

RAPPORT D'ÉTUDE  
N° DRC-09-103772-15448A

23/12/2009

**Etat des connaissances et perspectives quant à  
l'évolution des programmes de surveillance des  
eaux souterraines (dans le contexte des  
installations classées, des sites pollués ou  
potentiellement pollués)**

**INERIS**

maîtriser le risque |  
pour un développement durable |



# **Etat des connaissances et perspectives quant à l'évolution des programmes de surveillance des eaux souterraines (dans le contexte des installations classées, des sites pollués ou potentiellement pollués)**

## Client :

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM).

## Liste des personnes ayant participé à l'étude :

L'auteur remercie V. Guérin et L. Rouvreau (BRGM) pour leur aimable relecture. Ce document n'engage toutefois que son auteur.

## PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Fabrice QUIOT	Benoît HAZEBROUCK	Jacques BUREAU
Qualité	Ingénieur au pôle RISK "Risque et technologies durables", Unité « Comportement des contaminants dans les sols et les matériaux »	Responsable d'unité au pôle RISK "Risque et technologies durables", Unité « Comportement des contaminants dans les sols et les matériaux »	Responsable du pôle RISK "Risque et technologies durables", Direction des Risques Chroniques
Visa			

# TABLE DES MATIÈRES

<b>RESUME .....</b>	<b>5</b>
<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>7</b>
<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIF .....</b>	<b>9</b>
<b>2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET ORIENTATIONS METHODOLOGIQUES AU NIVEAU EUROPEEN ET FRANÇAIS .....</b>	<b>13</b>
2.1 Au niveau Européen : la Directive Cadre Eau .....	13
2.1.1 Présentation du programme de surveillance .....	13
2.1.2 Remarque relative à la notion de bon état de la DCE, « la masse d'eau ».....	17
2.1.3 Evolution du programme de surveillance.....	19
2.1.4 Transposition en droit Français.....	20
2.2 Au niveau Français.....	25
2.2.1 Réglementation liée aux IC.....	25
2.2.2 Méthodologie liée aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués .....	27
<b>3. ETAT DES LIEUX ET REFLEXIONS EN COURS AU NIVEAU FRANÇAIS .....</b>	<b>30</b>
<b>4. ETAT DES LIEUX ET DES REFLEXIONS EN COURS DANS D'AUTRES PAYS .....</b>	<b>36</b>
<b>5. PISTES DE REFLEXION ISSUES DES INFORMATIONS PRECEDENTES .....</b>	<b>43</b>
<b>6. CONCLUSION.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>48</b>
<b>LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>51</b>

## LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Rappel succinct et simplifié quant à la démarche de gestion des sites et sols pollués et la surveillance environnementale.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 2 : Les 14 districts hydrographiques Français .....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 3 : Les deux volets du programme de surveillance des eaux souterraines</i>	<i>16</i>
<i>Figure 4 : Différence d'échelle entre pollution diffuse .....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 5 : Textes relatifs à la DCE et notion d'évolution de la surveillance des eaux souterraines.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 6 : Réglementaire liée aux IC et notion d'évolution .....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 7 : Textes de 2007 relatifs aux sites pollués et notion d'évolution de la surveillance des eaux souterraines .....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 8 : Existant ou en cours au niveau national.....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 9 : Réponses obtenues.....</i>	<i>36</i>
<i>Figure 10 : Existant ou en cours au niveau Européen et Outre-Atlantique .....</i>	<i>42</i>

## LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Principales échéances de la DCE en France .....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 2 : Réseaux de contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines de la France.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 3 : Réseaux de contrôle opérationnel de l'état chimique des eaux souterraines de la France.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 4 : Exemples d'évolution et d'arrêt de surveillance des eaux souterraines.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 5 : Durée d'une surveillance en fonction de son objectif.....</i>	<i>33</i>

## **RESUME**

Dans le contexte des Installations Classées (IC) et des sites pollués ou potentiellement pollués, la surveillance des eaux souterraines a pour objectifs de renseigner quant à la présence et à l'évolution d'une pollution, de comprendre les évolutions constatées, d'orienter ou de vérifier des mesures de gestion ou encore de faciliter la communication entre les parties prenantes. Cette surveillance, en particulier lorsqu'elle est menée sur le long terme, doit être évolutive et doit faire l'objet d'une actualisation régulière selon une méthodologie claire et reproductible.

Après avoir étudié les implications de la Directive Cadre Eau (DCE) et de sa transposition en droit Français, le présent document dresse un état de la réglementation applicable en France et des pratiques en matière d'évolution de la surveillance des eaux souterraines (à la fin de l'année 2008).

L'analyse de l'état des pratiques se fonde en partie sur le retour d'expérience de l'INERIS mais également, pour ce qui concerne l'étranger, sur les réponses reçues à une consultation (administration, bureaux d'études et instituts).

Cet état des lieux n'a pas identifié d'outil méthodologique spécifique en France et en Europe. Or, en France comme en Europe, des démarches conduisant à l'allégement voire à l'arrêt du suivi sont conduites à terme. Du fait notamment de l'unicité d'un site, celles-ci se basent généralement sur des argumentaires différents ce qui peut nuire à la cohérence de la démarche sur le plan national.

Par ailleurs, Outre-Atlantique il apparaît que des travaux sont en cours sur l'optimisation des réseaux de suivi des eaux souterraines, mais un minimum de données semble nécessaire et ces approches doivent encore être testées dans le contexte Français (nombre de points de surveillance, nombre de campagnes, résultats analytiques disponibles...).

Dans le but d'harmoniser les pratiques au niveau national, il semble que la rédaction d'un outil méthodologique adapté, s'appuyant sur des lignes directrices ou des points clés et permettant, outre une harmonisation des pratiques, d'orienter et d'aider les responsables de site et l'administration engagés dans ces démarches soit nécessaire. Pour y parvenir l'état des lieux présenté dans ce rapport permet également de mettre en exergue de telles informations (lignes directrices et points clés) à considérer pour engager et mener à bien une réflexion sur le thème de l'évolution de la surveillance des eaux souterraines.



## **GLOSSAIRE**

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

ADES : Accès aux Données sur les Eaux Souterraines

AEMS : Adaptive Environmental Monitoring System

AEP : Alimentation en Eau Potable

AFCEE : Air Force Center for Environmental Excellence

AN : Atténuation Naturelle

ANC : Atténuation Naturelle Contrôlée

ANS : Atténuation Naturelle Surveillée

AP : Arrêté Préfectoral

BASIAS : Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service

BASOL : Base de données sur les sites et sols potentiellement pollués

BO : Bulletin Officiel

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

BSS : Banque de données du Sous-Sol

CES : Cost Effective Sampling

COHV : Composé Organique Halogéné Volatil

CSDU : Centre de Stockage de Déchets Ultimes

DCE : Directive Cadre Eau

DDASS : Direction des Affaires Sanitaires et Sociales

DFES : Directive Fille sur les Eaux Souterraines

DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

EA : Environmental Agency

EPA : Environmental Protection Agency

EQRS : Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires

GTS : Geostatistical Temporal / Spatial Optimization Algorithm

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

IC : Installation Classée

IEM : Interprétation de l'Etat des Milieux

LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

LTM : Long-Term Monitoring

LTMO : Long Term Monitoring Optimization

MAROS : Monitoring Remediation Optimization System

MATE : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

MEDD : Ministère de l'Écologie et du Développement Durables

MEEDDM : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

OVAM : en français, Agence Publique Flamande de Déchets

REX : Retour d'Expérience

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

ZNS : Zone Non Saturée

ZS : Zone Saturée

JO : Journal Officiel

JOUE : Journal Officiel de l'Union Européenne

## 1. CONTEXTE ET OBJECTIF

Dans le contexte des Installations Classées (IC), des sites pollués ou potentiellement pollués, la surveillance des eaux souterraines (qualitative et quantitative) peut avoir pour objet de renseigner quant à la présence et/ou l'évolution d'une pollution, de comprendre les évolutions constatées, d'orienter ou de vérifier des mesures de gestion ou encore de faciliter la communication avec les parties prenantes.

En ce qui concerne les sites pollués, depuis 2007, et l'évolution des outils méthodologiques liés aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, l'aspect surveillance des milieux a été renforcé et notamment associé à la notion de plan de gestion (généralement sur site<sup>1</sup>) ainsi qu'à l'Interprétation de l'État des Milieux (IEM) (généralement hors site) comme l'illustre la figure ci-dessous.

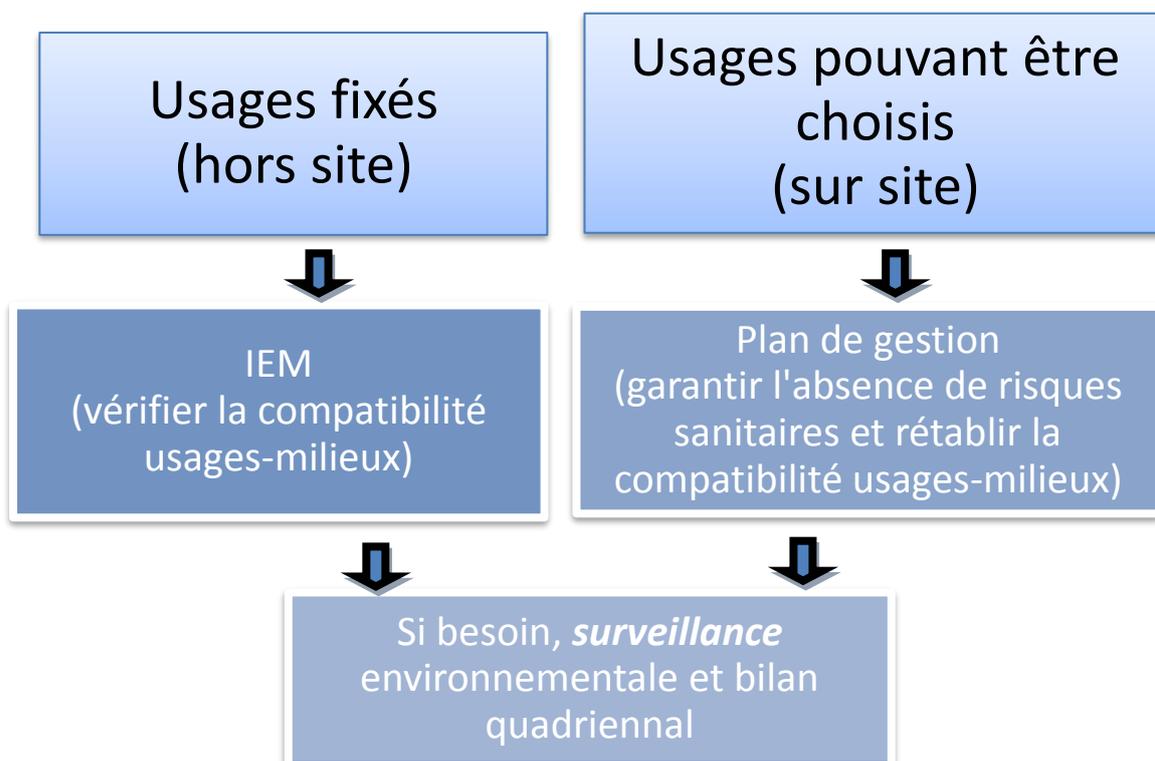


Figure 1 : Rappel succinct et simplifié quant à la démarche de gestion des sites et sols pollués et la surveillance environnementale (pour plus de détails : <http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr/>)

<sup>1</sup> A l'issue d'une IEM, un plan de gestion peut également être engagé hors site afin de rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages.

La surveillance mise en place sur le long terme doit par ailleurs être évolutive. En effet, elle doit être revue régulièrement et en particulier lors du bilan quadriennal (comme recommandé, cf. 2.2.2).

L'évolution peut passer par un allègement, un renforcement voire dans certains cas un arrêt de la surveillance. Cependant, cette adaptation doit faire suite à une argumentation technique basée notamment sur des données fiables et en nombre suffisant.

Ainsi, le fait d'envisager une évolution et plus particulièrement un allègement du suivi soulève plusieurs interrogations :

- quelles sont précisément les informations permettant de justifier ce choix ?
- l'arrêt du suivi est-il envisageable ? tant du point de vue réglementaire que du point de vue des connaissances scientifiques ?
- quel est le retour d'expérience actuel ?
- existe-t-il des outils méthodologiques sur le sujet ?
- ...

D'après le retour d'expérience interne à l'INERIS, les informations disponibles sur BASOL ainsi que les conclusions d'une étude menée pour le compte de l'association RECORD (RECORD, 2008), les évolutions du suivi sur les eaux souterraines concernent généralement la réduction de la fréquence et/ou du nombre de points de mesure mais l'arrêt définitif du suivi est également pratiqué.

Il apparaît qu'à l'heure actuelle, ces évolutions sont traitées au cas pas cas – ce qui est adapté vue l'unicité d'un site – cependant elles ne reposent pas sur une méthodologie nationale, reproductible, permettant de justifier notamment d'un allègement voire d'un arrêt. En effet, les phénomènes mis en jeu sont complexes et fortement dépendants du contexte (hydrologique, hydrogéologique, type et comportement de polluants...).

Mais surtout, une absence de remise en cause du programme de surveillance est le plus souvent observée, de la part du responsable de site ou de l'administration en charge du contrôle. Cela rejoint le constat d'une pratique de la surveillance « passive », automatique et répétitive dressé par Romain Chartier (BRGM, 2008a) au cours de la 4<sup>ème</sup> journée technique organisée par le MEEDDM en 2008 (Rechercher et traiter la source d'une pollution et sa zone d'impact. Pourquoi et comment ? 12 décembre 2008 – Paris).

Suite à ce constat, l'objet des travaux engagés dans le cadre de ce rapport porte à terme sur la rédaction d'un outil méthodologique spécifique permettant d'harmoniser les pratiques, d'orienter et d'aider :

- les responsables de sites, à élaborer une stratégie de surveillance pouvant aller jusqu'à l'arrêt du suivi ;
- l'administration, à statuer sur son acceptabilité.

Ainsi, dans l'optique de rédiger un tel outil, les travaux présentés ci-après concernent une première étape relative à l'identification (à la fin de l'année 2008) :

- de l'état de l'art et des travaux en cours en France ainsi qu'à l'étranger ;
- de premières orientations, de lignes directrices et de points clés permettant de statuer quant à l'évolution voire l'arrêt d'un suivi.

Dans un premier temps, les aspects réglementaires sont étudiés, en particulier les implications de la Directive Cadre Eau (DCE) de la Directive Fille sur les eaux souterraines (DFES) et de leur transposition en droit Français. Les aspects méthodologiques liés aux textes sur les sites pollués de février 2007 sont également étudiés.

Dans un second temps, les documents techniques et travaux existants ou en cours au niveau Français et pouvant être utiles à la démarche sont présentés. En complément, les résultats d'une recherche étendue à d'autres pays (principalement en Europe) sont également proposés.

Ce travail s'inscrit dans la lignée du guide méthodologique du BRGM intitulé « Maîtrise et gestion des impacts des polluants sur la qualité des eaux souterraines » (2008b) portant en partie sur la surveillance, dont il constitue un développement sur un thème donné, à savoir celui de l'évolution du suivi.



## **2. CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE ET ORIENTATIONS METHODOLOGIQUES AU NIVEAU EUROPEEN ET FRANÇAIS**

### **2.1 AU NIVEAU EUROPEEN : LA DIRECTIVE CADRE EAU**

Cette section n'a pas pour objet de présenter en détails la DCE (2000/60/CE adoptée en 2000), les directives filles, ou les textes de transposition mais d'apporter des informations sur le suivi des eaux souterraines et en particulier sur l'évolution de ce suivi afin de vérifier la cohérence de cette démarche avec les orientations de la Directive (démarche menée dans le domaine des installations classées et des sites pollués ou potentiellement pollués).

Pour plus d'informations sur la DCE, le lecteur pourra notamment se reporter aux documents suivants :

- « Principaux textes réglementaires en lien avec l'après mine et pollutions minières potentielles impactant les milieux eaux et sols » (INERIS, Quiot et Schnuriger, sept. 2007) ;
- « Guide d'application de la Directive cadre sur l'Eau Souterraine en liaison avec les mégasites contaminés en France » (BRGM, Béranger et Blanchard, déc. 2007).

#### **2.1.1 PRESENTATION DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE**

Rappelons tout d'abord qu'une innovation majeure de la DCE porte sur la définition d'objectifs de résultats (cf. article 4 « Objectifs environnementaux »). Ainsi, il ne s'agit plus de « faire mieux » mais de tout mettre en œuvre pour conserver ou atteindre le bon état (d'ici 2015 voire 2021, 2027 si des justifications sont apportées). Le Tableau 1 reprend le calendrier associé à sa mise en œuvre.

Bien que 2015 constitue une date limite théorique, dans les faits, des dérogations seront possibles, mais celles-ci ne pourront être obtenues que sur argumentation motivée. En effet, deux reports de six ans sont prévus par la DCE, pour permettre d'atteindre l'objectif de bon état des eaux (cf. article 4.4) voire la définition d'objectifs moins stricts (cf. article 4.5).

Les justifications envisageables peuvent être d'ordre économique, en lien avec des conditions naturelles particulières ou encore à la présence d'une activité humaine polluante que l'on ne peut remettre en cause (dans le cas où aucune autre option environnementale dont le coût ne serait pas disproportionné ne peut être choisie : approche coût / avantage).

Cependant, afin d'éviter un abus de ce classement d'exception, il est précisé que « *Les objectifs environnementaux moins stricts sont explicitement indiqués et motivés dans le plan de gestion du district et revus tous les six ans* ». De plus, le report d'échéances est envisageable « *à condition que l'état de la masse d'eau concernée ne se détériore pas davantage* ».

Des exonérations de responsabilité d'infraction aux exigences de la Directive sont également prévues en cas de détérioration temporaire de l'état d'une masse d'eau (cf. article 4.6) afin de tenir compte des « *circonstances exceptionnelles ou qui n'auraient raisonnablement pas pu être prévues* » ou de « *nouvelles activités de développement humain durable* » (cf. article 4.7).

*Tableau 1 : Principales échéances de la DCE en France*

<b>2004</b>	État des lieux (identification des problèmes majeurs et liste des masses d'eau susceptibles de ne pas atteindre le bon état en 2015)
<b>2005</b>	Début de la démarche de révision des SDAGE
<b>2006</b>	Mise en place d'un programme de surveillance de l'état des eaux
<b>déc. 2006</b>	Date limite pour la consultation du public sur le calendrier d'élaboration du plan de gestion
<b>déc. 2007</b>	Date limite pour la consultation du public sur les problèmes principaux
<b>déc. 2008</b>	Date limite pour la consultation du public sur le projet de plan de gestion
<b>2009</b>	Publication d'un premier plan de gestion Publication de programmes de mesures Adoption des SDAGE révisés qui dès lors, font office de plans de gestion
<b>2015</b>	Point sur l'atteinte des objectifs, assorti si besoin d'un second plan de gestion ainsi que de nouveaux programmes de mesures
<b>déc. 2021</b>	Date limite pour le premier report de réalisation de l'objectif
<b>déc. 2027</b>	Dernière échéance pour la réalisation des objectifs

Pour ce qui concerne les eaux souterraines, en complément de la DCE, une Directive fille relative à la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration a été adoptée en novembre 2006 (2006/118/CE).

Remarque :

Il est important de souligner avant d'évoquer spécifiquement l'aspect surveillance que l'échelle considérée dans le cadre de la DCE (notamment pour l'atteinte ou non des objectifs de bon état) est la masse d'eau. La masse d'eau souterraine représente un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères (cf. article 2 « Définitions »). Ce point sera développé au 2.1.2.

Le programme de surveillance à mettre en place est abordé à l'article 8<sup>2</sup> « Surveillance de l'état des eaux de surface, des eaux souterraines et des zones protégées » et à l'article 11 « Programme de mesures » de la DCE. Pour ce qui concerne les eaux souterraines, les programmes portent sur la surveillance de l'état chimique et de l'état quantitatif au niveau de chaque district hydrographique<sup>3</sup>. Le MEEDDM a arrêté la liste des districts hydrographiques Français et des comités de bassin compétents le 16 mai 2005<sup>4</sup> (cf. Figure 2).



Figure 2 : Les 14 districts hydrographiques Français

L'annexe V de la DCE complète ces informations.

Ainsi, pour le volet chimique, deux types de réseaux, celui du contrôle de surveillance et celui du contrôle opérationnel (cf. Figure 3), sont à distinguer et à mettre en place.

<sup>2</sup> Modifié par la Directive 2008/32/CE du 11 mars 2008 pour intégrer que les spécifications techniques et les méthodes normalisées d'analyse et de surveillance de l'état des eaux évoluent pour répondre aux objectifs de la DCE.

<sup>3</sup> Zone terrestre et maritime composée d'un ou de plusieurs bassins hydrographiques ainsi que des eaux souterraines et côtières associées, identifiée selon la DCE comme principale unité pour la gestion de l'eau. Pour chaque district doivent être établis un état des lieux, un programme de surveillance, un plan de gestion (SDAGE révisé) et un programme de mesures (source : <http://www.eaufrance.fr/>)

<sup>4</sup> Arrêté du 16 mai 2005 portant délimitation des bassins ou groupements de bassins en vue de l'élaboration et de la mise à jour des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (JO du 17 mai 2005).

Le premier, le contrôle de surveillance, s'applique :

- aux masses recensées comme courant un risque suite à l'étape de caractérisation initiale (réalisée en 2004 et définie par l'article 5 « Caractéristiques du district hydrographique, étude des incidences de l'activité humaine sur l'environnement et analyse économique de l'utilisation de l'eau ») ;
- à celles traversant la frontière d'un état membre. Son objectif étant de compléter et de valider l'étude d'incidence et également de fournir des informations pour l'évaluation des tendances à long terme. Ces réseaux, conformément aux exigences de la DCE ont été mis en place, en France, début 2007 (cf. 2.1.4).

Le second, le contrôle opérationnel, porte sur des contrôles effectués sur les masses d'eau où le contrôle de surveillance indique un risque de ne pas répondre aux objectifs environnementaux (cf. article 4).

Tout programme de contrôle de surveillance débute avec le plan de gestion et lorsque le risque de pollution d'une masse d'eau est mis en évidence, un programme de contrôle opérationnel débute et perdure jusqu'à la fin de ce plan de gestion.



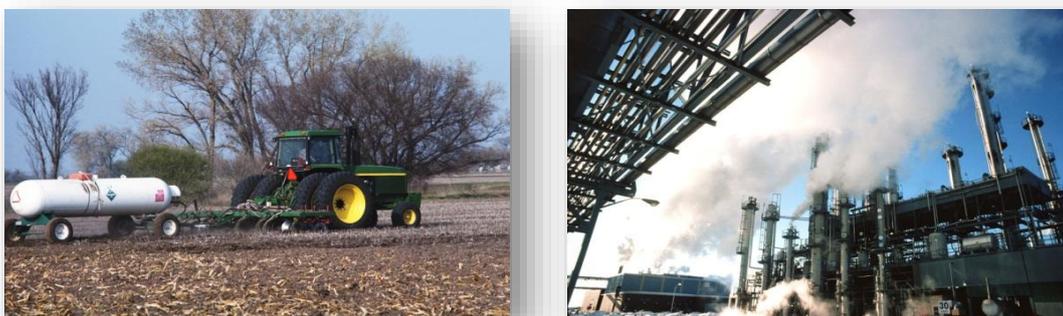
*Figure 3 : Les deux volets du programme de surveillance des eaux souterraines*

Notons que des contrôles d'enquêtes et des contrôles additionnels requis pour les zones protégées sont également prévus dans cette même annexe mais seulement pour les masses d'eau de surface (cf. 1.3 annexe V). En particulier, les contrôles d'enquête doivent permettre de prendre des mesures pour remédier aux effets d'une pollution accidentelle. Un complément a été apporté sur ce point par la DFES et concerne la réalisation de ces contrôles d'enquête pour les eaux souterraines (via l'article 4 2 c) qui renvoie lui-même à l'annexe III) : l'enquête consiste en une évaluation globale de l'état des eaux souterraines à partir de l'ensemble des données disponibles (et pas seulement celles liées au programme de surveillance de la DCE).

## 2.1.2 REMARQUE RELATIVE A LA NOTION DE BON ETAT DE LA DCE, « LA MASSE D'EAU »

En terme d'échelle, deux grands types de pollution peuvent être distingués (cf. Géologues 2001 et ADEME 2006, Figure 4) :

- les pollutions diffuses, concernant d'importantes surfaces, qui proviennent essentiellement d'épandages de produits liquides ou solides (emploi d'engrais ou de pesticides en agriculture), ou de retombées atmosphériques ;
- les pollutions ponctuelles ou concentrées, qui ne concernent à priori que des surfaces limitées, d'origines variées (industrielles, urbaines, minières).



*Figure 4 : Différence d'échelle entre pollution diffuse (exploitation agricole à gauche) et ponctuelle (site industriel à droite)*

Il s'avère que la majeure partie des études liées aux sites pollués concernent des pollutions ponctuelles liées à des IC, à des déchets entreposés ou stockés, d'ampleur réduite en surface bien que potentiellement très étendue au sein de la nappe.

La procédure d'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines fait directement référence à l'effet d'échelle entre une masse d'eau et un site particulier. En effet, l'article 4-2 c) i) de la DFES considère le cas où suite à une enquête : « (...) les concentrations de polluants dépassant les normes de qualité des eaux souterraines ou les valeurs seuils ne sont pas considérées comme présentant un risque significatif pour l'environnement, compte tenu, le cas échéant, de l'étendue de la masse d'eau souterraine qui est concernée ; ». Ainsi, concernant le bon état des eaux souterraines c'est à l'échelle de la masse d'eau qu'il doit être considéré.

En effet, le bon état qualitatif d'une masse d'eau est évalué en tout point du réseau de surveillance de la masse d'eau étudiée. S'il existe au moins un point sur lequel la valeur d'un paramètre suivi est supérieure à la valeur seuil prédéfinie, alors une enquête appropriée doit être menée à l'aide d'une analyse multicritères. Cette analyse pourra notamment porter sur :

- la surface impactée par un panache de pollution (pression) : supérieure à X % de sa surface totale, la masse d'eau est considérée comme n'atteignant pas le bon état qualitatif du fait de l'incidence de cette pression. Les problèmes identifiés peuvent dès faire l'objet d'une étude spécifique afin de compléter les informations disponibles et mettre en place des mesures de gestion adaptées et proportionnées à l'échelle de la masse d'eau.
- d'autres enjeux : influence de ce panache sur les écosystèmes associés, influence des points de pollution ponctuelle par rapport à l'usage eau potable, etc.

Cette approche, actuellement testée dans le cadre de la révision des SDAGE est menée au cas par cas.

Concernant, l'échelle plus réduite d'un aquifère (et d'une pollution ponctuelle), celle-ci est considérée aux articles 5 et 6 de la DFES. Ces articles demandent respectivement la mise en œuvre d'études complémentaires et de mesures de gestion adaptée en cas de pollution des eaux souterraines (présence d'un panache et de rejets).

*L'article 5 stipule en effet que « Lorsque cela est nécessaire pour évaluer l'impact des panaches de pollution constatés dans les masses d'eau souterraine et susceptibles de menacer la réalisation des objectifs énoncés à l'article 4 de la directive 2000/60/CE, et en particulier des panaches résultant de sources ponctuelles de pollution et de terres contaminées, les Etats membres effectuent des évaluations de tendance supplémentaires pour les polluants identifiés, afin de vérifier que les panaches provenant des sites contaminés ne s'étendent pas, ne dégradent pas l'état chimique de la masse ou du groupe de masses d'eau souterraine et ne présentent pas de risque pour la santé humaine ni pour l'environnement (...) ».*

*L'article 6 intitulé « mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines » précise que le programme de mesures évoqué à l'article 11 de la DCE pourra être ajusté pour prévenir et limiter les rejets : « Afin de réaliser l'objectif consistant à prévenir ou à limiter l'introduction de polluants dans les eaux souterraines établi conformément à l'article 4 (...) de la directive 2000/60/CE, les Etat membres veillent à ce que le programme de mesures, défini conformément à l'article 11 de ladite directive, comprenne : a) toutes les mesures nécessaires pour s'efforcer de prévenir l'introduction dans les eaux souterraines de toutes substances dangereuses ; (...) ».*

Des travaux sont actuellement en cours au BRGM pour proposer au MEEDDM une liste de substances à considérer. L'alinéa 3 du même article prévoit cependant des situations particulières où ces mesures ne s'appliquent pas, à

condition que les autorités compétentes des Etats membres aient « constaté la mise en place efficace d'un contrôle de surveillance des eaux souterraines concernées, conformément à l'annexe V, point 2.4.2, de la directive 2000/60/CE, ou d'un autre contrôle approprié ».

Concernant, les cas de pollutions ponctuelles comme celles issues d'IC, l'échelle de la masse d'eau étant beaucoup plus importante que l'aquifère ou la nappe impactée, il est vraisemblablement peu probable qu'une pollution récente puisse aboutir au déclassement d'une masse d'eau. En outre, des mesures de gestion sont prises par ailleurs pour limiter et circonscrire la pollution dans le cadre de la réglementation sur les IC et de la démarche de gestion des sites pollués (cf. 2.2).

Remarque :

Dans le cas d'une zone industrielle étendue et/ou d'aménagement de zones sur remblais industriels, la pollution peut être beaucoup plus importante et concerner toute une nappe (alluviale notamment). Dans ce cas, l'échelle d'étude se rapproche de celle d'une pollution diffuse évoquée précédemment et on parle alors de « mégasite » (cf. définition page 35, BRGM 2007). Cette notion de mégasite se rapproche de l'échelle de la masse d'eau souterraine. L'intégration de cette échelle d'étude dans la gestion et la surveillance de territoires fortement industrialisés (potentiellement pollués) permettrait de mutualiser les connaissances et les moyens pour mieux répondre aux objectifs de la DCE et éventuellement argumenter plus efficacement en vue d'obtenir une dérogation à l'objectif de bon état (selon les conditions spécifiées aux articles 4-4 et 4-5 de la DCE).

Depuis quelques années, des travaux sont en cours au niveau Européen sur cette thématique. Au travers notamment du programme WELCOME<sup>5</sup>, l'Allemagne, les Pays Bas ou encore la Pologne ont travaillé sur la définition d'une méthodologie afin d'aider à la gestion des risques sur les mégasites puis sur son application : Integrated Management Strategie (IMS).

Bien que non directement lié à l'évolution des réseaux de surveillance en termes d'allègement et d'arrêt, cet aspect fera partie des considérations évoquées au chapitre 5 en tant que pratique à promouvoir pour faire évoluer le suivi, améliorer les connaissances et la gestion d'une pollution à grande échelle des eaux souterraines.

### **2.1.3 ÉVOLUTION DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE**

En termes d'évolution de la surveillance, le cycle d'actualisation du programme de surveillance est en premier lieu lié à celui du plan de gestion (SDAGE<sup>6</sup>), qui est de six ans.

---

<sup>5</sup> <http://www.euwelcome.nl/>

<sup>6</sup> En France la plan de gestion de la DCE équivaut au SDAGE, cf. Loi de transposition du 21 avril 2004. L'échelle de ce plan est le district hydrographique.(cf. page 34, INERIS, Quiot et Schnuriger, 2007).

Dans le but d'aider les acteurs européens engagés dans la mise en œuvre de la DCE la Direction Générale (DG) de l'Environnement publie des guides méthodologiques. Ces derniers donnent des recommandations techniques liées à l'application de la Directive par les états membres mais ils n'ont pas de caractère réglementaire.

Un guide relatif à ces contrôles intitulé « Guidance on groundwater monitoring » a été édité en 2007 (DG Environnement, 2007b) et traite notamment de l'évolution des réseaux. La section 3.5 « Network review and update » évoque l'évolution de ces réseaux en fonction de l'évolution des résultats (quantitatifs et qualitatifs) et des pressions sur le milieu. Pour les auteurs (groupe de travail), si nécessaire, l'évolution peut et doit être menée sans attendre l'actualisation du plan de gestion tous les six ans (en termes de fréquence de suivi notamment). L'abandon d'un ouvrage de contrôle est indiqué comme une mesure possible mais à limiter du fait de la nécessité de pouvoir justifier les choix effectués dans le long terme et pour les différents plans de gestion qui vont se succéder tous les six ans. L'arrêt complet de la surveillance des eaux souterraines mené dans le cadre de la DCE n'est pas envisagé à ce stade.

Un réseau de contrôle (qualitatif) supplémentaire est évoqué dans ce document (« Prevent and limit monitoring », cf. 7). Celui-ci n'est pas explicitement demandé par la DCE mais il est lié à l'article 6 de la DFES. Il ne pourrait être employé ni pour évaluer l'état ni pour identifier les tendances au sein d'une masse d'eau souterraine<sup>7</sup>. Ce réseau pourrait néanmoins permettre de caractériser des points particuliers (de pollutions ponctuelles, cf. 2.1.2) pouvant altérer l'état chimique de la masse d'eau.

Par ailleurs, un autre guide de la DG Environnement spécifiquement dévolue à l'article 6 de la DFES et visant à prévenir et à limiter les introductions directes et indirectes de polluants dans les eaux souterraines a été publié en 2007 (DG Environnement, 2007a). Ce document propose une méthodologie permettant de définir le cas où une procédure d'évaluation des risques doit être engagée et notamment pour ce qui concerne les sites pollués (pollution diffuse ou ponctuelle, actuelle ou ancienne). Il fait lui aussi allusion à la mise en place d'un suivi spécifique (« Prevent and limit monitoring », cf. 4.5) mais ce document ne va pas plus loin sur l'aspect évolution de la surveillance. Pour plus d'informations concernant la méthodologie permettant de définir le cas où une procédure d'évaluation des risques doit être engagée, ce guide a été analysé en détails par le BRGM dans le rapport cité précédemment (BRGM, 2007).

#### **2.1.4 TRANSPOSITION EN DROIT FRANÇAIS**

La transposition de la DCE a conduit, dans un premier temps, à la rédaction de la Loi du 21 avril 2004 imposant notamment la révision du SDAGE au plus tard pour le 22 décembre 2009 (puis tous les 6 ans). Conformément à la DCE, la mise en place d'un programme de surveillance est demandée à l'article 4 en ces termes : « *L'autorité administrative établit et met à jour pour chaque bassin ou groupement de bassins, après avis du comité de bassin, un programme de surveillance de l'état des eaux.* » (article L. 212-2-2 du Code de l'Environnement).

---

<sup>7</sup> Mais un ouvrage de contrôle de ce réseau pourrait également être compris dans le réseau de contrôle de surveillance ou opérationnel.

Par la suite, la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) promulguée en fin d'année 2006 est venue compléter ce texte mais sans spécifications complémentaires concernant le programme de surveillance. En effet, la LEMA a deux objectifs principaux :

- donner les outils à l'administration, aux collectivités territoriales et aux acteurs de l'eau en général pour reconquérir la qualité des eaux et atteindre en 2015 les objectifs de bon état écologique fixés par la DCE et retrouver une meilleure adéquation entre ressources en eau et besoins dans une perspective de développement durable des activités économiques utilisatrices d'eau tout en favorisant le dialogue au plus près du terrain ;
- donner aux collectivités territoriales les moyens d'adapter les services publics d'eau potable et d'assainissement aux nouveaux enjeux en termes de transparence vis à vis des usagers, de solidarité en faveur des plus démunis et d'efficacité environnementale.

Ce texte permet également d'atteindre d'autres objectifs, notamment de moderniser l'organisation des structures fédératives de la pêche en eau douce, ainsi, le conseil supérieur de la pêche est transformé en Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), chargé du système d'information sur l'eau, de la surveillance, des études et de l'expertise.

Depuis 2003, deux circulaires ont été rédigées dans le cadre de la réalisation des programmes de surveillance (un programme par district) :

- circulaire DCE 2003-07 du 8 octobre 2003 relative au cahier des charges pour l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines en France, en application de la directive 2000/60/DCE du 23 octobre 2000 du Parlement et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (BOMEDD n° 03/22) ;
- circulaire DCE 2005-14 du 26 octobre 2005 relative à la surveillance des eaux souterraines en France, en application de la directive 2000/60/DCE du 23 octobre 2000 du Parlement et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau et son annexe (BOMEDD n° 23/2005 du 15 décembre 2005).

La circulaire de 2005-14 est venue compléter le cahier des charges prédéfinis dans la circulaire 2003-07 pour prendre en compte l'évolution des réseaux depuis 2003 et l'avancement des travaux sur la DFES. La surveillance de l'état des eaux devant être effective pour décembre 2006 (dans un premier temps pour ce qui concerne le contrôle de surveillance).

Les principaux enseignements pouvant être tirés de ce texte dans le cadre des IC, des sites pollués ou potentiellement pollués et de l'évolution des réseaux de surveillance sont les suivants :

- le développement des réseaux doit être conduit dans un souci de rationalisation de ceux existants, un site de mesure pouvant avoir plusieurs finalités ;

- il est précisé que les masses d'eau identifiées comme ne courant pas de risque (vis-à-vis de l'atteinte et de la pérennité du bon état) suite à l'étape de caractérisation initiale seront également surveillées bien que ce ne soit pas demandé par la DCE (cf. DCE, Annexe V, 2.4.2) ;
- le contrôle de surveillance correspond à une analyse de type « photographique » tous les six ans de tous les paramètres suivis sur l'ensemble de la masse d'eau souterraine, complétée par une à deux analyses par an (régimes de hautes eaux et de basses eaux), pour une liste minimale de paramètres ;
- le contrôle opérationnel est en premier lieu basé sur le réseau du contrôle de surveillance et complété en fonction de son objectif. Il est plus spécifique pour ce qui concerne les paramètres suivis. Notons que les cas de pollutions diffuses ou de pollutions ponctuelles sont traités différemment.
- le « réseau des forages des installations classées » sera notamment mis à contribution dans le cadre des pollutions ponctuelles ;
- par rapport au contrôle de surveillance les fréquences du contrôle opérationnel pourront être augmentées ; pour le cas où un arrêté préfectoral (AP) existe, ses prescriptions seront à suivre.

Il n'y a pas d'information complémentaire concernant l'actualisation des programmes de surveillance. Les évolutions des contrôles de surveillance restent implicitement liées aux plans de gestion et à leur actualisation tous les six ans.

Par contre, dans le cadre du contrôle opérationnel l'utilisation de réseaux existants, plus spécifiques et plus denses est évoquée. En effet, le terme « réseau des forages des installations classées » fait allusion aux réseaux mis en place sur des IC (conformément à l'article 65 de l'arrêté du 2 février 1998) et à celui dévolu au suivi d'une pollution (une fois la pollution étudiée/traitée).

Actuellement, à notre connaissance, il ne semble pas que des ouvrages liés à la surveillance environnementale d'un site pollué soient intégrés dans les récents réseaux de contrôle opérationnel (c'est notamment le cas pour ce qui concerne le bassin Rhône-Méditerranée dont l'AP est utilisé comme exemple en Annexe A). Concernant les IC, peu d'ouvrages semblent concerner (sur ce bassin exemple du captage industriel de Domene dans les alluvions de l'Isère, cf. Annexe A page 30). Toutefois, ceci reste possible à l'avenir, ce qui pourrait conduire la personne en charge du suivi environnemental à devoir justifier auprès du maître d'ouvrage de ces réseaux de contrôle, d'une évolution du réseau de surveillance, en particulier pour ce qui concerne la destruction d'un piézomètre.

L'avancée des travaux concernant la mise en place des programmes de surveillance à l'heure actuelle est indiquée via les tableaux suivants (au 25 novembre 2008).

*Tableau 2 : Réseaux de contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines de la France (source : ADES<sup>8</sup>)*

---

<b>Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Adour, Garonne, Dordogne, Charente et cours d'eau côtiers charentais et aquitains - FRFSOS</b>
<b>Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Corse - FRESOS</b>
<b>Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin de la Sambre - FRB2SOS</b>
<b>Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Loire, cours d'eau côtiers vendéens et bretons - FRGSOS</b>
<b>Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Martinique - FRJSOS</b>
<b>Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Mayotte - FRMSOS</b>
<b>Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Meuse - FRB1SOS</b>
<b>Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Rhin - FRCSOS</b>
<b>Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Rhône et cours d'eau côtiers méditerranéens - FRDSOS</b>

---

*Tableau 3 : Réseaux de contrôle opérationnel de l'état chimique des eaux souterraines de la France (source : ADES<sup>9</sup>)*

---

<b>Contrôles opérationnels de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Adour, Garonne, Dordogne, Charente et cours d'eau côtiers charentais et aquitains - FRFSOO</b>
<b>Contrôles opérationnels de l'état chimique des eaux souterraines du bassin de la Sambre - FRB2SOO</b>
<b>Contrôles opérationnels de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Meuse - FRB1SOO</b>
<b>Contrôles opérationnels de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Rhin - FRCSOO</b>
<b>Contrôles opérationnels de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Rhône et cours d'eau côtiers méditerranéens - FRDSOO</b>
<b>Contrôles opérationnels des eaux souterraines du bassin Martinique - FRJSOO</b>

---

La mise en place de ces contrôles a fait l'objet d'arrêtés préfectoraux. A titre informatif, l'arrêté n°2006/517 du 21 décembre 2006 concernant le contrôle de

---

<sup>8</sup> <http://www.ades.eaufrance.fr/FicheReseau.aspx?code=0000000071&lang=fr>

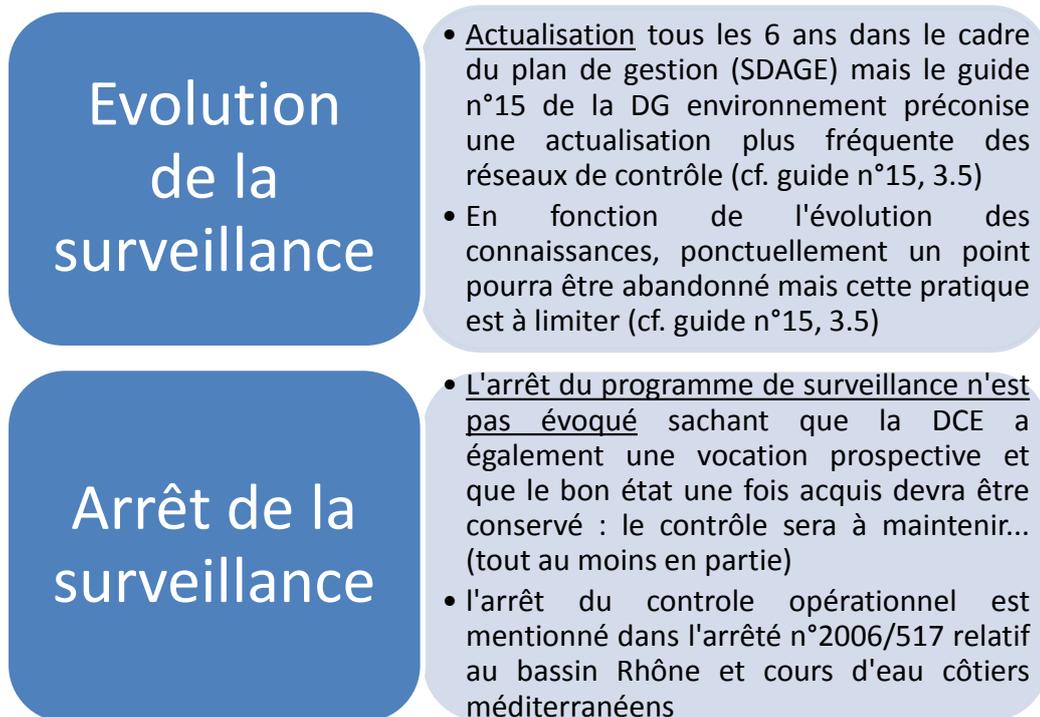
<sup>9</sup> <http://www.ades.eaufrance.fr/FicheReseau.aspx?code=0000000072>

surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Rhône et cours d'eau côtiers méditerranéens est annexé à ce rapport (Annexe A).

Dans ce bassin, le contrôle de surveillance a débuté au 1<sup>er</sup> janvier 2007 tandis que le contrôle opérationnel devait être mis en place en 2008 (d'après ADES il a débuté au 1<sup>er</sup> janvier 2008). Le contrôle opérationnel mis en place porte principalement sur les pollutions diffuses (nitrates et pesticides) mais le suivi d'autres polluants organiques (solvants chlorés, HAP) est également intégré en fonction des pressions locales exercées.

En complément de ce qui était indiqué dans la circulaire de 2005-14, cet arrêté précise en page 12 que « *les contrôles opérationnels cessent lorsque la masse d'eau revient en bon état (ou en bon potentiel)* ».

Ce qui précède montre que la DCE intègre la notion d'évolution de la surveillance des eaux souterraines et que cette démarche est donc compatible avec cette directive et la réglementation associée. La Figure 5 ci-après résume les informations identifiées quant à l'évolution du suivi dans le cadre de la DCE. Cette évolution est associée en premier lieu à l'actualisation des plans de gestion (ou SDAGE) mais également à la restauration du bon état (chimique). Comme vu précédemment, les IC et les sites pollués font potentiellement partie des points à étudier dans le cadre des objectifs de la DCE (en fonction de leur impact sur le milieu et également de l'échelle à considérer). En outre, certains ouvrages de surveillance liés aux sites pollués peuvent être intégrés à des réseaux de contrôle mais en l'état actuel ça ne semble pas être le cas et cela reste marginal pour ce qui concerne les IC.



*Figure 5 : Textes relatifs à la DCE et notion d'évolution de la surveillance des eaux souterraines*

## **2.2 AU NIVEAU FRANÇAIS**

### **2.2.1 REGLEMENTATION LIEE AUX IC**

Dans le cadre d'une IC (soumise à autorisation), la mise en place et la réalisation d'une surveillance des effets de l'activité sur l'environnement et notamment sur les eaux souterraines est réglementée par l'arrêté du 2 février 1998 modifié<sup>10</sup>, en particulier par l'article 65.

Cet article stipule que la surveillance des eaux souterraines est prescrite selon l'appartenance de l'installation à certaines rubriques de la nomenclature ou pour les installations présentant un risque notable de pollution, de par ses activités actuelles ou passées, ou de par la sensibilité ou la vulnérabilité des eaux souterraines.

*« a) Les installations soumises à autorisation répondant aux caractéristiques précisées dans le tableau ci-après :*

*Tableau non repris.*

*doivent respecter les dispositions suivantes, à moins que le préfet, sur la proposition de l'inspection des installations classées basée sur une étude relative au contexte hydrogéologique du site ainsi qu'aux risques de pollution des sols et après avis du conseil départemental d'hygiène, donne acte de l'absence de nécessité d'une telle surveillance :*

*1° Deux puits, au moins, sont implantés en aval du site de l'installation ; la définition du nombre de puits et de leur implantation est faite à partir des conclusions d'une étude hydrogéologique ;*

*2° Deux fois par an, au moins, le niveau piézométrique est relevé et des prélèvements sont effectués dans la nappe. La fréquence des prélèvements est déterminée sur la base notamment de l'étude citée au point 1 ci-dessus ;*

*3° L'eau prélevée fait l'objet de mesures des substances pertinentes susceptibles de caractériser une éventuelle pollution de la nappe compte tenu de l'activité, actuelle ou passée, de l'installation. Les résultats de mesures sont transmis à l'inspection des installations classées. Toute anomalie lui est signalée dans les meilleurs délais.*

*Si ces résultats mettent en évidence une pollution des eaux souterraines, l'exploitant détermine par tous les moyens utiles si ses activités sont à l'origine ou non de la pollution constatée. Il informe le préfet du résultat de ses investigations et, le cas échéant, des mesures prises en envisagées.*

*b) Les dispositions ci-dessus peuvent être rendues applicables à toute installation présentant un risque notable de pollution des eaux souterraines, de par ses activités actuelles ou passées, ou de par la sensibilité ou la vulnérabilité des eaux souterraines. »*

L'article R. 512-31 du Code de l'environnement constitue la base réglementaire appropriée à la question de l'évolution du suivi environnemental. En effet, « *Des arrêtés complémentaires peuvent être pris sur proposition de l'inspection des*

---

<sup>10</sup> Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation (cf. <http://www.ineris.fr/aida/>).

installations classées et après avis du conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques. Ils peuvent fixer toutes les prescriptions additionnelles que la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 rend nécessaires ou atténuer celles des prescriptions primitives dont le maintien n'est plus justifié. L'exploitant peut se faire entendre et présenter ses observations dans les conditions prévues au troisième alinéa de l'article R. 512-25 et au premier alinéa de l'article R. 512-26.

Ces arrêtés prévus peuvent prescrire, en particulier, la fourniture des informations prévues aux articles R. 512-3 et R. 512-6 ou leur mise à jour. »

La Figure 6 résume ces informations.



Figure 6 : Réglementaire liée aux IC et notion d'évolution

Remarque :

Le portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) rassemble actuellement des données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines (<http://www.ades.eaufrance.fr/>). Pour ce qui concerne les IC un développement en cours, lié à la bancarisation des données, porte sur l'intégration en ligne par le producteur lui-même des résultats du suivi de l'autosurveillance dont il a la charge (de l'ordre de 4 400 sites sont soumis à une autosurveillance des eaux souterraines et transmettent leurs résultats à l'IIC).

## 2.2.2 METHODOLOGIE LIEE AUX MODALITES DE GESTION ET DE REAMENAGEMENT DES SITES POLLUES

L'analyse des nouveaux textes et outils méthodologiques relatifs à la prévention de la pollution des sols et à la gestion des sols pollués<sup>11</sup> a permis de mettre exergue les points relatifs à l'évolution du suivi des eaux souterraines en France (afin de vérifier la cohérence de cette démarche avec ces textes).

---

<sup>11</sup> Les textes et outils méthodologiques relatifs à la prévention de la pollution des sols et à la gestion des sols pollués en France ont été présentés en Conseil des Ministres le 14 février 2007.

Pour plus d'informations, le lecteur pourra se reporter au site Internet suivant :

<http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr/>

Dans le cadre des travaux préparatoires à la rédaction des guides associés, l'importance de l'aspect mesure et de la surveillance avait notamment été remis en avant dans une note commune ADEME/BRGM/INERIS (2006).

L'Annexe 2 de la note ministérielle du 8 février 2007 intitulée « Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués. Comment identifier un site (potentiellement) pollué. Comment gérer un problème de site pollué », après avoir rappelé l'intérêt de suivre les eaux souterraines (la nappe peut être une voie de transfert, une source voire un enjeu), introduit la notion de bilan quadriennal. Ce bilan a pour but l'exploitation et l'analyse des résultats sur plusieurs cycles saisonniers et en fonction des évolutions constatées, de conduire à une adaptation du suivi (cf. Annexe 2, 1.3 « Du schéma conceptuel au modèle de fonctionnement : le bilan quadriennal ») :

*« Aussi, lorsqu'une surveillance environnementale est en place, il est recommandé de procéder à des bilans des résultats de cette surveillance, par exemple, tous les quatre ans. Il ne s'agit en aucune manière de modifier les modalités de la surveillance déjà en place pour les ramener à une fréquence de prélèvement quadriennale, mais bien d'analyser et d'exploiter régulièrement les résultats de la surveillance environnementale lorsqu'elle est requise et en place, pour l'adapter aux évolutions constatées. ».*

L'évolution est de nouveau abordée dans cette Annexe 2 au 4.3.1.3 intitulé « Dans le suivi de l'efficacité des mesures de gestion » :

*« L'analyse régulière des résultats de cette surveillance doit ainsi conduire à réexaminer, non seulement la pertinence des mesures de gestion, mais également les modalités mêmes de la surveillance :*

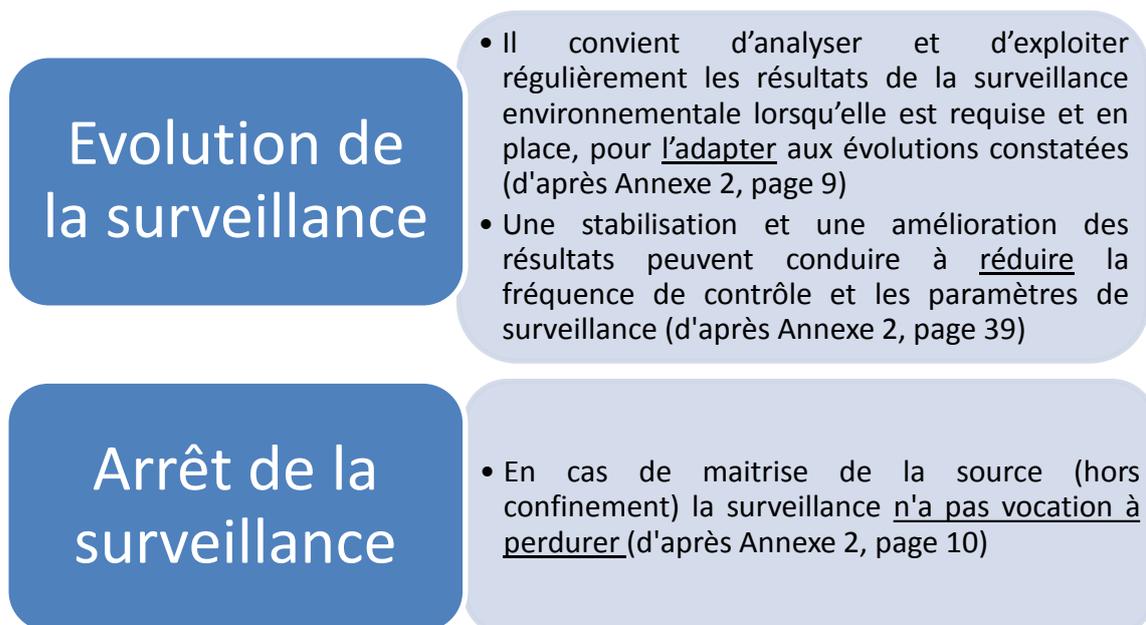
- une dégradation des résultats conduisant à reconsidérer les mesures de gestion ;*
- une stabilisation, voire une amélioration des résultats entraînant une fréquence de contrôle et des paramètres de surveillance allégés. »*

Par ailleurs, l'arrêt est abordé pour les cas où la source a été traitée (hors mesures de confinement), en effet, ici la maîtrise de la source de pollution est fixée comme pré-requis à toute interruption du suivi :

*« S'agissant des réaménagements qui vont conduire à modifier les usages des sols, l'objectif est avant tout de construire, dans des délais raisonnables, des aménagements qui préservent leurs occupants des effets des pollutions résiduelles éventuelles. Les mesures de surveillance éventuellement à mettre en œuvre dans le cadre du projet de réhabilitation, visent à vérifier que les pollutions et les expositions résiduelles sont effectivement celles qui sont attendues.*

*Ces mesures n'ont généralement pas vocation à perdurer, et ce type de situation n'est en principe pas concerné par le bilan quadriennal, sauf dans le cas où des mesures de confinement ont été mises en œuvre. ».*

Les informations liées à l'évolution voire à l'arrêt du suivi dans les textes de 2007 sont résumées à la Figure 7.



*Figure 7 : Textes de 2007 relatifs aux sites pollués et notion d'évolution de la surveillance des eaux souterraines*

### **3. ETAT DES LIEUX ET REFLEXIONS EN COURS AU NIVEAU FRANÇAIS**

Le précédent chapitre a permis de préciser la place de l'évolution des réseaux de surveillance dans les principaux textes en lien avec la DCE, la réglementation des IC et les outils méthodologiques liés aux sites pollués. Les paragraphes qui suivent portent à présent sur l'état des lieux au niveau national en termes d'évolution du suivi des eaux souterraines.

Pour plus d'informations quant à l'état de l'art sur l'aspect surveillance en général, le lecteur pourra notamment se reporter à l'étude RECORD (2008) et au chapitre 4 « Synthèse des documents techniques traitant de la surveillance des eaux souterraines ».

Dans le cadre de cette étude conduite en 2007 / 2008 pour l'association RECORD (RECORD, 2008), l'INERIS a sollicité les acteurs du domaine des sites pollués (bureau d'études, propriétaire / gestionnaire et administration concernée), via un questionnaire, afin de réaliser un retour d'expérience (REX) relatif aux pratiques associées à la surveillance des eaux souterraines dans le contexte des sites pollués.

Les informations présentées sont fonctions des réponses transmises et bien que celles-ci ne soient pas forcément exhaustives, leur analyse a permis d'apporter des indications sur les points suivants :

- la nature des terrains généralement rencontrés (en métropole) ;
- des éléments techniques concernant les ouvrages de surveillance et les pratiques d'échantillonnage des eaux souterraines ;
- les données utilisées pour définir la géométrie et les caractéristiques techniques du réseau ;
- la connaissance des guides, normes et textes réglementaires liés à la surveillance des eaux souterraines ainsi que le respect de ces documents ;
- les principaux conseils apportés par les bureaux d'études.

En ce qui concerne l'évolution des réseaux de suivi, les éléments suivants ont pu être relevés au cours de cette étude au travers des réponses reçues au questionnaire (cf. 7.2.3.1) :

*« Les actions correctives imposées aux gestionnaires varient fortement en fonction des situations et des enjeux. Les actions mises en œuvre suite à des dépassements de seuils concernent des augmentations de la fréquence d'échantillonnage, l'extension du réseau, le traitement de sources (primaires et secondaires) voire la mise en place de restrictions d'usages pouvant aller jusqu'à l'abandon d'AEP. A l'inverse, dans le cas où les résultats s'améliorent une diminution de la fréquence, du nombre de paramètres suivis est autorisée.*

*L'arrêt de la surveillance a été mentionné mais il n'est intervenu qu'au bout de 4 ans d'analyse montrant l'absence d'impact. ».*

Afin d'illustrer ce propos et en particulier la réduction voire l'arrêt du suivi, la consultation de la base de données BASOL<sup>12</sup> apporte quelques exemples, reportés dans le tableau ci-après (recherche non exhaustive et informations données hors du contexte, à titre d'exemple).

*Tableau 4 : Exemples d'évolution et d'arrêt de surveillance des eaux souterraines (d'après BASOL, fin nov. 2008)*

Typologie	Indications données	
<b>Ancien site de fabrication de radars</b>	« (...), les fosses ont été comblées. La surveillance de la nappe a été arrêtée »	arrêt
<b>Ancienne fonderie</b>	« Un arrêté préfectoral du 14 janvier 2005 prescrit une surveillance des eaux souterraines. En 2007, l'inspection a demandé l'arrêt du suivi des eaux compte tenu de l'absence de pollution sur plusieurs relevés consécutifs »	arrêt
<b>Ancienne usine à gaz</b>	« Le suivi piézo a été effectué pendant les travaux (satisfaisant) et n'a pas nécessité, au vu des résultats, d'être poursuivi au-delà »	arrêt
<b>Ancien dépôt aérien de fioul domestique</b>	« il a été demandé de continuer les analyses avec une fréquence identique pour 2006 et d'alléger à une mesure par an si les résultats d'analyses 2006 confirmaient les précédents »	évolution (allègement)
<b>Ancien site de production de système de marquage industriel (imprimantes et encres)</b>	« l'argumentation développée par l'exploitant nous paraît suffisamment consistante pour accéder à sa demande d'allègement de surveillance des eaux souterraines »	évolution (allègement)

Par ailleurs, des procédures d'arrêt de surveillance ont pu être soumises par le maître d'ouvrage et approuvées par l'inspecteur des IC (localement) sur des sites donnés. C'est le cas en particulier sur le site de Renault à Boulogne-Billancourt (92), où plus de 100 piézomètres ont été installés. La procédure appliquée se fonde sur le respect de « seuils d'arrêt » définis à partir de l'évaluation des risques (avec l'application d'un facteur de sécurité majorant) pendant un nombre suffisant de campagnes successives (2 ans soit 4 campagnes). Les dépassements ponctuels ainsi que les dépassements importants font l'objet de sous procédures spécifiques.

La recherche bibliographique engagée sur l'existant du point de vue des outils méthodologiques et techniques a montré que l'information la plus complète sur le sujet était développée dans le rapport BRGM (2008, en annexe VIII) intitulé « Maîtrise et gestion des impacts des polluants sur la qualité des eaux souterraines »<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> Base de données sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif.

<sup>13</sup> Les paragraphes liés à l'évolution et l'arrêt du suivi ont été repris du « 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 » (MATE, 2001).

D'une part, l'évolution d'un programme de surveillance est abordée :

*« Lorsque les mesures confortent de façon fiable les prévisions du modèle de fonctionnement, alors on peut envisager d'alléger le dispositif en jouant alternativement sur : le nombre de points à prélever, la fréquence des prélèvements, la nature des composés à analyser. ».*

D'autre part, l'arrêt d'un programme de surveillance est lui aussi évoqué :

*« la décision d'arrêter la surveillance sera prise quand les résultats de la surveillance seront pleinement en accord avec les objectifs du modèle de fonctionnement, en termes de concentrations, délais, stabilité et fiabilité des données acquises... »*

Un tableau inclus dans ce document est repris ci-dessous. Il indique les principaux objectifs que peut avoir une surveillance des eaux souterraines et met en relation cet objectif avec la durée de la surveillance.

**Tableau 5 : Durée d'une surveillance en fonction de son objectif  
(d'après BRGM, 2008b)**

<b>Objectif de la surveillance</b>	<b>Durée de la surveillance</b>
<b>Vérifier l'absence de fuite d'une installation, d'une cuve, d'une canalisation enfouie...</b>	Tant que l'installation concernée est en place et utilisée
<b>Vérifier le bon fonctionnement d'un Centre de Stockage de Déchets Ultimes (CSDU)</b>	Pendant l'exploitation et après la cessation d'activité du CSDU, tant qu'existent des lixiviats, puis pendant la période potentielle de transfert (flux convectif + flux diffusif)
<b>S'assurer que des polluants préalablement constatés dans les sols, mais sans traitement envisagé, n'ont pas migré vers la (les) nappes sous-jacentes ou proches</b>	Tant que les polluants présents dans les sols existent et que la démonstration de l'absence de migration n'a pas été faite
<b>Suivre l'évolution d'une pollution des eaux, notamment sur les sites considérés en « atténuation naturelle »</b>	Tant que ces eaux n'ont pas retrouvé la qualité nécessaire à l'usage qu'on envisage d'en faire et atteint l'objectif préétabli sur la base de l'évolution attendue ; et seulement après la levée des restrictions d'usage qui auraient été prises
<b>Suivre l'impact sur les eaux souterraines d'un traitement en cours d'application sur la nappe et/ou vérifier son efficacité</b>	Pendant la durée du traitement, puis après le traitement, tant que les concentrations n'atteignent pas les objectifs du modèle de fonctionnement
<b>Suivre l'impact potentiel sur les eaux souterraines d'un traitement appliqué à des sols pollués</b>	Pendant toute la durée du traitement, puis jusqu'à ce que les concentrations confirment les résultats attendus à l'issue du traitement
<b>Suivre la qualité de l'eau lorsque le traitement d'une pollution est différé (délai à préciser !)</b>	Tant que le traitement n'aura pas été fait

Ces principes auxquels nous adhérons totalement nous paraissent pouvoir être développés en tenant compte notamment :

- du contexte hydrogéologique (poreux, fracturé / fissuré, karstique) ;
- du comportement du ou des polluants (miscible, non miscible dans l'eau, plongeants...) ;
- du REX acquis par les industriels, les bureaux d'études et l'administration ;
- des difficultés liées à l'interprétation des données (nombre, qualité, mise en évidence des tendances...).

Et également en proposant des étapes clés (logigramme) à intégrer dans toute demande d'évolution de la surveillance (que ce soit un allègement ou un arrêt de la part des industriels voire un renforcement de la part de l'administration).

Comme l'indique le Tableau 5, les sites considérés en Atténuation Naturelle (AN) nécessitent la mise en place d'un programme de surveillance sur le long terme, évolutif et *in fine* voué à être arrêté (si l'AN fonctionne comme prévu).

Outre-Atlantique mais également dans d'autres pays Européens (Grande-Bretagne, Pays-Bas et Allemagne notamment), des travaux ont porté sur la notion d'Atténuation Naturelle Contrôlée (ANC) ou Atténuation Naturelle Surveillée (ANS). En France, le recours « explicite » à cette méthode reste encore limité (BRGM, 2006) or il convient de rappeler que depuis 2007, les textes liés à la gestion des sites et sols pollués font explicitement une place à l'AN comme mesure de gestion (cf. Annexe 2, 4.4.3 « La régénération ou l'atténuation naturelle »).

L'AN apparaît ainsi envisageable pour des pollutions diffuses et résiduelles, si les usages sont compatibles avec ces concentrations et si la méthode présente un bilan coût / avantage favorable par rapport aux autres mesures de gestion. Un programme<sup>14</sup> dédié en particulier à l'élaboration d'un protocole opérationnel d'utilisation de l'AN pour différentes familles de polluants (hydrocarbures, HAP, COHV) est actuellement en cours, il permettra de clarifier les moyens à mettre en œuvre pour utiliser cette mesure.

Pour information deux précédents rapports du BRGM avaient pour objet l'AN et l'état des pratiques au niveau national ainsi qu'à l'étranger :

- Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle : mécanismes et mise en œuvre (BRGM, 2002).
- Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures (BRGM, 2006).

Le programme TRANSPOL, conduit par l'INERIS, a également abordé cette thématique d'AN, dans un premier temps, via les travaux engagés sur la modélisation (cf. site dédié : <http://www.ineris.fr/transpol/>).

En outre, en 2007, un guide MACAOH « Organo-chlorés aliphatiques – Atténuation naturelle dans les aquifères » a été publié (ADEME, 2007). Il aborde comme les rapports du BRGM précités les travaux engagés à l'étranger puis propose un protocole de démonstration de l'atténuation naturelle pour les COHV. Le chapitre 8 « Etape 5 : Surveillance à long terme des eaux souterraines » présente plus particulièrement un intérêt dans le cadre de ce rapport. En effet, les évolutions et l'arrêt de la surveillance sont abordés succinctement en page 190 (dans le cadre du suivi à long terme) : « *Ce suivi à long terme sera effectué à une fréquence annuelle ou éventuellement pluriannuelle. En fonction des situations, il sera possible de panacher la fréquence, le nombre de points de mesure et le nombre de paramètres mesurés. Une fois les objectifs de dépollution atteints au niveau des cibles, la surveillance sera poursuivie pendant plusieurs années pour s'assurer du maintien des « concentration résiduelles » en polluants en dessous des objectifs fixés.* ».

L'ensemble de ces informations sont résumées ci-dessous.

---

<sup>14</sup> ATTÉnuation NATurelle des polluants organiques dans le contexte français (ATTENA).

## Evolution voire arrêt de la surveillance

- Il n'existe pas d'outil méthodologique spécifique en France
- Se pratique dans les faits (cf. REX, BASOL)
- Des recommandations existent quant à l'allègement du dispositif (nombre de points de suivi, fréquence des prélèvements et nature des composés à analyser) et l'arrêt du suivi (cf. An. VIII BRGM, 2008)
- Notion de surveillance liée à celle d'atténuation naturelle contrôlée (cf. ATTENA, MACAOH...)

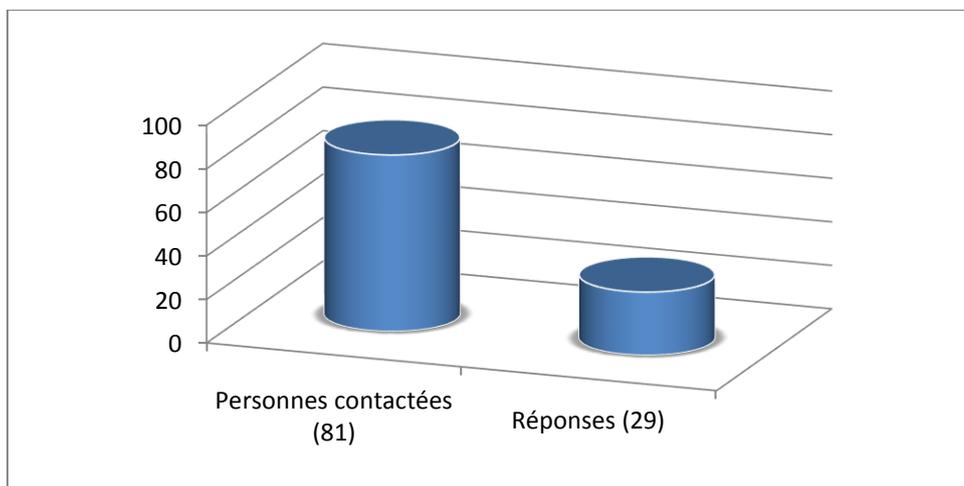
*Figure 8 : Existant ou en cours au niveau national*

#### **4. ETAT DES LIEUX ET DES REFLEXIONS EN COURS DANS D'AUTRES PAYS**

L'état des lieux quant à l'évolution des programmes de suivi des eaux souterraines, débuté au niveau Français, a été étendu en Europe et Outre-Atlantique.

En complément de la consultation de publications scientifiques et d'internet, différentes personnes impliquées dans le domaine de la pollution des eaux souterraines ont été contactées. Notre demande concernait les pratiques actuelles dans leurs pays respectifs et l'existence d'outils méthodologiques spécifiques sur ce thème (en particulier dans le cadre d'une pollution avérée – d'un site pollué).

L'annexe B indique les pays concernés et les organismes ou sociétés auxquels les personnes consultées appartiennent. Comme l'illustre la figure ci-dessous sur 81 contacts pris, 29 réponses ont été reçues, concernant 17 pays (principalement en Europe).



*Figure 9 : Réponses obtenues*

Les informations transmises sont résumées ci-après en fonction du pays, les plus pertinentes en concernant 10. Bien que les contacts consultés et les réponses transmises ne garantissent pas l'exhaustivité des informations mentionnées, elles apportent néanmoins une indication quant à l'existant.

Il apparaît que de nombreux travaux sur la surveillance des eaux souterraines sont en cours, en lien avec la DCE (mise en place des programmes de surveillance comme en France cf. section 2.1), mais qu'il n'existe pas de guide spécifique concernant l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines dans le domaine des sites pollués. Cependant, de nombreuses personnes contactées ont manifesté un intérêt appuyé pour cette question.

## **Allemagne**

Les réponses reçues indiquent que le suivi des eaux souterraines après une dépollution (traitement de la zone source) porte dans un premier temps sur une dizaine d'année (d'après UFZ). Durant cette période, si l'évolution constatée répond aux prévisions et aux objectifs (fixés et définis auparavant), la fréquence de suivi diminue et dans certains cas la surveillance peut à terme cesser. Il existe des guides méthodologiques au sein des *Länders* (États) sur la surveillance des eaux souterraines en générale, la question de l'évolution des réseaux n'est pas précisée en détails et cette décision relève du cas par cas.

Pour aller plus loin, des travaux de R&D ont été récemment menés sur l'ANC. En effet, dans le cadre du recours à l'ANC comme mesure de gestion, un projet de R&D intitulé KORA<sup>15</sup> (financé par le Ministère allemand de l'éducation et de la recherche sur la période 2002-2008) vient de s'achever. La présentation des travaux et des résultats a été faite à la fin du mois de novembre. Les documents rédigés (en allemand) portent notamment sur des protocoles de mise en œuvre de l'ANC par familles de polluants et selon différentes sources de pollution (raffinerie, industrie chimique, décharge...). La surveillance des eaux souterraines sur le long terme fait partie des mesures à mettre en place afin de suivre l'AN et son efficacité.

Les outils méthodologiques développés seront analysés en détails ultérieurement mais d'ores et déjà il apparaît que suite à la définition d'objectifs et de critères dans le temps et dans l'espace (concentrations, indicateurs de biodégradation) la surveillance mise en place doit être revue selon les écarts observés par rapport à ces objectifs et critères (voire doit conduire à prendre des mesures alternatives de dépollution, des restrictions d'usage...)

## **Belgique**

Pour ce qui concerne la région Flamande (Nord du pays), la surveillance fait l'objet d'un acte réglementaire (par décret comme un arrêté préfectoral en France). L'évolution de la surveillance est traitée au cas par cas et fait suite à la transmission d'une demande par l'exploitant à l'OVAM (en français, Agence Publique Flamande de Déchets). Selon les réponses reçues il n'y a pas d'outil méthodologique spécifique.

## **Espagne**

Suite au Décret Royal 9/2005 relatif aux activités potentiellement polluantes pour les sols, des réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines sont mis en place de façon plus régulière qu'auparavant. Les conditions du suivi sont validées par les autorités environnementales compétentes (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement) mais il ne semble pas exister d'outils méthodologiques sur la surveillance et son évolution.

## **Finlande**

Il n'existe pas de guide sur la surveillance des eaux souterraines dans le domaine des sites pollués en Finlande. L'évolution est abordée au cas par cas avec les

---

<sup>15</sup> <http://www.natural-attenuation.de/content.php>

autorités et en fonction des résultats observés sur plusieurs cycles saisonniers (concentrations acceptables par rapport aux objectifs ou encore réduction voire stabilisation du panache).

### **Hongrie**

La surveillance sur un site pollué dure *a minima* 4 ans après la dépollution (maîtrise des sources). Elle peut se poursuivre tant que les objectifs n'ont pas été atteints, en concertation avec les autorités compétentes. Il n'y a pas d'outil méthodologique spécifique concernant l'évolution du suivi.

### **Italie**

D'après les réponses obtenues, il n'existe pas de guide méthodologique sur l'évolution du suivi mais des informations éparses dans divers documents.

### **Lituanie**

Du fait de récentes évolutions réglementaires (notamment « Order of the Minister of Environment regarding Environmental requirements for sites contaminated by chemical substances », 2008), le suivi des eaux souterraines dans le cadre des sites pollués faisant suite à une dépollution se développe. En effet, depuis 2007, plus de 6000 sites potentiellement pollués ont été identifiés en Lituanie.

La surveillance porte sur une période de 3 à 5 ans, elle peut être réduite mais il n'y a pas d'informations quant à la démarche à suivre dans des outils méthodologiques.

### **Norvège**

Il n'existe pas de document lié à la surveillance des eaux souterraines dans le cadre des sites pollués.

### **Royaume-Uni**

Pendant un certain temps, l'approche privilégiée Outre-Manche était de suivre l'évolution des concentrations jusqu'à observer 3 cycles saisonniers avec des valeurs inférieures aux seuils prédéfinis (proche de l'exemple de Renault cité précédemment, page 31). En effet, dans le cadre d'un suivi post dépollution, suite à la première année de surveillance, un rebond des concentrations est généralement observé et il convient donc de suivre les concentrations *a minima* sur plusieurs années.

Mais actuellement l'approche tend à privilégier des faisceaux de présomption, d'indices ou de preuves (selon la traduction)<sup>16</sup> comme pour ce qui concerne l'atténuation naturelle. Ainsi, un guide méthodologique est en cours de finalisation afin d'aider les personnes concernées à vérifier l'efficacité d'une dépollution et à faire évoluer leur réseau de surveillance en conséquence. Ce document transmis en version projet par l'auteur (Brian Bone, EA) est intitulé « Verification of remediation of land contamination », il devrait être publié prochainement par l'Agence Environnementale (EA)<sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup> « *lines of evidence* ».

<sup>17</sup> Version projet téléchargeable via le lien suivant (mai 2009):  
<http://www.environment-agency.gov.uk/cy/ymchwil/cynllunio/101359.aspx>

Les faisceaux de preuves sont présentés à la section 2.5 « What are lines of evidence ? » Cette notion existe depuis plusieurs années et notamment pour l'ANC, elle fait appel à des données ou des paramètres complémentaires qui permettent d'argumenter quant à l'efficacité d'une action et à l'atteinte des objectifs et des critères associés (prédéfinis).

Une liste de faisceaux de preuves liés à la vérification de la dépollution est proposée, elle comporte en particulier la réalisation de mesures de terrain afin de compléter et de corréliser les analyses en laboratoire, l'acquisition de données relatives à l'immobilisation des polluants (sorption), l'analyse des concentrations des produits intermédiaires et finaux de (bio)dégradation...

Concernant le suivi à long terme qui peut être mis en place dans le cadre du plan de vérification, le chapitre 5 mentionne les points suivants développés ci-après (5.4.1 « Review of monitoring results and decision to cease monitoring ») :

- Les résultats doivent être présentés aux différentes parties selon une fréquence prédéfinie (ex. annuellement), afin de déterminer si les objectifs et les critères ont été atteints et de répondre aux questions suivantes : le plan de surveillance est-il encore valide dans sa configuration actuelle ? la surveillance doit-elle se poursuivre ?
- Dans le cadre de ces échanges un rapport de suivi doit être transmis par le responsable. Le plan suivant est proposé :
  - contexte et objectifs ;
  - programme de surveillance en place ;
  - compte rendu des campagnes de prélèvement ;
  - évaluation de la concordance des résultats par rapport aux critères prédéfinis ;
  - présentation des actions menées suite à des résultats exceptionnels ;
  - recommandations pour la suite de la surveillance ;
  - informations complémentaires à apporter : bordereaux d'analyses, fiche de prélèvement, procédure d'assurance qualité, moyens humains et matériels employés, situation et état des ouvrages.

Il est intéressant de remarquer que, pour ce qui concerne les critères permettant de vérifier l'efficacité d'une mesure de gestion, une approche définissant les points de suivi et des seuils associés a été développée pour les sols et les eaux souterraines (EA, 2006). Elle convient à des sites pollués où la source de pollution est maîtrisée. Elle est itérative et repose sur 4 niveaux d'évaluation en lien avec l'évolution des connaissances et celle du schéma conceptuel puis de fonctionnement. Ces niveaux sont fondés sur une évaluation du risque pour un usage de la nappe à une distance donnée. La méthode débute par une approche sécuritaire ou conservatoire et permet par la suite de considérer des phénomènes tels que la dispersion, le retard...

D'après le REX Outre-Manche, l'un des principaux problèmes liés à la réduction et qui plus est à l'arrêt du suivi concerne la qualité des données (erreur sur la mesure et incertitude), c'est pourquoi l'approche statistique est également fortement recommandée Outre-Manche en tant qu'outil d'aide à la décision et

notamment pour ce qui concerne le respect de seuils de dépollution dans les sols et les eaux souterraines (CL:AIRE, 2008).

Il convient de rappeler que pour l'échantillonnage des eaux souterraines il existe un guide ADEME sur la représentativité des échantillons (ADEME, 2005) et des moyens simples permettant de valider/vérifier les analyses d'eau souterraine, citons en particulier : le calcul de la balance ionique ou dans le cadre d'une procédure assurance qualité la réalisation de blancs et de doublons...

Le guide publié au sujet de l'ANC par l'EA en 2000 aborde succinctement l'évolution de la surveillance à la section 6.3 intitulée « when to cease monitoring ». Suite à la définition de critères à respecter, le suivi se poursuit à long terme jusqu'à ce que les concentrations dans le panache aient atteints le bruit de fond ou que les concentrations prédéfinies comme seuils le soient et qu'en parallèle les tendances montrent une baisse continue des concentrations (notamment via la poursuite de l'atténuation naturelle).

### **Etats-Unis**

Comme pour le Royaume-Uni, des informations concernant l'évolution de la surveillance sont données dans le cadre de l'ANC comme mesure de gestion.

L'US-EPA a notamment publié un guide en 1998 sur les solvants chlorés et l'évaluation de l'atténuation naturelle (US-EPA, 1998). La surveillance doit être menée à long terme mais en ce qui concerne l'évolution de ce suivi peu d'informations sont données si ce n'est qu'elle doit se poursuivre tant que les concentrations n'ont pas atteint les seuils prédéfinis et au-delà durant plusieurs années (typiquement 1 à 3 ans) afin de vérifier la pérennité de ces observations.

De nombreux autres guides ont été rédigés sur l'atténuation naturelle et sur la vérification de son efficacité, citons en particulier :

- AFCCE (2000). Designing monitoring program to effectively evaluate the performance of Natural Attenuation. Wiedemeier, T.H. ; Lucas, M.A. ; Haas, P.E.
- US-EPA (2004). Performance Monitoring of MNA remedies for VOCs in groundwater. Pope, D.F. ; Acree, S.D. ; Levine, L. ; Mangion, S. ; Van Ee, J. ;Hurt, K. and Wilson, B. EPA/600/R-04/027.

Dans ce dernier rapport (US-EPA, 2004) le chapitre 4 « Application of monitoring data to remedial decisions » apporte des indications sur la prise de décision de continuer le suivi sans changement ou de le modifier.

Les points à vérifier portent en particulier sur :

- l'hydrogéologie - Un changement dans les écoulements (flux, direction, sens) peut être lié à la mise en place d'un pompage dont le rayon d'influence perturbe la zone étudiée ;
- la zone source - L'arrivée de pics de pollution suite à des épisodes pluvieux ou des effets de chasse peut être liée à la présence de sources secondaires non traitées ;
- la qualité des données - La variabilité importante de résultats entre campagnes ou lors d'une même campagne peut être due au prélèvement, à l'analyse ;

- la géochimie – Le changement des conditions géochimiques, notamment en zone agricole peut être imputable à des fertilisants (nitrates) et modifier le transfert des polluants (relarguage de métaux) ;
- la protection des usages - La détection de polluants en limite du réseau de surveillance ou sur des points de surveillance à des concentrations non mesurées auparavant doit entraîner des mesures de gestion adaptées et proportionnées.

Concernant l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines les Etats-Unis travaillent également sur l'optimisation du suivi à long terme. La surveillance à long terme (Long-Term Monitoring, LTM) est définie dans le rapport US-EPA 2005 intitulé « Roadmap to Long-Term Monitoring Optimization » (LTMO) comme un suivi mis en place après un traitement de la source de pollution (actif, passif ou confinement) et utilisé afin d'évaluer dans quelle proportion les objectifs de dépollution sont atteints en fonction du temps.

Les 7 étapes de l'optimisation d'une surveillance à long terme sont définies comme suit :

- clairement définir et présenter le programme de surveillance en cours ;
- examiner les données existantes ;
- déterminer si le site est candidat pour une analyse détaillée ;
- déterminer le type d'évaluation ;
- sélectionner la méthode et les outils ;
- mettre en œuvre la démarche d'optimisation retenue ;
- évaluer les résultats et intégrer des recommandations notamment concernant la réévaluation de cette optimisation (2 à 5 ans).

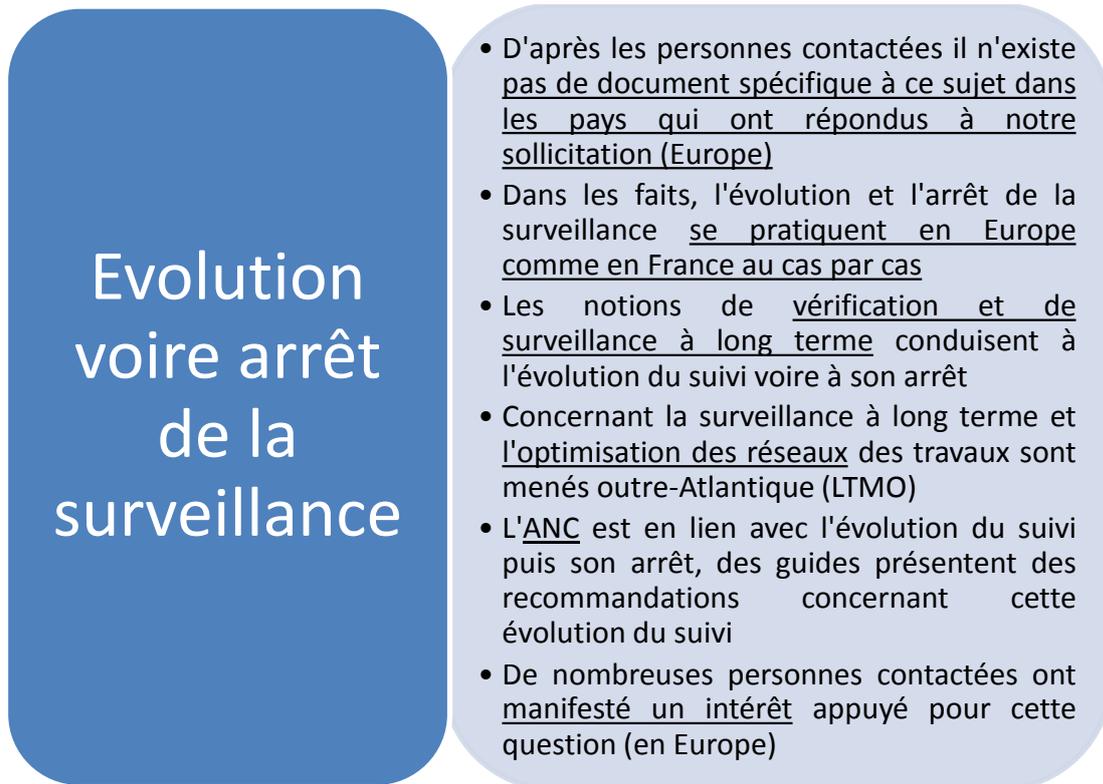
D'après l'US-EPA, les travaux se poursuivent mais il existe de nombreuses méthodes pour mener à bien cette démarche et divers guides, documents, outils avec des approches qualitatives, temporelles, statistiques existent et ont été appliqués avec succès sur sites. De nombreuses références sont données avec notamment des études de cas dans le document précité (Outils, méthodes et données requises sont reportées en Annexe C).

A titre d'exemple, l'un des outils statistiques existants (approche quantitative) est le programme informatique MAROS<sup>18</sup> (Monitoring Remediation Optimization System) développé par GSI (Groundwater Services Inc.) et l'université de Houston pour l'AFCEE (Air Force Center for Environmental Excellence). Cet outil statistique permet de faire évoluer le réseau de surveillance en apportant notamment des recommandations sur le nombre de points de suivi ou encore la fréquence d'échantillonnage que ce soit dans le sens de l'augmentation ou de la réduction de la surveillance. Il ne peut cependant pas être mis en œuvre sur l'ensemble des sites car il semble que 6 ouvrages et 4 à 8 campagnes soient *a minima* nécessaires pour l'obtention de résultats fiables.

---

<sup>18</sup> <http://www.gsi-net.com/software/maros/Maros.asp>

La Figure 10 synthétise les informations présentées précédemment.



*Figure 10 : Existant ou en cours au niveau Européen et Outre-Atlantique*

## 5. PISTES DE REFLEXION ISSUES DES INFORMATIONS PRECEDENTES

Les chapitres 3 et 4, n'ont pas identifié en France ainsi qu'en Europe, d'outils méthodologiques sur l'évolution des réseaux de surveillance tel qu'envisagé en ce qui nous concerne, c'est à dire permettant d'harmoniser les pratiques, d'orienter et d'aider les industriels et l'administration dans cette démarche. Les travaux menés Outre-Atlantique sur l'optimisation d'une surveillance à long terme (US-EPA, 2005) sont néanmoins à considérer mais ne semblent pas s'appliquer à l'ensemble des sites (un minimum de points de surveillance, de nombre de campagnes et de résultats analytiques semble nécessaire).

Cependant, l'ensemble des informations obtenues sur l'existant ou ce qui est en cours permet de définir des pistes de réflexion ou points clés à intégrer dans une réflexion.

### Remarques relatives aux prérequis à toute évolution du suivi

- La maîtrise de la source (ou des sources) est indispensable à toute diminution et *a fortiori* à un arrêt de la surveillance. Par ailleurs, la présence de sources secondaires non traitées initialement peut notamment être mise en évidence au cours de la surveillance par l'observation de pics de pollution suite à des épisodes pluvieux inhabituels (effet de chasse ou remobilisation de polluants); ces sources doivent également être maîtrisées.
- Les objectifs et les critères doivent être définis (au regard des seuils réglementaires, du fond géochimique / de l'environnement local témoin, ou d'autres critères d'acceptabilité sur la base d'un bilan coûts / avantages).

### Remarques relatives aux données et informations nécessaires pour envisager l'évolution du suivi

- La quantité mais surtout la qualité des données de suivi est prépondérante notamment lorsqu'il s'agit d'arrêter la surveillance.
- Des données de concentrations en quantité suffisante<sup>19</sup> permettent d'utiliser un outil statistique afin de mettre en exergue les tendances. L'analyse des tendances doit dans la mesure du possible être menée sur plusieurs cycles saisonniers et porter sur des conditions climatiques « normales » ou tenir compte d'événements « anormaux » (ex. : de fortes précipitations peuvent entraîner la remobilisation de polluants en ZNS).

---

<sup>19</sup> A l'échelle d'une zone industrielle, la mutualisation de données issues de plusieurs suivis pourrait permettre d'améliorer la fiabilité des résultats donnés par de tels outils statistiques.

- Le contexte hydrogéologique (milieu poreux, fracturé / fissuré, karstique) doit être suffisamment connu afin notamment d'évaluer le temps de transfert d'une zone source vers un point d'observation, un enjeu.
- Le comportement des polluants est très variable selon la substance considérée, la mobilité (dissous, particulaire, gaz), la rétention des substances (ex. sorption des HAP sur la matière organique) voire la (bio)dégradation en substances autres plus toxiques (ex. dans le cas des COHV, l'apparition du chlorure de vinyle). Ces phénomènes sont à étudier.
- Dans le cas de polluants qui se (bio)dégradent, les sous produits doivent être suivis au même titre que les polluants identifiés en zone source.

Remarques relatives à la pérennité de la situation :

- La maîtrise des usages et la mémoire du site sont importants afin de pérenniser la situation observée sur plusieurs années et ainsi éviter toute modification des conditions hydrogéologiques ou géochimiques du fait d'une action anthropique. En effet, un changement dans les écoulements (flux, direction, sens) peut intervenir par exemple suite à la mise en place d'un pompage dont le rayon d'influence perturbe la zone étudiée et avoir des répercussions sur le transfert des polluants.
- Les conditions hydrogéologiques et géochimiques doivent être stables et pérennes dans le temps avant d'envisager un arrêt de la surveillance. La mise en place de servitudes peut être une solution.

Remarque relative à la durée du suivi en fonction de son objectif :

- Se reporter aux éléments du Tableau 5 page 33 : Durée d'une surveillance en fonction de son objectif (BRGM, 2008b).

Remarque relative aux étapes clés à intégrer dans toute demande d'évolution :

- Comme indiqué dans le futur guide de l'EA (Royaume-Uni) « Verification of remediation of land contamination » les résultats doivent être présentés aux différentes parties selon une fréquence prédéfinie (par ex. annuellement) afin de déterminer si les objectifs et les critères ont été atteints et de répondre aux questions suivantes : le plan de surveillance est-il encore valide dans sa configuration actuelle ? la surveillance doit-elle se poursuivre ?
- En outre, un rapport de suivi doit être transmis et étudié par les différentes parties, avec un plan type tel que celui proposé par l'EA :
  - contexte et objectifs ;
  - programme de surveillance en place ;

- compte rendu des campagnes de prélèvement ;
- évaluation de la concordance des résultats par rapport aux critères prédéfinis ;
- présentation des actions menées suite à des résultats exceptionnels ;
- recommandations pour la suite de la surveillance ;
- informations complémentaires à apporter : bordereaux d'analyses, fiche de prélèvement, procédure d'assurance qualité, moyens humains et matériels employés, situation et état des ouvrages.

## **6. CONCLUSION**

Dans le contexte des installations classées, des sites pollués ou potentiellement pollués, la surveillance des eaux souterraines (qualitative et quantitative), en particulier lorsqu'elle est menée sur le long terme, doit être évolutive et doit faire l'objet d'une actualisation régulière selon une méthodologie claire et reproductible. La présente étude n'a pas identifié d'outil méthodologique spécifique en France ou dans les pays Européens consultés (à la fin de l'année 2008). Or, en France comme en Europe, des démarches conduisant à l'allègement voire à l'arrêt du suivi sont menées. Celles-ci sont basées sur une étude au cas par cas, du fait de l'unicité d'un site, et sur des argumentaires différents, ce qui peut nuire à la cohérence de la démarche au niveau national.

A terme, les travaux engagés dans le cadre de ce rapport visent à la rédaction d'un outil méthodologique spécifique, permettant d'harmoniser les pratiques, d'orienter et d'aider :

- les industriels, à élaborer une stratégie de surveillance pouvant aller jusqu'à l'arrêt du suivi ;
- l'administration, à statuer sur son acceptabilité.

Le présent rapport concerne une première étape relative à l'identification :

- de l'état de l'art et des travaux en cours en France ainsi qu'à l'étranger ;
- des premières orientations et des points clés permettant de statuer quant à l'évolution voire l'arrêt d'un suivi.

Le premier chapitre de ce document a permis de préciser la place de la notion d'évolution de la surveillance des eaux souterraines dans le cadre des textes réglementaires (en particulier : Directive Cadre Eau (DCE) et Directive Fille sur les eaux souterraines (DFES)) et des textes sur les sites pollués (février 2007).

La suite du document se consacre à l'existant. En France comme dans les pays étrangers consultés (Europe), il apparaît qu'il n'existe pas d'outils méthodologiques spécifiques mais des informations partielles au sein de guides méthodologiques liés à l'eau souterraine, à la vérification de l'efficacité d'une dépollution ou encore à l'atténuation naturelle.

Des travaux concernant l'optimisation des réseaux de surveillance sont en cours Outre-Atlantique, les démarches proposées ne s'appliquent cependant pas à tous les sites car un minimum de données semble nécessaire ; particulièrement en termes de points de surveillance, de nombre de campagnes et de résultats analytiques.

Enfin, l'ensemble de ces éléments d'informations contribue à la définition de lignes directrices et de points clés à considérer dans le cadre de futurs travaux pour la rédaction d'un outil méthodologique sur le sujet.

Cette réflexion sera poursuivie prochainement par :

- des échanges, notamment de retours d'expériences et une réflexion commune de la part de représentants d'industriels, de bureaux d'études et d'inspecteurs des IC ;
- le test d'un ou plusieurs outils (notamment statistiques) développés Outre-Atlantique pour des travaux portant sur l'optimisation du suivi à long terme.

## **REFERENCES**

ADEME (avril 2007). Organo-chlorés aliphatiques. Atténuation naturelle dans les aquifères. Programme R&D MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des Organo-Halogénés). Collection Connaître pour Agir, Guides et cahiers techniques.

ADEME/BRGM/INERIS (2006). Mesures et Modèles : enjeux, avantages et inconvénients en contexte de gestion des sites pollués. Publication ADEME, BRGM EPI/ENV n°167/2006, INERIS DRC-75999-DESP 39/06.

ADEME (2006). Identification et gestion des sites pollués. Guide méthodologique ADEME / Programme des Nations Unies pour l'environnement / Ministère des affaires étrangères / Ministère de l'écologie et du développement durable.

ADEME (septembre 2005). La représentativité des échantillons d'eau prélevés en forages de contrôle.

AFCCE (2000). Designing monitoring program to effectively evaluate the performance of Natural Attenuation. Wiedemeier, T.H. ; Lucas, M.A. ; Haas, P.E.

BRGM (2008a). Maîtrise et gestion des impacts des polluants sur la qualité des eaux souterraines. Chartier, R. Présentation orale, disponible à l'adresse : <http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr/ActesJTMINISTERE08JT4.asp>

BRGM (2008b). Maîtrise et gestion des impacts des polluants sur la qualité des eaux souterraines.

BRGM (2007). Guide d'application de la Directive cadre sur l'Eau Souterraine en liaison avec les mégasites contaminés en France. Béranger, S. et Blanchard, F. BRGM/RP-55914-FR.

BRGM (2006). Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures. Rapport final. Résultat de la phase 2. Saada, A. ; Nowak, C. ; Chartier, R. ; Coquereau, N. BRGM/RP-54183-FR.

BRGM (2002). Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle : mécanismes et mise en œuvre. Nowak, C. , Mossmann, J.R., Saada, A. BRGM/RP-51960-FR.

CL:AIRE (2008). Guidance on comparing soil contamination data with a critical concentration.

DG Environnement (2007a). Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document N°. 17. Guidance on preventing or limiting direct and indirect inputs in the context of the groundwater Directive 2006/118/EC.

DG Environnement (2007b). Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document N°. 15. Guidance on groundwater monitoring.

Directive n° 2006/118/CE du parlement européen et du Conseil du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration (JOUE n° L 372 du 27 décembre 2006).

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 (JOUE n°L 327 du 22 décembre 2000).

EA (2008). Verification of remediation of land contamination (draft).

EA, (2006). Remedial Targets Methodology – Hydrogeological risk assessment for land contamination - Worksheet v3.1 User manual.

Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques (1) (JO n° 303 du 31 décembre 2006).

Loi n° 2004-338 du 21 avril 2004 portant transposition de la directive 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 (1) (J.O n° 95 du 22 avril 2004).

MATE (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.

Géologues (2001). Revue Officielle de L'union Française des Géologues, N° 128 : Déchets, Sites et Sols Pollués – D. Darmendrail, BRGM.

INERIS (2007). Principaux textes réglementaires en lien avec l'après mine et pollutions minières potentielles impactant les milieux eaux et sols. Quiot, F. et Schnuriger, B. INERIS-DRC-07-86106-09249C.

RECORD (2008). Surveillance des eaux souterraines dans le contexte des sites pollués, RECORD 06-1015/1A ; INERIS, Rollin, C. ; Quiot, F. ; Masselot, G..

US-EPA (2005). Roadmap to long-term monitoring optimization. EPA 542-R-05-003.

US-EPA (2004). Performance Monitoring of MNA remedies for VOCs in groundwater. Pope, D.F. ; Acree, S.D. ; Levine, L. ; Mangion, S. ; Van Ee, J. ;Hurt, K. and Wilson, B. EPA/600/R-04/027.

## LISTE DES ANNEXES

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>	<b>Nb pages</b>
A	Programme de contrôle de surveillance de l'état des eaux du bassin Rhône-Méditerranée (arrêté préfectoral n° 2006/517)	32 A4
B	Contacts à l'étranger	3 A4
C	Outils, méthodologies et données requises pour l'optimisation d'une surveillance à long-terme (d'après US-EPA, 2005)	3 A4

**ANNEXE A**

**PROGRAMME DE CONTROLE DE SURVEILLANCE DE L'ETAT  
DES EAUX DU BASSIN RHONE-MEDITERRANEE  
(ARRETE PREFECTORAL N° 2006/517)**



**ANNEXE B**

**CONTACTS A L'ETRANGER**



<b>Pays</b>	<b>Contacts pris par organisme/société</b>	<b>Réponse</b>
Allemagne	Univ. Tuebingen	Oui
Allemagne	UFZ	Oui
Allemagne	UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle	Oui
Allemagne	State EPA of the state of Badenwürttemberg, LUBW, Karlsruhe	
Allemagne	Univ. Dresde	
Autriche	Federal Environment Agency	Oui
Autriche	Federal Environment Agency	
Belgique	VITO	Oui
Belgique	Flemish Environment Agency	
Belgique	Flemish Environment Agency	
Belgique	Flemish Organisation for Technology Research VITO	
Bulgarie	Ministry of Environment and Water	
Danemark	Univ. Dk	Oui
Danemark	Danish Ministry of the Environment	Oui
Danemark	Danish Ministry of the Environment	
Espagne	Ministry of Environment	Oui
Espagne	Amphos	
Espagne	CTM	
Espagne	Ministry of Environment	
Espagne	Ministry of Environment	
Espagne	Ministry of Environment	
Finlande	Finnish Environment Agency	Oui
Finlande	Finnish Environment Agency	
Grèce	Ministry of Development	
Grèce	Pinios PRB	
Hollande	Deltares (TNO)	Oui
Hollande	Ministry of Housing and Environment	Oui
Hollande	RIVM	Oui
Hollande	Ministry of Housing and Environment	Oui
Hollande	RIVM	
Hollande	Ministry of Housing and Environment	
Hollande	RIZA	
Hollande	RIVM	
Hollande	Ministry of Housing and Environment	
Hollande	Senternovem	Oui
Hollande	TNO Environment, Energy and Process Innovation	
Hollande	Network Organisation for Quality of Environment NOK	
Hongrie	Ministry of the Environment and Water	Oui
Hongrie	National Water Centre and Archives	Oui
Hongrie	Univ. Budapest	

<b>Pays</b>	<b>Contacts pris par organisme/société</b>	<b>Réponse</b>
Hongrie	Ministry of the Environment and Water	
Irlande	Irish EPA	
Italie	APAT	Oui
Italie	CNR-IRSA	
Italie	Tevere Basin Authority	
Italie	Tevere Basin Authority	
Italie	ISS	
Lettonie	Environnement, geology agency	
Lituanie	Geological Survey	Oui
Lituanie	Geological Survey	
Luxembourg	Min. Environnement	
Malte	Malta Resources Authority	
Norvège	Geological Survey of Norway	Oui
Norvège	Norwegian Water Resources Directorate	
Norvège	Inspection norvégienne pour la Prévention des Pollutions (SFT)	
Norvège	Inspection norvégienne pour la Prévention des Pollutions (SFT)	
Pologne	Institute of Environmental Engineering - Technical University of Czestochowa	Oui
Pologne	Institute for Ecology of Industrial Areas IETU	
Portugal	Instituto Nacional da Agua	
République Tchèque	Masaryk Water Research Institute	Oui
Roumanie	Institute of Hydrology and Water Management	
Roumanie	Environment Ministry	
Slovaquie	Slovak Meteorological Institute	Oui
Slovaquie	Slovak Meteorological Institute	
Slovaquie	Ministry of the Environment	
Slovaquie	Water research Institute Bratislava	
Slovénie	Environment Agency	
Slovénie	Environment Agency	
Slovénie	Geological Survey	
Suède	Kemakta Konsult IVL Swedish Environmental Reserach Institute	Oui
Suède	Swedish Environmental Agency	Oui
Suède	Swedish Environmental Agency	Oui
Suède	Swedish Geological Survey	
Suisse	Federal Office for the Environment FOEN	
UK	BGS	Oui
UK	Arcadis	Oui
UK	EA	Oui
UK	Programme CL:AIRE	Oui
US	T.H. Wiedemeier & Associates	Oui

<b><i>Pays</i></b>	<b><i>Contacts pris par organisme/société</i></b>	<b><i>Réponse</i></b>
US	US-EPA	
US	WSGroup	



## **ANNEXE C**

### **OUTILS, METHODOLOGIES ET DONNEES REQUISES POUR L'OPTIMISATION D'UNE SURVEILLANCE A LONG-TERME (D'APRES US-EPA, 2005)**



<b>LTMO outil/méthode</b>	<b>Résumé</b>	<b>Méthode d'optimisation de la fréquence de suivi</b>	<b>Méthode d'optimisation de la distribution spatiale</b>	<b>Données requises</b>	<b>« Taille » requise pour un site</b>
<i>Cost Effective Sampling (CES)</i>	La méthode CES évalue la fréquence de suivi minimale requise pour un ouvrage de surveillance donné	Un algorithme basé sur l'analyse des tendances, de la variabilité, et des données statistiques permet de recommander une fréquence adaptée à chaque point de surveillance du réseau	Non considéré ici	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Au moins 6 résultats trimestriels par ouvrage (soit 1,5 ans de suivi)</li> <li>- Les ouvrages les plus en aval doivent être hors pollution</li> </ul>	Illimitée (analyse ouvrage par ouvrage dans le même contexte hydrogéologique notamment)
<i>Geostatistical Temporal / Spatial Optimization Algorithm (GTS)</i>	Un algorithme traite des informations temporelles et spatiales par des méthodes géostatistiques afin de déterminer la fréquence d'échantillonnage ainsi que les points à échantillonner. Il permet également de mettre en évidence des « doublons » dans la surveillance en cours (en termes de fréquence et de situation des ouvrages)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Par itération successive basée sur les tendances observées sur quelques points la fréquence la plus adaptée est déterminée ouvrage par ouvrage.</li> <li>2. Un variogramme est également appliqué pour déterminer la fréquence optimale</li> </ol>	Une régression quadratique pondérée est utilisée localement afin d'optimiser la situation des ouvrages de surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus de 8 campagnes par ouvrage</li> <li>- Plus de 30 ouvrages</li> </ul>	30 à plusieurs centaines de points de surveillance

<b>LTMO outil/méthode</b>	<b>Résumé</b>	<b>Méthode d'optimisation de la fréquence de suivi</b>	<b>Méthode d'optimisation de la distribution spatiale</b>	<b>Données requises</b>	<b>« Taille » requise pour un site</b>
<i>Monitoring and Remediation Optimization System (MAROS)</i>	Outil statistique basé sur les caractéristiques du site qui englobent les données historiques et les informations sur l'hydrogéologie. Il recommande une fréquence de suivi optimale, un nombre et une densité de points associés.	L'algorithme basé sur l'analyse des tendances, de la variabilité, et des données statistiques permet de recommander une fréquence adaptée à chaque point de surveillance du réseau	Une triangulation de Delaunay est utilisée localement afin d'optimiser la situation des ouvrages de surveillance et éviter les « doublons ». Plusieurs paramètres physico-chimiques peuvent être traités en même temps	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus de 4 campagnes par ouvrage</li> <li>- Plus de 6 ouvrages de surveillance par zone (aquifère)</li> </ul>	6 à 80 ouvrages recommandés (par aquifères)
<i>Parsons 3-Tiered LTMO</i>	La combinaison d'une évaluation qualitative, d'une évaluation des tendances des concentrations et d'une analyse statistique spatiale permet d'estimer le degré de conformité du réseau par rapport aux objectifs. Un algorithme décisionnel est appliqué pour évaluer la fréquence optimale, la distribution spatiale des points de surveillance et proposer des recommandations pour optimiser le réseau	Evaluation qualitative, évaluation statistique temporelle (Mann-Kendall), et analyse statistique spatiale sont combinées pour identifier les ouvrages à considérer et proposer des recommandations pour la fréquence du suivi	Evaluation qualitative, krigeage et évaluation statistique temporelle sont associés afin d'identifier la valeur de chaque point dans le cadre du réseau et proposer des recommandations pour l'évolution du réseau dans l'espace	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus de 4 campagnes par points</li> <li>- Plus de 10 points de surveillance par zone (aquifère)</li> </ul>	10 à plusieurs centaines (par aquifères)

<b>LTMO outil/méthode</b>	<b>Résumé</b>	<b>Méthode d'optimisation de la fréquence de suivi</b>	<b>Méthode d'optimisation de la distribution spatiale</b>	<b>Données requises</b>	<b>« Taille » requise pour un site</b>
<i>Adaptive Environmental Monitoring System (AEMS)</i>	Permet l'identification des « doublons », méthode basée sur des informations spatiales, temporelles, incluant une option pour spécifier l'incertitude associée. Il est possible d'installer cet outil en ligne (online system) afin de recevoir des alertes lorsque les données indiquent des écarts significatifs par rapport aux tendances généralement observées	Des algorithmes génétiques sont employés pour chercher la solution la plus optimale	Des algorithmes génétiques sont également employés AEMS était (en 2006) le seul outil permettant d'optimiser simultanément la distribution des points ainsi que la fréquence du suivi tout en considérant les objectifs du suivi et l'incertitude liée aux données	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selon l'analyse souhaitée :</li> <li>- Plus de 8 campagnes par points (fréquence)</li> <li>- Plus de 15 campagnes par points (distribution)</li> <li>- Plus de 30 campagnes par points (optimisation de la fréquence et de la distribution)</li> </ul>	Illimitée