiosulfate de sodium	Réfrigérateur	24 heures maximum
Conductivité	NF EN ISO 27888	Verre ou plastique	Réfrigérateur	24 heures
Couleur	NF EN ISO 7887	Verre ou plastique	Réfrigérateur	24 heures
Cuivre	NF EN ISO 11885	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Cyanures Totaux	NF T 90 107	Plastique	Maintenir pH > 10 avec NaOH	24 heures
DBO₅ jours	Méthode interne	Plastique ou verre	Réfrigérateur	24 heures
DCO	T 90-101	Plastique	Réfrigérateur - Acidifié à pH < 2 avec 2 ‰ H ₂ SO ₄	5 jours
Dénombrement Germes totaux	XPT 90402	Récipient stérile inviolable de 500 ml contenant 10 mg de Thiosulfate de sodium	Réfrigérateur	24 heures maximum
Dureté Totale	NFT 90 003	Plastique	-----	24 heures
Fer Total	NF EN ISO 11885	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Fluorures	NF EN ISO 10304-1	Plastique	Réfrigérateur	1 mois
Graisses	Méthode interne	verre	Réfrigérateur	24 heures
Hydrocarbures polycycliques aromatiques	XPT 90115	Flacons verre lavé aux solvants	Réfrigérateur	Extraction sous 24 heures
Indice CH₂	T90-114	Flacon verre brun d'1 litre	Acidifié pH2 avec H ₂ SO ₄	24 heures
Indice Phénol	Norme 90 109	Verre (1 litre)	Ajout So ₄ Cu et H ₃ PO ₄ pour pH < 4	24 heures
Magnésium	NF EN ISO 11885	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2	1 mois
Manganèse	NF EN ISO 11885	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2	1 mois
Matières en Suspension	NFT 90-105	Plastique ou verre	-----	24 heures
Mercuré	XPT 90113-2	Verre	Acidifié à pH < 2	1 mois
Nickel	NF EN ISO 11885	Verre ou plastique	Acidifié à pH < 2	1 mois
Nitrates	ISO 10304	Plastique	Réfrigérateur	24 heures
Nitrites	NF EN 26777	Plastique ou verre	Réfrigérateur	24 heures

Odeur	EN 1622	Verre	Réfrigérateur	6 heures
Organo Halogénés Volatils	XPT 90125	Flacons sérum spécifique	Réfrigérateur	24 heures
Orthophosphates	NF EN 1189	Plastique ou verre	Réfrigérateur	24 heures
Pesticides azotés	Organo-XPT 90121	Verre lavé aux solvants	Réfrigérateur – vérifier le pH en tre 7 et 8,5	Extraction sous 24 heures
Pesticides chlorés	Organo-ISO 648	Verre lavé aux solvants	Réfrigérateur	Extraction sous 24 h Analyse sous 2 mois
Pesticides phosphorés	Organo-ISO 648	Verre lavé aus solvants	Réfrigérateur	Extraction sous 24 h Analyse sous 2 mois
pH	NFT 90 008	Verre ou Plastique	Réfrigérateur	6 heures
Phosphore Total	NF EN 1189	Verre	Acidification à pH < 2 avec H ₂ SO ₄	1 mois
Plomb	FDT 90-119	Verre ou Plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Potassium	NF EN ISO 11885	Verre ou Plastique	Acidifié à pH < 2 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Résidus secs	NFT 90 029	Verre ou Plastique	Réfrigérateur	24 heures
Sélénium	Méthode interne	Verre	Acidifié à pH < 1 avec 5 ‰ HNO ₃ ultra pur	1 mois
Silice	NF EN ISO 11885	Plastique	Acidifié à pH < 2 avec H ₂ SO ₄	24 heures
Sodium	NF EN ISO 11885	Plastique	Acidifié à pH < 2	1 mois
Spores anaérobies sulfito-réducteurs	ISO 6461/2	Réceptier stérile inviolable de 500 ml contenant 10 mg de Thiosulfate de sodium	Réfrigérateur	24 heures maximum
Streptocoques fécaux	XPT 90416	Réceptier stérile inviolable de 500 ml contenant 10 mg de Thiosulfate de sodium	Réfrigérateur	24 heures maximum
Sulfates	ISO 10304	Verre ou Plastique	Réfrigérateur	1 semaine
Turbidité	NF EN 27027	Verre ou Plastique	Réfrigérateur	24 heures
Zinc	NF EN ISO 11885	Verre ou Plastique	Acidifié à pH < 2	1 mois

BIBLIOGRAPHIE

Norme ISO 5667 : prélèvement et échantillonnage

Annexe 10

Typologie des masses d'eau souterraine (typologie retenue par le groupe de travail « masses d'eau souterraine »)

Proposition pour une TYPOLOGIE des MASSES D'EAU SOUTERRAINE				
Indice	Niveau 1 principal		Niveau 2 secondaire	
	Caractéristiques hydrogéologiques		Caractéristiques de gestion Règles de découpage ou d'agglomération	
	Type de réservoir aquifère	Nature des écoulements		
S	Dominante SEDIMENTAIRE non alluvionnaire	Libre(s) et captif dissociés	<ul style="list-style-type: none"> - Limite amont et aval desaffleurements - Découpage en général par bassin versant hydrogéologique (ou topographique) en 1 ou plusieurs masses d'eau de taille significative pour la gestion - Cas particulier découpage entre la crête piézométrique et le cours d'eau (écoulement dissymétrique) - Limite du bassin d'alimentation du karst si connue 	Écoulement de type KARSTIQUE (Kar)
		Captif ©	<ul style="list-style-type: none"> - une seule masse d'eau captive - limite amont = limite du recouvrement - limite aval basée sur des critères d'usage potentiel AEP (potabilité, exploitabilité) 	
		Libre et captif associés	<ul style="list-style-type: none"> - une seule masse d'eau libre + captive majoritairement CAPTIVE - limite amont = limite de la zone d'affleurement - limite aval basée sur des critères d'usage potentiel AEP (potabilité, exploitabilité) 	FRANGE LITTORALE (risque d'intrusion saline) (Sal)
		Majoritairement libre	<ul style="list-style-type: none"> - une seule masse d'eau captive + libre majoritairement - limite amont = limite de la zone d'affleurement - limite aval basée sur des critères d'usage potentiel AEP (potabilité, exploitabilité) 	CONNEXION (Riv) ou non AVEC LE COURS D'EAU
A	ALLUVIONNAIRE	Libre / Captif	<ul style="list-style-type: none"> - Limite amont à partir de la zone où ils sont suffisamment développés pour être exploitable pour l'AEP en relation plus ou moins étroite avec le cours d'eau - Limite latérale excluant les terrasses alluviales - Possibilité de regrouper des aquifères alluviaux disjoints à même problématique de gestion 	LIAISON HYDRAULIQUE (Drainance, communication) ou non AVEC UN AQUIFERE ENCADRANT (Dra)
V	EDIFICE VOLCANIQUE	Libre / Captif	<ul style="list-style-type: none"> - Limite de l'extension de l'édifice volcanique - Si trans-district possibilité d'un découpage en 2 masses d'eau selon les limites des districts hydrographiques 	REGROUPES ou <i>Continu (Reg)</i>
G	Système du SOCLE comportant des altérites sur du socle fracturé à lithologie indifférenciée	Libre / Captif	<ul style="list-style-type: none"> - Découpage par bassin hydrographique de taille significative - Possibilité de regrouper des bassins versants contigus ayant une même problématique de gestion 	Eaux THERMO-MINERALES
P	Systèmes hydrauliques composites propres aux zones INTENSEMENT PLISSÉES	Libre / Captif	<ul style="list-style-type: none"> - Découpage par croisement des grands ensembles litho-structuraux avec les grands bassins versants hydrographiques ou interfluve - Possibilité de regrouper des bassins versants disjoints ayant une même problématique de gestion 	Petits imperméables disjoints dans un système sédimentaire en grand
D	Système IMPERMÉABLE LOCALEMENT AQUIFERE	Libre / Captif	Zone sédimentaire imperméable = Enveloppe des petits aquifères sédimentaires disjoints à usage AEP disséminés, avec une même problématique de gestion	CONNEXION entre parties Libre et Captive d'un même aquifère

Annexe 11

Protocole sur les règles de conception du Réseau National de connaissance des Eaux Souterraines (RNES)

Entre les parties soussignées :

- l'Etat représenté par la Direction de l'Eau,
- les six Agences de l'Eau.

Il a été convenu ce qui suit :

Considérations préliminaires

Sur les recommandations du Conseil Général des Mines, à qui il avait été confié une mission de réflexion sur la gestion durable des eaux souterraines (rapport et avis de février 1996), le Ministère de l'Environnement a demandé aux Agences de l'Eau d'assurer la responsabilité générale et le financement du "réseau national de connaissance des eaux souterraines".

Les services déconcentrés du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement participent à l'élaboration et au fonctionnement du réseau national de connaissance des eaux souterraines.

Ce réseau doit fournir, à l'échelle nationale, une connaissance patrimoniale de la ressource aquifère, sur le plan quantitatif et qualitatif, pour répondre aux objectifs suivants :

- contribuer à élaborer et à mettre en oeuvre les réglementations nationales et européennes ;
- fournir des éléments actualisés aux services déconcentrés de l'Etat, dans leur tâche de mise en oeuvre de la loi sur l'eau ;
- orienter et évaluer les programmes des Etablissements publics ;
- assurer l'information de l'ensemble des acteurs de l'eau, notamment sur l'impact global des activités humaines, afin de les sensibiliser à la préservation de la ressource.

Les systèmes aquifères d'intérêt national visés par le réseau sont choisis en concertation avec les partenaires des bassins.

La cohérence du dispositif national, qui est ainsi constitué, nécessite que soit défini un corps de règles commun aux six bassins hydrographiques français, échelle à laquelle sont spécifiés les « sous-réseaux » constitutifs du réseau national.

Tel est l'objet de ce protocole, qui ne fait nullement obstacle à ce que des objectifs plus ambitieux soient définis dans certains bassins hydrographiques.

Ce protocole concerne strictement l'acquisition de connaissance sur les eaux souterraines. Dans le cadre d'un système général d'information, il se situe à l'extrême amont de la chaîne de gestion des données. Ce protocole ne traite donc pas de la validation, de la bancarisation ni de la diffusion des données.

ARTICLE 1 : Format des données

Chaque point du réseau fera l'objet d'une fiche d'identification établie conformément aux spécifications élaborées par le Secrétariat d'Administration Nationale des Données Relatives à l'Eau (SANDRE).

De plus, les formats des données acquises en chaque point du réseau devront être conformes aux formats d'échange de données définis par le SANDRE.

ARTICLE 2 : Densité des réseaux

Les réseaux sont construits, sur chaque aquifère sélectionné, en fonction des valeurs guide figurant dans le tableau ci-dessous.

La localisation des points est effectuée en concertation avec les services déconcentrés du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Les points de mesure de la piézométrie devront autant que possible ne pas être influencés, mais certains points influencés pourront être maintenus afin de conserver des chroniques historiques.

	Nombre de points par km ²	
	Piézométrie	Qualité
Aquifères libres (1)	1/500	1/500
Petits aquifères captifs (2)	1/1000	1/1000
Grands aquifères captifs (3)	1/3000	1/3000
Socle	1/7000	1/3500

(1) y compris les zones humides

(2) aquifère de superficie inférieure à 1000 km² (définition Margat)

(3) aquifère de superficie supérieure à 1000 km² (définition Margat)

Ces densités doivent être considérées comme des valeurs minimum. En fonction des moyens disponibles, un principe de bon sens et l'expertise locale doivent guider les adaptations qui seraient nécessaires pour refléter la valeur patrimoniale d'aquifères particuliers, notamment sur le socle.

ARTICLE 3 : Nature des observations du réseau "quantitatif"

Les mesures peuvent être faites soit dans des puits ou forages par piézométrie, soit aux sources. Les paramètres observés seront les suivants :

- des niveaux d'eau NGF en système IGN 69 dans le cas de piézomètres, puits, etc... Il est rappelé que les têtes de piézomètres seront obligatoirement nivelées dans ce système,
- des débits dans le cas de sources en m³/s.

ARTICLE 4 : Fréquence des observations du réseau "quantitatif"

Au minimum, les observations seront réalisées selon une fréquence hebdomadaire, à l'exception des nappes captives pour lesquelles une fréquence mensuelle sera adoptée.

La moyenne des valeurs de chaque semaine constituera la valeur hebdomadaire de référence si les points d'observation de la piézométrie sont équipés d'un dispositif de mesure en continu. Ceci est en particulier recommandable pour les points qui sont influencés (car on pourra alors calculer la moyenne des valeurs maximales - remontées du niveau piézométrique entre deux pics de pompage - pour déterminer un niveau hebdomadaire de référence).

Lorsque la mesure est réalisée manuellement, cette valeur ponctuelle sera enregistrée en tant que telle.

ARTICLE 5 : Paramètres mesurés du réseau "qualité"

Un point zéro plus complet que le minimum fixé par ce protocole sera réalisé sur chaque point du réseau « qualité » : on se référera à une analyse européenne (Décret 89.3 du 3 janvier 1989) qui comprend des analyses de type B3 + C3 + C4a + C4b + C4c + C4d + Argent + Nickel + Antimoine + Carbone Organique Dissous, à compléter par les analyses des paramètres précisés ci-après qui ne sont pas visés par ce décret.

Sur les aquifères pour lesquels l'étude et le suivi de l'origine de l'eau est un enjeu de connaissance patrimoniale, il est recommandé d'effectuer une mesure des isotopes permettant de caractériser l'eau. Ils seront spécifiés localement.

Les paramètres des rubriques suivantes seront mesurés **systématiquement, à chaque prélèvement**, selon des fréquences précisées à l'article 6 ci-après.

En puits ou forage, les prélèvements seront réalisés après un pompage permettant un renouvellement satisfaisant de l'eau du forage et après stabilisation des paramètres température et conductivité.

Pour les sources, le prélèvement pourra être instantané mais devra être réalisé immédiatement au débouché du flux d'eau.

1. Physico-chimie in situ

PARAMETRES	UNITE
Température	degré Celsius
Conductivité	µS/cm à 25°C
pH	unité pH
eH	mV
Oxygène dissous	mg/l

Ces paramètres seront mesurés sur site après stabilisation des valeurs mesurées.

2. Eléments majeurs

PARAMETRES		UNITE
Hydrogénocarbonates	HCO_3^- *	mg/l
Carbonates	CO_3^{2-} *	mg/l
Chlorures	Cl^-	mg/l
Sulfates	SO_4^{2-}	mg/l
Calcium	Ca^{2+}	mg/l
Magnésium	Mg^{2+}	mg/l
Sodium	Na^+	mg/l
Potassium	K^+	mg/l

* Ces deux paramètres sont déterminés par une seule analyse.

3. Matières organiques oxydables

PARAMETRES	UNITE
Oxydabilité au KMnO ₄ en milieu acide à chaud	mg/l O ₂
Carbone Organique Dissous (COD)	mg/l

4. Matières en suspension

PARAMETRES	UNITE
Turbidité	FNU
Fer total	mg/l
Manganèse total	mg/l

5. Minéralisation et salinité

PARAMETRES	UNITE
Dureté Totale*	degré français
Silice	SiO ₂ ⁻ mg/l
Fluorures	F ⁻ mg/l

* Ce paramètre est calculé à partir des concentrations ioniques mesurées.

6. Composés azotés

PARAMETRES	UNITE
Nitrates	NO ₃ ⁻ mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺ mg/l

7. Micropolluants minéraux (sur eau filtrée)

PARAMETRES	UNITE
Antimoine	Sb µg/l
Arsenic	As µg/l
Bore	B µg/l
Cadmium	Cd µg/l
Chrome total	Cr total µg/l
Cuivre	Cu µg/l
Cyanures libres	CN ⁻ µg/l
Mercure	Hg µg/l
Nickel	Ni µg/l
Plomb	Pb µg/l
Sélénium	Se µg/l
Zinc	Zn µg/l

Ces paramètres seront mesurés après filtration.

8. Micropolluants organiques

La recherche de polluants organiques sera faite en fonction de l'environnement du site d'échantillonnage selon deux listes de substances actives à rechercher, dont la réunion constitue la liste des micropolluants organiques (LMO) :

- En environnement rural, les familles de la liste principale agricole (LPA) seront recherchées ;
- En environnement urbain ou industriel, les familles de la liste principale urbaine et industrielle (LPUI) seront recherchées.

Familles analysées :	LMO	
	LPA	LPUI
<u>Organochlorés :</u> - lindane, ou γ HCH - métolachlore, - métazachlore		
<u>Organoazotés :</u> - atrazine, - simazine, - déséthyl atrazine - déséthylsimazine - terbuthylazine		
<u>Urées substituées :</u> - diuron - isoproturon - chlortoluron		
<u>Composés Organo-halogénés Volatils (OHV)</u> - tétrachloroéthylène - trichloroéthylène ou trichloréthène, - chloroforme (CHCl ₃) - tétrachlorure de carbone (CCl ₄) - 1,1,1, trichloroéthane		

Dans chacun des quatre groupes, toutes les substances d'une même famille dont les concentrations sont supérieures aux seuils de quantification doivent être signalées. En outre, toutes les substances signalées dans le tableau doivent figurer parmi les résultats de mesure, même si les concentrations sont inférieures aux seuils de dosabilité.

En zone karstique à environnement urbain, industriel ou mixte, il est recommandé d'analyser, en plus des familles des substances ci-dessus :

- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : benzo(a)pyrène et la somme des concentrations en benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène et indénol(1,2,3-cd)pyrène ;
- polychlorobiphényles (PCB) : (28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180) ;
- hexachlorobenzène (HCB).

Ces listes sont à considérer comme un tronc commun minimum et pourront être complétées, en fonction des moyens disponibles, par les listes de micropolluants établies régionalement.

L'analyse du glyphosate et de l'amminotriazole sera recommandée lorsque les difficultés analytiques posées actuellement par ces molécules seront résolues.

ARTICLE 6 : Fréquences des mesures du réseau "qualité"

Pour les rubriques n° 1 à 6 de l'article 5 ci-dessus (à savoir « physico-chimie in situ », « éléments majeurs », « matières organiques oxydables », « matière en suspension », « minéralisation et salinité » et « composés azotés »), les points de mesure feront l'objet de prélèvements **deux fois par an au minimum**, soit un prélèvement en période d'étiage et un prélèvement en période de hautes eaux.

Toutefois, dans le cas des aquifères captifs, la fréquence pourra être réduite à un seul prélèvement annuel.

A l'occasion de ces prélèvements, on mesurera **tous les cinq ans** les paramètres de la rubrique n°7 de l'article 5 ci-dessus (« micro-polluants minéraux »).

En fonction des moyens disponibles, le contexte pourra inciter à mesurer les paramètres de cette rubrique systématiquement lors des trois premières campagnes, s'il existe des risques de pollution qui pourraient entraîner des variations importantes des teneurs.

En cas de détection d'un de ces éléments à une teneur supérieure aux seuils les plus bas du SEQ-eau souterraine (limite qualité bleu clair/bleu foncé pour l'usage AEP), celui-ci sera alors systématiquement mesuré. Lorsqu'il est avéré que des teneurs élevées systématiques sont liées à la nature géochimiques du réservoir (notamment en zone de socle), on pourra revenir à une analyse tous les cinq ans.

Pour la rubrique n°8 de l'article 5 ci-dessus (« micropolluants organiques »), les analyses seront réalisées selon les fréquences indiquées dans le tableau suivant :

Occupation des sols	agricole	urbain et industriel	mixte ou indéterminé	impact anthropique faible
Type d'aquifère				
Vulnérabilité variable	LPA : 2/an *	LPUI : 2/an *	LMO : 2/an *	LMO : 1 /2 ans **
Profond et à très faible renouvellement	sans objet, cf. colonne « impact anthropique faible »			LMO : 1/5 ans **

(* 1 en basses eaux, 1 en hautes eaux ; ** en hautes eaux de préférence)

En zone **karstique** exposée à impact anthropique, il est préconisé une fréquence de **12** échantillonnages par an.

ARTICLE 7 : Révision et évolution du protocole

Le protocole pourra être revu en tant que de besoin et en fonction des progrès technologiques.

Paris, le 29 juillet 1999

Le Directeur de l'eau

Le Directeur de l'agence de l'eau
Adour-Garonne

Le Directeur de l'agence de l'eau
Artois-Picardie

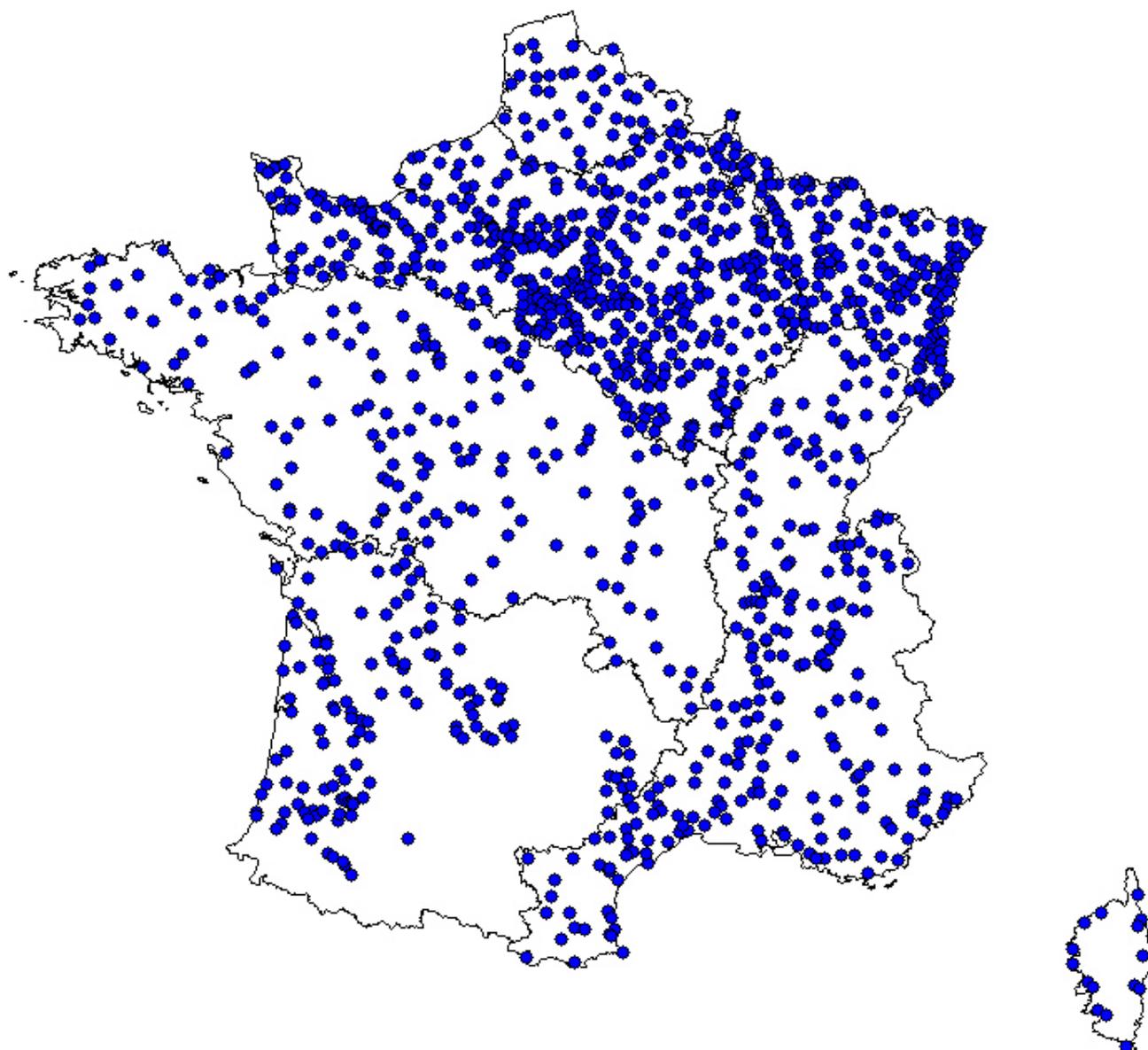
Le Directeur de l'agence de l'eau
Loire-Bretagne

Le Directeur de l'agence de l'eau
Rhin-Meuse

Le Directeur de l'agence de l'eau
Rhône-Méditerranée-Corse

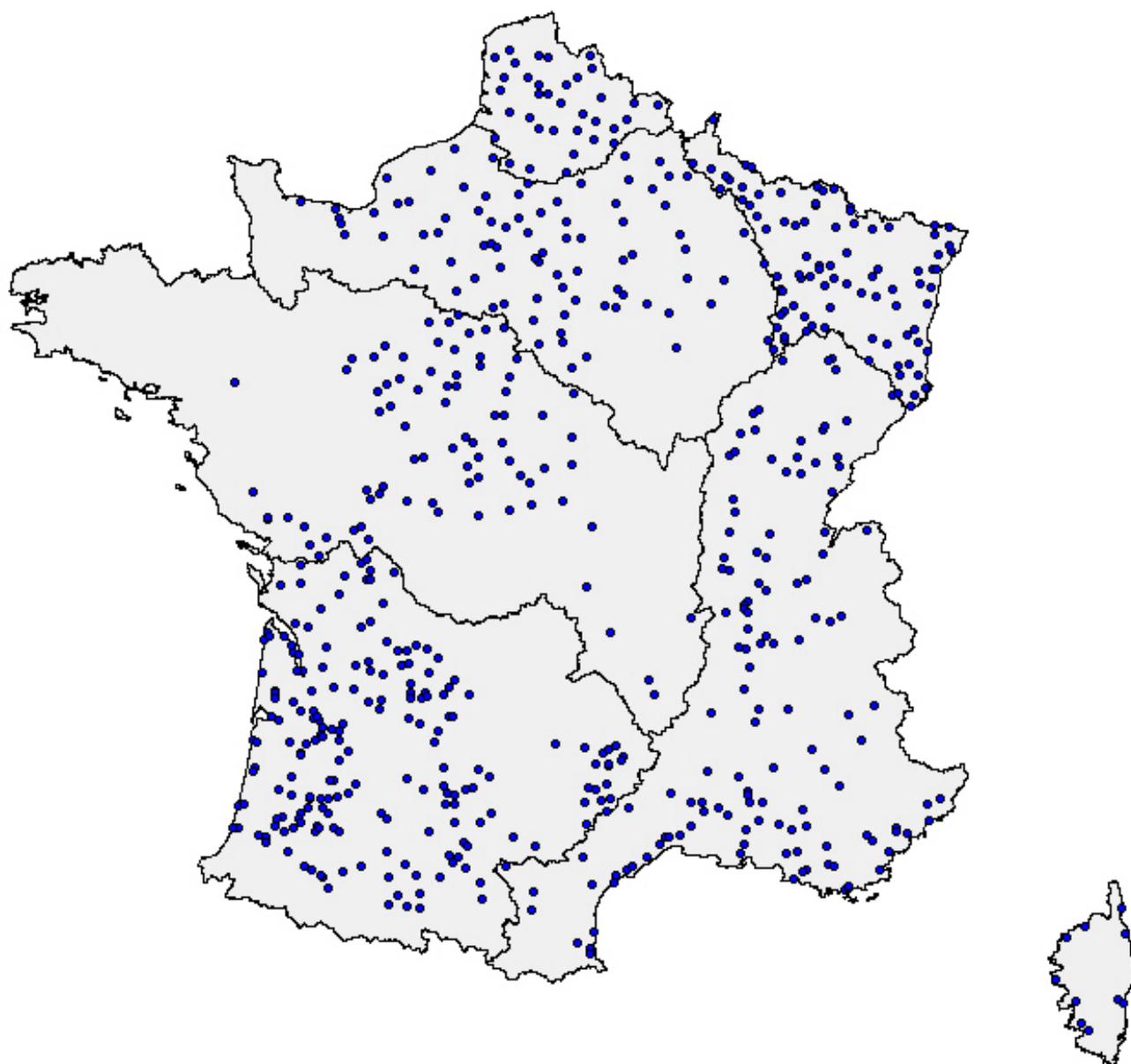
Le Directeur de l'agence de l'eau
Seine-Normandie

Etat d'avancement du RNES - qualité en juillet 2003



Source : ADES. Traitements : Ifen, 2003.

Etat d'avancement du RNES - piézométrie en juillet 2003



Source : ADES. Traitements : Ifen, 2003.

Annexe 12

Stratégie de mise en place d'un réseau piézométrique dans le cadre de l'exercice de la police de l'eau

Frédéric VERLEY (Diren-Centre)

1/ Police de l'eau et gestion des eaux souterraines

Le cadre de l'exercice de la police de l'eau dont le fondement repose sur le Code de l'environnement notamment son article L211-1 a pour objectif premier une **gestion équilibrée de la ressource en eau**.

Cette gestion équilibrée vise notamment à assurer :

- *la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides,*
- *le développement et la protection de la ressource en eau ;*
- *la valorisation de l'eau comme ressource économique et la répartition de cette ressource.*

La gestion équilibrée doit permettre de satisfaire ou concilier, lors des différents usages, activités ou travaux, les exigences :

- *de l'alimentation en eau potable de la population,*
- *de la vie biologique du milieu récepteur, et spécialement de la faune piscicole ;*
- *de la conservation et du libre écoulement des eaux ;*
- *de l'agriculture, de la pêche en eau douce , de l'industrie, de la production d'énergie, des loisirs et des sports nautiques ainsi que de toutes autres activités humaines légalement exercées.*

Différentes voies d'action concourent à la poursuite de cet objectif, parmi lesquelles l'action réglementaire ou police de l'eau qui repose sur les régimes **d'autorisation et de déclaration** qui régissent les installations, ouvrages, travaux et activités réalisés à des fins non domestiques par toute personne publique ou privée , et entraînant des prélèvements sur les eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non, une modification du niveau ou du mode d'écoulement des eaux ou des déversements, écoulements, rejets ...

Les autorisations qui encadrent ces activités doivent être compatibles ou rendues compatibles avec les dispositions des **SDAGE** et s'ils existent, des **SAGE**, qui précisent les objectifs de la gestion équilibrée de l'eau dans les bassins et sous bassins.

La gestion quantitative des eaux souterraines au travers de l'action des autorités de police de l'eau, responsables de leur conservation, dotées du pouvoir de réglementation (autorisation de prélèvements notamment) et d'arbitrage entre les différents usages doit consister, essentiellement à prévenir la surexploitation des nappes et anticiper les situations de crise (crue de nappe et étiage sévère) et par conséquent disposer des indices qui les annonceraient.

Elle doit permettre l'adéquation entre l'offre (ressources disponibles), la demande (prélèvements) et les contraintes (préservation des milieux).

L'appréciation de l'impact des activités réglementées et de leur compatibilité avec les objectifs visés ci dessus se mesure au travers d'une **étude d'incidence**, dont la production incombe au pétitionnaire.

Cette étude doit notamment décrire de façon précise l'état initial, les effets de l'activité sur la ressource et les milieux aquatiques associés et enfin les mesures compensatoires prises pour y remédier.

Il importe de ce fait que les services chargés de l'exercice de la police de l'eau, à l'échelle du département, puissent disposer des éléments de connaissance nécessaires à l'appréciation du contenu et de la valeur de ces études d'incidences.

Le besoin d'un accès aux informations concernant les ressources en eau souterraine s'exprime également de la part des services de police de l'eau dans le cadre des cellules "sécheresse" pour la mise en œuvre des actions de la limitation voire de suspension provisoire des usages de l'eau

Il revient également aux services de police de l'eau de proposer aux préfets les prescriptions techniques qui garantissent les objectifs de gestion équilibrée précisés par les SDAGE.

Enfin, dans le cas d'enjeux importants, les services de police de l'eau doivent pouvoir s'appuyer sur des outils de modélisation qui ne peuvent être conçus ni fonctionner sans des données détaillées et fiables.

En général, on constate donc que le besoin en connaissance, pour l'exercice de la police de l'eau, s'exprime notamment pour ce qui concerne les ressources en eau souterraine **sur les données variables dans le temps, en premier lieu les variations de charge hydraulique (niveaux, pressions), donc les variations des réserves des nappes souterraines**, domaine qui reste encore aujourd'hui à l'échelle du territoire français à un niveau de connaissance inégal et donc localement partiel.

Ces données demandent également à être traduites et décrites au travers des fonctions :

- de **stockage** à laquelle sont associées les notions de réserves totale, renouvelable...;
- de **transfert d'eau** : dynamique des écoulements (directions, gradients) ;
- de **transfert de pression** : sensibilité des nappes captives ;

Les inconvénients les plus répandus - sans être exhaustif - liés à l'absence de ce type d'informations sont généralement l'impossibilité de diagnostiquer les causes de diminutions constatées de production des captages, de l'accroissement local des rabattements de niveaux dynamiques, de diminution importante des débits des cours d'eau tributaires ou de sources liés à des faiblesses temporaires d'alimentation des nappes en année sèche ou même normale voire à des surexploitation entraînant un épuisement progressif des réserves sources généralement de conflits d'usages et d'atteintes parfois irréversibles aux milieux aquatiques.

C'est pourquoi il est apparu nécessaire d'engager une réflexion **sur la stratégie de mise en place ou d'optimisation des réseaux piézométriques pour l'exercice de la police de l'eau.**

L'échelle de réflexion à retenir dans le contexte actuel de mise en œuvre de la directive cadre européenne 2000/60/CE sur l'eau pourrait être les **masses d'eau** (volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou plusieurs aquifères) dont les limites sont en cours de définition à l'échelle des 6 grands bassins hydrographiques, même s'il n'est pas exclu qu'un découpage de ces dernières ne soit parfois nécessaire pour coller au plus près des entités sur lesquelles des

mesures de gestion sont en cours d'élaboration ou encore prévues et pour lesquelles des besoins ont d'ores et déjà été exprimés (périmètres de SAGE par exemple).

Il importe par ailleurs que la réflexion puisse s'appuyer sur les conclusions des études diagnostic des réseaux existants qui doivent être engagées - et qui le sont déjà pour certains - comme le prévoit la circulaire du 26 mars 2002 sur le système national d'information sur l'eau.

2/ Densité des réseaux :

Une des questions fréquemment soulevée lors de la mise en place des réseaux piézométriques porte sur la densité à arrêter pour répondre aux objectifs poursuivis.

Une réponse pourrait être : "**de la qualité surtout et dans une moindre mesure de la quantité**".

Il faut ainsi rappeler que les densités minimales retenues dans le protocole sur les règles de conception **du réseau national de connaissance des eaux souterraines** du 29 juillet 1999 et dont un des objectifs était de fournir des éléments actualisés aux services déconcentrés de l'Etat dans leur tâche de mise en œuvre de la loi sur l'eau donc l'exercice de la police de l'eau étaient de :

*1/500 km² pour les aquifères libres
1/1000km² pour les petits aquifères captifs (<1000 km²)
1/3000km² pour les grands aquifères captifs (>1000 km²)
1/7000 km² pour le socle.*

A comparer par exemple à la densité du réseau de suivi piézométrique de la **nappe de Beauce** en région Centre (77 stations dont 17 automatisées pour 7000 km² soit **environ 1 station pour 100 km²**) pour un complexe aquifère - marqué par un fort anthropisme -pour lequel l'action de la police de l'eau au travers notamment de la régulation des prélèvements s'est fortement développé depuis une dizaine d'année, nécessitant une connaissance importante et fiable de ces derniers et de leur impact sur la ressource.

La vérité dans ce domaine se situe certainement à mi chemin entre ces extrêmes, et la densité à retenir n'est de toute façon sûrement pas une fin en soi.

Cette dernière va dépendre pour chaque masse d'eau de la possibilité à rechercher et délimiter des zones de groupement homogène des facteurs qui régissent le régime des nappes souterraines - zones où l'on pourra présumer que les variations piézométriques doivent être à peu près identiques parce que régies par les mêmes facteurs (caractéristiques physiques du milieu aquifère, position dans le système aquifère par rapport aux limites, conditions de recharge,...).

3/ Critères de choix des stations :

Le choix de la ou des stations à retenir dans ces zones se basera généralement, pour des raisons exclusivement économiques, sur des ouvrages existants (forages, puits,...), et le cas échéant sur des ouvrages à créer.

Les critères de choix devront s'appuyer sur une connaissance fine de l'ouvrage et de son environnement :

- Conditions d'accès et localisation,
- Coupe technique et géologique : l'ouvrage recoupe-t-il complètement l'horizon aquifère ?, ou alors plusieurs horizons ?, existence de cimentation, position des crépines.
- Position de l'ouvrage par rapport aux limites, conditions de drainance entre aquifères, influence et interaction d'ouvrages proximaux...

L'utilisation d'ouvrages exploités voire sous l'influence d'autres ouvrages ou aménagements est à éviter autant que possible.

Par ailleurs, dans un souci de pérenniser le suivi des variations piézométriques en situation extrême notamment en basses eaux, il convient de s'assurer que l'ouvrage recoupe intégralement la zone de battement de la nappe.

Il faudra également s'assurer de la pérennité de l'ouvrage et donc de son suivi dans le temps.

Le choix d'ouvrages sur lesquels des mesures ont déjà été réalisées, même de manière fractionnée sera favorisé dans la mesure où leur pertinence est avérée.

L'unicité de la ressource et l'interdépendance des systèmes superficiels et souterrains doit conduire également à rechercher la cohérence entre réseau piézométrique et réseau hydrométrique.

4/ Fréquence de mesures

Si l'on se réfère à nouveau au protocole national de 1999, la fréquence minimum proposée était la mesure hebdomadaire à l'exception des nappes captives pour lesquelles une fréquence mensuelle était retenue.

L'expérience dans ce domaine montre qu'à l'exception des stations pour lesquelles seul le recours à la mesure manuelle n'est possible, l'équipement des sites en centrales d'acquisition automatiques de mesures horaires télé transmises est un plus indéniable notamment pour la gestion des situations de crise - cellule sécheresse par exemple (voir également indicateur nappe de Beauce http://www.environnement.gouv.fr/centre/nappe_de_beauce.htm ou dispositif de gestion des prélèvements pour l'irrigation du maïs dans les bassins versants du Colin Ouatier (Cher) http://www.environnement.gouv.fr/centre/hydrogeologie/colin_ouatier.htm).

4/ Exploitation et mise à disposition des données

L'expérience montre qu'outre une demande des services de police de l'eau de disposer de données piézométriques à proximité de l'activité ou de l'ouvrage à régler ou à défaut de station dont le comportement peut être rapproché du cas considéré, les besoins exprimés concernent essentiellement :

- la connaissance du fonctionnement des systèmes aquifères et des interactions de ces derniers avec les milieux superficiels (dans les zones d'échanges nappe -rivière notamment);
- les données élaborées (indicateurs statistiques notamment, établissement de seuils d'alerte et courbes de tarissement) sur des stations "de référence" dont l'élaboration demande de disposer de chroniques relativement longues et donc pas toujours disponibles ;

- enfin, en situation de crise, un suivi et une mise à disposition rapide des informations dans les zones à risque.

Sur ce dernier point, il importe ainsi qu'une réflexion soit engagée sur l'adéquation des outils existants ou en cours de finalisation (ADES notamment) et ce besoin exprimé de mise à disposition rapide de données piézométriques.

Annexe 13

Présentation de SISE-Eaux

Philippe HARMANT (DGS)

En 1992, la direction générale de la santé a décidé de doter l'ensemble des services santé-environnement des DDASS d'une application informatique permettant de traiter les données du contrôle sanitaire des eaux en application de la réglementation européenne et nationale sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Le système SISE (système d'information santé-environnement) a été mis en chantier le 28 mars 1992. La première version de l'application pour les données des eaux destinées à l'alimentation humaine a été diffusée sur l'ensemble des directions départementales des affaires sanitaires et sociales au premier trimestre 1995.

L'outil SISE-Eaux d'alimentation se compose pour chaque DDASS d'une base de données sur serveur UNIX et de postes de gestion fonctionnant en client-serveur sous Windows. Ces données sont remontées hebdomadairement vers une base nationale par une la DGS et l'ensemble des services extérieurs du ministère de la santé.

C'est un système cohérent de définition des données administratives, techniques et analytiques de la distribution d'eau en France reconnu par les partenaires de l'eau. En effet, le modèle de données permet une description homogène à l'échelle nationale de toutes les installations de captage, de traitement et de distribution d'eau d'alimentation et des analyses qui s'y rapportent. Il permet donc l'exploitation des données à tous les échelons: départemental, régional, de bassin et national.

Le SANDRE s'est appuyée sur les travaux du Sise pour définir son modèle de données et son dictionnaire eau potable. A cet égard l'échange de données en test entre les distributeurs et la base Sise respecte le format sandre.

A L'ÉCHELON DÉPARTEMENTAL

SISE-Eaux permet la gestion sécurisée des données d'intérêt national, mais il permet aussi la gestion de propriétés complémentaires dont la définition est laissée aux soins des DDASS afin qu'elles puissent tenir compte et décrire les spécificités locales des installations de distributions sans altérer la cohérence nationale.

SISE-Eaux est accompagné d'un ensemble d'applicatifs périphériques et d'un outil d'info centre (business object) qui permettent d'automatiser de nombreuses tâches départementales à savoir: édition et diffusion des bulletins d'analyses, gestion de la facturation des prélèvements, organisation des tournées de prélèvement, mise en forme de rapports de synthèse destinés notamment à l'information des élus, des professionnels et du public etc... Ces outils ouvrent également des possibilités d'étude d'expertise et d'aide à la décision à partir des données brutes pour produire et suivre des indicateurs de synthèse y compris sous forme graphique ou cartographique.

L'info centre permet également d'élaborer des rapports européens, les tableaux de bord, rapports européens, statistiques,...

Il est important de souligner que deux nouvelles applications ont enrichi le système d'information SISE-Eaux en sus de l'eau d'alimentation. :

- SISE Eaux de baignade pour l'application dédiée aux eaux de baignade (eau douce et eau de mer) déployée en mai 2001
- Sise thermalisme l'application thermalisme dont la montée en charge est en cours. Ces applications ont élargi le référentiel de données et nombre de tables et données sont communes.

Enfin, la quasi totalité des laboratoires agréés par le ministère de la santé sont en mesure d'alimenter automatiquement les bases départementales (transmission informatique des résultats).

A L'ÉCHELON NATIONAL

La Direction Générale de la Santé mais aussi les DRASS et les DRASS coordonnatrices de bassin disposent maintenant d'informations complètes et actualisées (il se passe environ un mois entre l'opération de prélèvement sur le terrain et la remontée de l'information dans la base nationale) qu'elles mettaient auparavant plusieurs années à collecter.

Ceci permet de suivre l'évolution des indicateurs nationaux, de répondre aux situations de crise, de simuler les conséquences d'évolutions réglementaires, de fournir aux autres acteurs du domaine de l'eau les informations de synthèse dont ils ont besoin pour définir et évaluer leur politique.

La base nationale a été constituée en novembre 1997. Elle comporte l'ensemble des données descriptives de la France entière y compris les départements d'outremer. Sa mise à jour s'effectue par à une procédure hebdomadaire automatique. Elle s'enrichit actuellement à un rythme d'environ 90 000 résultats analytiques par semaine. La base s'est aussi reconstituée pour les seuls nouveaux prélèvements, sans compter les récupérations progressives d'historique qui pour certaines DDASS remontent déjà à plus de 10 années.

L'outil SISE-Eaux d'alimentation comporte plus de 100000 installations, plus de 240000 points de surveillance, le cap de 36 millions de résultats d'analyse est franchi. Il est intégré dans l'architecture informatique générale du ministère et bénéficie donc à ce titre, de tous les avantages de la mise en réseau de l'ensemble des services déconcentrés et de l'administration centrale, notamment: gestion à distance des déploiements de nouvelles versions, dépannage, assistance et contrôle technique par les services informatiques du ministère, circulation sécurisée des données que ce soit pour la mise à jour des référentiels nationaux sur les serveurs départementaux ou à l'inverse pour la remontée des données départementales vers le serveur national ou vers les serveurs régionaux.

Sécurité

Un document technique a été préparé par la sous-direction SINTEL autour des sécurités d'accès et de l'exploitation des bases de données. Les remontées de données hebdomadaires sont sécurisées par le recours au protocole FTP. Aucune mesure particulière n'a été définie concernant les aspects métiers notamment dans la saisie des données.

DONNEES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

Les Installations

34 053 captages différents en eau souterraine utilisés pour un usage AEP (distribution collective publique, hors distribution collective privée) étaient répertoriés dans la base Sise-eaux au mois d'août 2002. 26 614 captages sont des installations indépendantes, à savoir qu'il n'y a pas de mélange d'eau brute réalisé sur ces installations. 7439 captages font l'objet de mélange d'eau brute et correspondent à 2 331 mélanges différents. A noter que le contrôle sanitaire des eaux brutes est le plus souvent réalisé au point de mélange des eaux brutes et non pas au niveau de chaque point de captage.

Ces installations sont caractérisées par différentes données physiques ou données de gestion à savoir pour le principal :

- le nom du captage
- la commune d'implantation
- l'unité de gestion et d'exploitation (couple propriétaire/exploitant)
- principales dates de la procédure d'installation du périmètre de protection
- le débit moyen journalier, le débit de pointe (mal renseigné), moyen réglementaire (le mieux renseigné) .
- les coordonnées Lambert II étendu: dans le cadre d'une convention avec le ministère en charge de l'environnement et le BRGM, les coordonnées sont remises à jour ou renseignées pour chaque point de captage de la base Sise-Eaux.
- l'usage direct du captage (AEP si usage destiné à la consommation humaine)
- la DDASS responsable de suivi (la DDASS en charge du contrôle sanitaire sur ce point de prélèvement)
- l'origine de l'eau (Eau surface, eau souterraine)
- le nom de la nappe dans laquelle l'eau est puisée (peu renseigné)
- les codes et désignations BSS (BRGM) : dans le cadre d'une convention avec le ministère en charge de l'environnement et le BRGM, les codes BSS sont remis à jour ou renseignés pour chaque point de captage de la base Sise-Eaux.

Les données du contrôle sanitaire

Jusqu'au 21 décembre 2001, les fréquences d'échantillonnage ainsi que les paramètres faisant l'objet du contrôle sanitaire étaient fixés par le décret no89-3 du 3 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles. Depuis le 22 décembre 2001, le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles fixe les paramètres et les fréquences d'échantillonnage du contrôle sanitaire.

Concernant les eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable, les ressources profondes (RP) et les ressources de surface (RS) font l'objet d'un contrôle spécifique. Le tableau ci-dessous reprend les analyses types :

Tableau 1 : paramètres contrôlés au niveau de la ressource dans le cadre du contrôle sanitaire

Paramètres	Décret 2001-1220	
	RP	RS
Activité alpha globale	x	x
Activité bêta globale	x	x
Agents de surface réagissant au bleu de méthylène		x
Aluminium total		x
Ammonium (NH4)	x	x
Antimoine	x	
Arsenic (As)	x	x
Azote Kjeldhal (N)		x
Baryum (Ba)		x
Bore (B)	x	x
Cadmium (Cd)	x	x
Chlorures (Cl)	x	x
Chrome total (Cr)		x
Conductivité	x	x
Couleur		x
Cuivre (Cu)		x
Cyanures totaux (CN)		x
Demande biochimique en oxygène (DB05) à 20°C		x
Demande chimique en oxygène (DCO)		x
Entérocoques	x	x
Escherichia coli	x	x
Fer dissous (Fe)	x	x
Florures (F)	x	x
Hydrocarbures aromatiques polycycliques		x
Hydrocarbures dissous ou émulsionnés (indice)	x	x
Manganèse (Mn)	x	x
Matières en suspension		x
Mercuré (Hg)		x
Nickel	x	x
Nitrates (en NO3)	x	x
Nitrites (en NO2)	x	x
Odeur et saveur		x
Oxydabilité (O2)	x	x
Oxygène dissous	x	x
Pesticides	x	x
pH	x	x
Phénols (indice phénol)		x
Phosphore total (P205)	x	x
Plomb		x
Résidu sec		x (voir conductivité)
Sélénium (Se)	x	x
Silice	x	x
Sodium (Na)	x	x
Sulfates (S04)	x	x
Température (OC)	x	x
Tétrachloroéthylène et trichloroéthylène	x	x
Turbidité (FNU ou NFU)	x	x
Zinc (Zn)		x

La fréquence d'échantillonnage est fixée selon le débit journalier de la ressource et le type de ressource utilisée (RP -ressource profonde; RS -ressource de surface).

Tableau 2 : fréquence d'échantillonnage -contrôle sanitaire des eaux brutes

Débit journalier (m3/Jour)	Fréquences annuelles	
	RP	RS
Inférieur à 10	0,2 (*)	0,5 (*)
De 10 à 100	0,2 (*)	1
De 100 à 399	0,5 (*)	2
De 400 à 999	0,5 (*)	2
De 1000 à 1999	0,5 (*)	2
De 2 000 à 5 999	1	3
De 6000 à 9999	2	6
De 10000 à 19 999	2	6
De 20 000 à 29 999	4	12
De 30 000 à 59 999	4	12
De 60 000 à 99 999	4	12
Supérieure ou égal à 100 000	4	12
(*) 0,2 et 0,5 correspondent respectivement à une analyse tous les 5 ans et tous les 2 ans		

Par débit journalier, il faut entendre le débit moyen du système de captages (c.a.d. la somme des débits moyens de chaque captage dans le cas d'un champ captant de plusieurs forages). Dans le cas d'un champ captant constitué de plusieurs forages, le point de surveillance principal est le plus souvent le point de mélange des eaux des différents forages. Les analyses sont donc représentatives du mélange mais peuvent être sensiblement différentes de la qualité d'eau produite par chaque forage (notamment dans le cas de champs captants étendus, de process de recharge de nappes...).

De plus, en fonction des enjeux locaux de qualité, conformément à l'article 12 du décret 2001-1220, le préfet peut, par arrêté, et selon les modalités prévues à l'annexe II-3 dudit décret, modifier le programme d'analyses des échantillons d'eau prélevés dans les installations de production et de distribution s'il estime que les conditions de protection du captage de l'eau et de fonctionnement des installations, les vérifications effectuées et la qualité de l'eau le nécessitent ou le permettent. Cette modification ne peut conduire à une augmentation du coût du programme d'analyse supérieure à 20%.