



# Elaboration des réseaux de surveillance des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie

Rapport final de phase 1

BRGM/RP-54557-FR  
Mars 2006



# Elaboration des réseaux de surveillance des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie

Rapport final de phase 1  
Méthodologie de mise en place des réseaux

**BRGM/RP-54557-FR**  
mars 2006

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2006

**L. Gourcy et J.F. Vernoux**

**Vérificateur :**

Nom : BLUM Ariane

Date :

(original signé)

**Approbateur :**

Nom : LEPRETRE J.P.

Date :

(original signé)

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

**Mots clés** : réseau de surveillance, Directive Cadre sur l'Eau, qualité, bassin Seine-Normandie, masse d'eau souterraine

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Gourcy L, Vernoux J.F. (2006) – Elaboration des réseaux de surveillance des masses d'eau souterraine du Bassin Seine-Normandie. Rapport de phase 1. Méthodologies de mise en place des réseaux. Rapport BRGM RP-54557-FR, 49 p.

© BRGM, 2005, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Conformément aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE (article 8), les Etats Membres doivent mettre en place des réseaux de surveillance de l'état des masses d'eau avant le 22 décembre 2006. En tant que maîtres d'ouvrages des réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines (circulaires MEDD du 26 mars 2002 et du 14 décembre 2004), les Agences de l'Eau sont responsables de leur mise en place. Elles doivent donc aujourd'hui faire évoluer leurs réseaux afin que ceux-ci tiennent compte des nouvelles prescriptions édictées par la Directive Cadre sur l'Eau (découpage des aquifères en masses d'eau) reportées dans les guides nationaux et européens. C'est dans ce contexte que l'Agence de l'Eau Seine-Normandie a, après consultation, choisi le BRGM pour la réalisation d'une étude visant à faire évoluer son réseau actuel (RES). Le nouveau dispositif ainsi construit doit également permettre à l'Agence de l'Eau d'améliorer sa connaissance de l'état général des eaux souterraines du bassin.

Le présent rapport rend compte des travaux réalisés dans la première phase de l'étude dont le principal objectif est de définir les orientations méthodologiques qui, dans chacun des types de domaine hydrogéologique (sédimentaire, sédimentaire karstique, socle, imperméable localement aquifère, alluvial), aideront au choix des points du réseau. Ces propositions méthodologiques sont présentées sous forme de fiches synthétiques et pratiques. D'autre part, afin que celles-ci tiennent compte des réalités de terrain et qu'elles soient partagées par les différents acteurs locaux, les fiches ont été soumises à une liste d'experts régionaux pour avis et validation.

Si pour la plupart des types de domaine, les orientations méthodologiques retenues sont fondées sur des guides relativement courants et partagés par tous (ex. choisir des sources intégratrices en domaine sédimentaire,...), l'exercice s'avère plus délicat en domaine de socle. Dans ce contexte très hétérogène où les forages ne sont souvent représentatifs que d'eux-mêmes, la mise en place d'un réseau pertinent est délicate. Deux approches sont proposées :

- soit des sous-unités homogènes en termes de pressions et d'écoulements sont identifiées, et un ou plusieurs sites sont installés dans chacune d'entre elles. Cette méthode a l'avantage d'être conforme à une approche hydrogéologique. Elle est cependant très lourde à mettre en oeuvre et ne permet pas de s'affranchir du manque de représentativité des points.
- soit les prélèvements sont réalisés dans les cours d'eau en période d'étiage lorsque la contribution des eaux souterraines au débit des rivières est maximale. Par son caractère intégrateur, ce type de sites a l'avantage d'être représentatif. Dans la perspective de mise en place de programmes d'actions, cette approche est en outre plus cohérente (adéquation avec les bassins versant de surface).



## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Présentation du bassin Seine-Normandie</b> .....	<b>9</b>
2.1. LE DECOUPAGE DES MASSES D'EAU .....	9
2.2. LE RESEAU DE SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES .....	12
<b>3. Méthodologie pour le choix des points des réseaux de surveillance</b> .....	<b>15</b>
3.1. METHODOLOGIE PAR TYPE DE MASSE D'EAU .....	15
3.1.1. Le modèle conceptuel .....	15
3.1.2. Fiches méthodologiques par domaines .....	16
3.1.3. Cas particulier du socle .....	16
3.2. PROCESSUS DE VALIDATION PAR LES EXPERTS .....	16
<b>4. Conclusions</b> .....	<b>19</b>
<b>5. Bibliographie</b> .....	<b>21</b>

### Liste des illustrations

Illustration 1 : Typologie des masses d'eau souterraine. D'après Normand et Chadourne, 2003. ....	10
Illustration 2 : Parties affleurantes des masses d'eau souterraines.....	11
Illustration 3 : Synthèse de l'état chimique des eaux souterraines (AESN, 2004).....	12
Illustration 4 : Carte du réseau de suivi de la qualité des Eaux Souterraines, 2005 .....	13

### Liste des annexes

Annexe 1 Fiches méthodologiques .....	23
---------------------------------------	----



# 1. Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 impose aux Etats Membres de surveiller l'état de leurs masses d'eau souterraine (article 8). Cette surveillance concerne à la fois l'état quantitatif des systèmes et l'état qualitatif. Les réseaux répondant à ces objectifs devront être opérationnels avant le 22 décembre 2006. Pour la surveillance de l'état qualitatif des eaux souterraines, la DCE exige la construction d'un réseau de surveillance basé sur deux niveaux de contrôle distincts :

- le contrôle de surveillance s'applique à l'ensemble des masses d'eau et a pour objectif de suivre l'état général des eaux souterraines.
- le contrôle opérationnel s'applique aux masses d'eau pour lesquelles un risque de non atteinte du bon état en 2015 a été identifié. Il a pour principal objectif de suivre la tendance d'évolution des paramètres responsables de ce risque.

C'est pourquoi les Agences de l'Eau, à qui la maîtrise d'ouvrage des réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines a été confiée par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), doivent aujourd'hui faire évoluer leurs réseaux de bassin pour qu'ils répondent aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau (circulaire du 14 décembre 2004).

Pour répondre à cet objectif et devant la multiplicité des réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines (réseaux patrimoniaux, réseaux de surveillance de la qualité des eaux brutes destinées à l'alimentation en eau potable, surveillance des Installations Classées,...), la stratégie adoptée par le MEDD est de rationaliser les réseaux existants. Un prélèvement peut en effet répondre à plusieurs objectifs à la fois et satisfaire les besoins de différents producteurs (contrôle sanitaire et suivi au titre de la DCE par exemple). Il est ainsi demandé aux Agences de l'Eau de construire les futurs réseaux de surveillance de la DCE en utilisant le plus possible les données existantes. La banque ADES, ouverte depuis 2003 et permettant aujourd'hui d'accéder facilement aux données publiques produites par l'ensemble des acteurs de l'eau, constitue un atout majeur pour l'application de cette stratégie.

A l'heure où les réseaux patrimoniaux sont amenés à évoluer, l'objectif affiché par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie est double : répondre aux exigences de la DCE et améliorer la connaissance du fonctionnement et des caractéristiques des eaux souterraines du bassin.

C'est dans ce contexte que la présente étude visant à faire évoluer le réseau actuel de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie a été engagée. Elle s'articule en quatre phases :

- Phase 1 : définition d'une méthodologie de choix des points par type de masse d'eau. Il s'agit, pour chacun des grands types de domaine hydrogéologique identifié lors de la délimitation des masses d'eau, de donner les guides pratiques utiles au choix des points (ex. privilégier les sources en milieu karstique, etc.). Pour ce faire, les

propositions faites par l'Agence seront étudiées, complétées et soumises pour validation aux experts locaux.

- Phase 2 : sélection des sites qui feront partie des réseaux de surveillance. A partir des principales données en lien avec la qualité, les masses d'eau seront sectorisées en unités « homogènes ». A partir de ce découpage, un réseau « théorique » sera dessiné (localisation des points, programme d'échantillonnage,...). Un outil de simulation sera développé afin d'étudier plusieurs scénarios et de trouver le meilleur rapport « coût – représentativité ». Ces informations seront ensuite croisées avec les points déjà existants afin de procéder, en partenariat avec des experts régionaux, à la sélection finale des sites.

- Phase 3 : gestion de l'accès à l'ouvrage. L'objectif de cette phase est double. Il s'agit d'une part d'aider l'Agence de l'Eau dans la gestion des sites retenus pour la surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine, et d'autre part de bancariser les informations relatives à cette gestion.

- Phase 4 : il s'agit de mettre à jour la banque de données de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et s'assurer du transfert de l'information vers la base de données ADES.

Le présent rapport fait état des travaux réalisés dans le cadre de la phase 1. Il contient en particulier les fiches méthodologiques de choix des sites par domaine hydrogéologique.

## 2. Présentation du bassin Seine-Normandie

Avant de définir les guides méthodologiques qui serviront au choix des sites des nouveaux réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines de Seine-Normandie, une présentation succincte du bassin, et en particulier de ses masses d'eau et de son réseau actuel, est nécessaire.

### 2.1. LE DECOUPAGE DES MASSES D'EAU

Pour répondre aux exigences de l'article 5 de la DCE sur l'identification et la caractérisation des masses d'eau, les eaux souterraines de la France ont fait l'objet d'un nouveau découpage transmis fin mars 2005 à la Commission Européenne (Normand, 2002, Normand et Gravier, 2005, Mardhel et al, 2005). Les entités ainsi identifiées sont les unités de base pour l'application de la DCE. C'est en effet à l'échelle de la masse d'eau que doivent se mettre en place les réseaux de surveillance (sur les aspects à la fois qualitatifs et quantitatifs) ou encore que les plans de gestion seront établis et appliqués.

Dans ce nouveau découpage, les masses d'eau souterraine sont organisées selon six principaux types hydrogéologiques (Illustration 1) sur la base desquels les stratégies de mise en place du réseau de surveillance seront développées.

Parmi les 60 masses d'eau souterraines localisées dans le bassin, 53 masses d'eau souterraine ont été rattachées au district Seine et Côtiers Normands (Illustration 2). A l'exception de l'« intensément plissé » et du « volcanique », tous les domaines hydrogéologiques y sont représentés.

La quasi totalité des masses d'eau présente un risque de non-atteinte du bon état, en raison de leur état actuel déjà mauvais et des tendances à l'aggravation quasi systématique. Sur les 53 unités rattachées au bassin Seine-Normandie, 46 présentent un risque de non atteinte du bon état qualitatif en 2015 (AESN, 2004 et 2005 ; Illustration 3). Parallèlement à la préparation des programmes de mesure, ce classement sera cependant amené à évoluer.

niveau 1 principal			Niveau 2 secondaire		
Caractéristiques hydrogéologiques					
Type de réservoir aquifère	Nature des écoulements		Caractéristiques de gestion Règles de découpage ou d'agglomération		
<b>Dominante SEDIMENTAIRE non alluviale</b>	Libre et captif dissociés	libre	* limites amont et aval des affleurements * découpage en général par bassin versant hydrogéologique (ou topographique) en 1 ou plusieurs masses d'eau de taille significative pour la gestion * cas particulier découpage entre la crête piézométrique et le cours d'eau (écoulement dissymétrique) * limite du bassin d'alimentation du karst si connue	Ecoulement de type KARSTIQUE	
		captif	* une seule masse d'eau captive * limite amont = limite du recouvrement * limite aval basée sur des critères d'usage potentiel AEP (potabilité, exploitabilité) ou autres (géothermie)		
	Libre et captif associés	Majoritairement captif	* une seule masse d'eau libre et captive majoritairement CAPTIVE * limite amont = limite de la zone d'affleurement * limite aval basée sur des critères d'usage potentiel AEP (potabilité, exploitabilité) ou autres (géothermie)		FRANGE LITTORALE (risque d'intrusion saline)
		Majoritairement libre	* une seule masse d'eau libre et captive majoritairement LIBRE * limite amont = limite de la zone d'affleurement * limite aval basée sur des critères d'usage potentiel AEP (potabilité, exploitabilité) ou autres (géothermie)		
<b>ALLUVIAL</b>	Libre/Captif		* limite amont à partir de la zone où les alluvions sont suffisamment développés pour être exploitables pour l'AEP en relation plus ou moins étroite avec le cours d'eau * limite latérale excluant les terrasses alluviales * possibilité implicite de regrouper des aquifères alluviaux disjoints à même problématique de gestion	REGROUPES	
<b>EDIFICE VOLCANIQUE</b>	Libre/Captif		* limite de l'extension de l'édifice volcanique * si trans-district possibilité d'un découpage en 2 masses d'eau selon les limites des districts hydrographiques		
<b>SOCLE</b>	Libre/Captif		* Découpage par bassin versant hydrographique de taille significative * Possibilité implicite de regrouper des bassins versants contigus ayant une même problématique de gestion		
<b>Système hydraulique composite propre aux zones INTENSEMENT PLISSEES de montagne</b>	Libre/Captif		* découpage par croisement des grands ensembles litho-structuraux avec les grands bassins versants hydrographiques * possibilité implicite de regrouper des bassins versants disjoints ayant une même problématique de gestion		
<b>Système IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE</b>	Libre/Captif		* zone sédimentaire imperméable = enveloppe des petits aquifères sédimentaires disjoints à usage AEP disséminés, avec une même problématique de gestion		

Illustration 1 : Typologie des masses d'eau souterraine. D'après Normand et Chadourne, 2003.

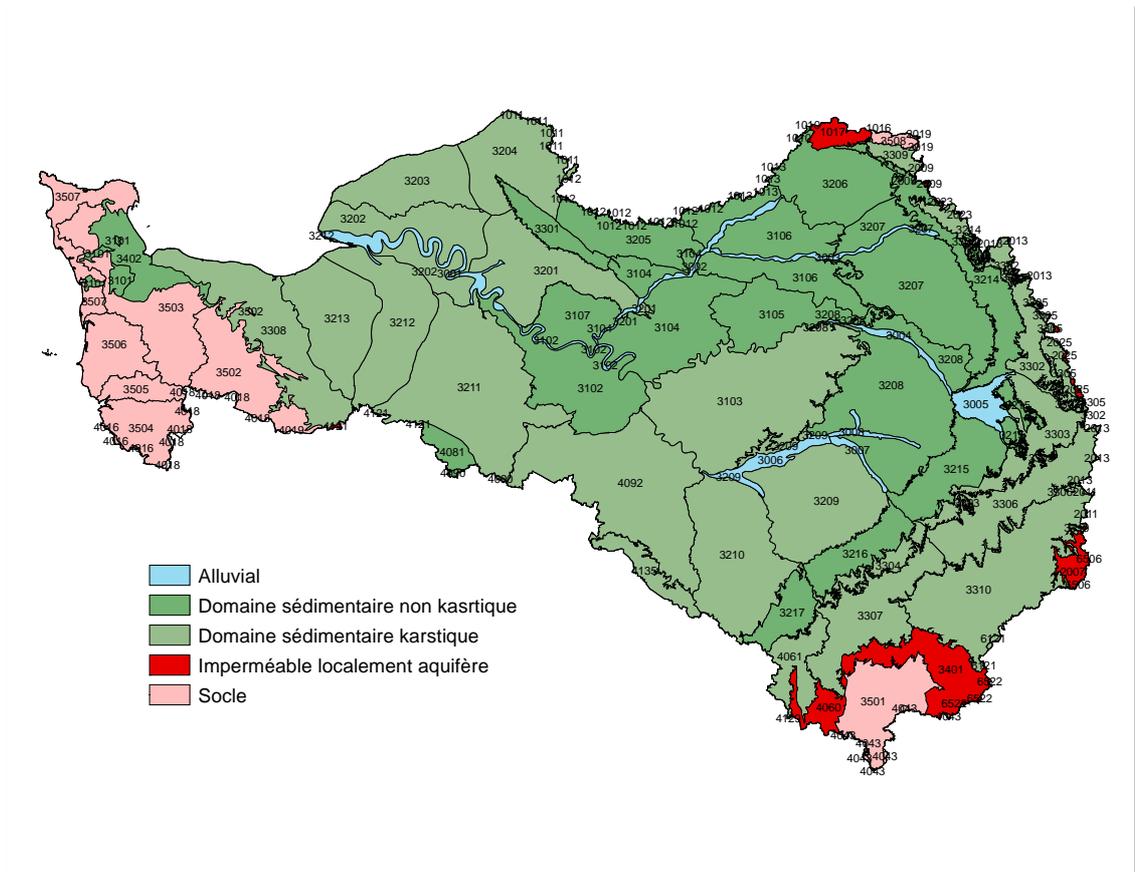


Illustration 2 : Parties affleurantes des masses d'eau souterraine

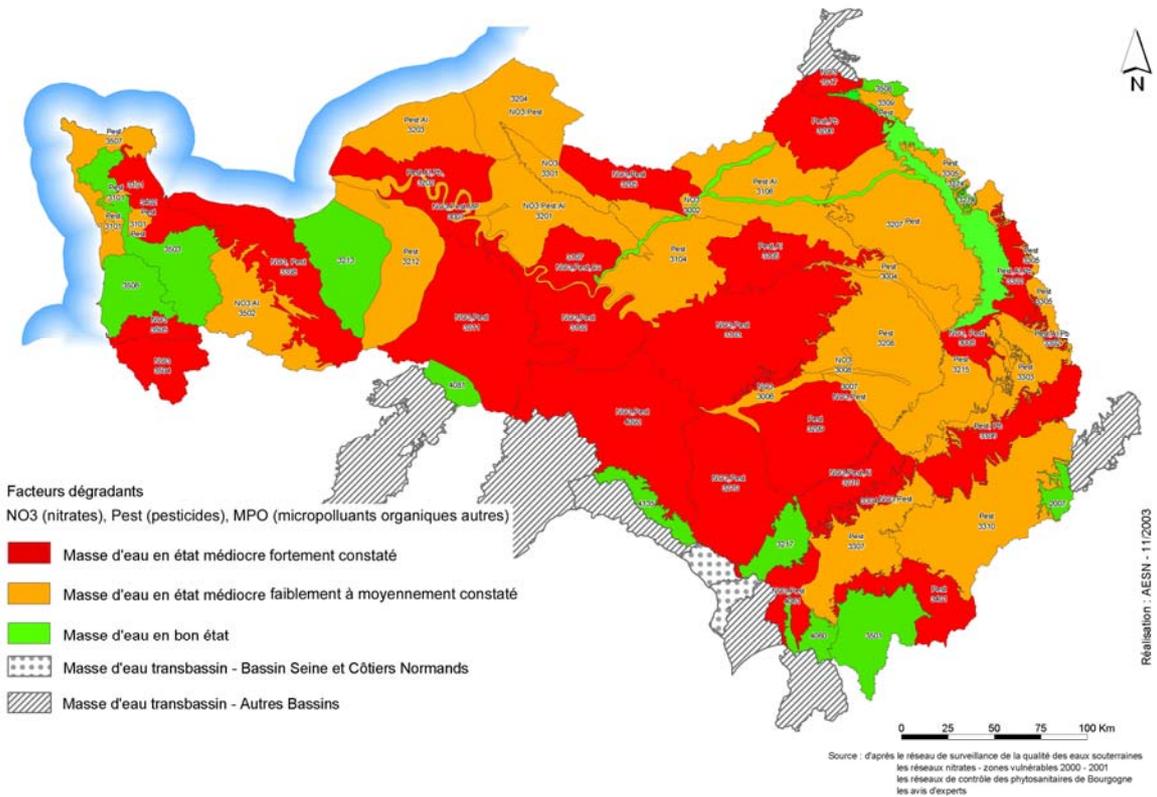


Illustration 3 : Synthèse de l'état chimique des eaux souterraines (d'après AESN, 2004)

## 2.2. LE RESEAU DE SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

En 1996, la responsabilité générale et le financement des réseaux patrimoniaux de surveillance des eaux souterraines (aspects quantitatifs et qualitatifs) ont été confiés aux Agences de l'Eau. Dès lors, ces dernières se sont attachées à construire ces réseaux dont les spécifications ont été inscrites en 1999 dans le protocole national du Réseau National de connaissance des Eaux Souterraines (RNES).

L'Agence de l'Eau Seine-Normandie a mis en œuvre un Réseau de suivi de la Qualité des Eaux Souterraines (RES) sur le bassin Seine-Normandie dès 1997 (Desgeorges et Garnier, 2002, Garnier, 2004, AESN, 2005). Ce réseau composé de 302 points en 1997 a été étendu au fur et à mesure de l'intégration de nouveaux secteurs géographiques et s'est diversifié afin d'être plus représentatif de l'état patrimonial de la ressource en eaux souterraines du bassin. En 2005, ce réseau comportait 406 sites de surveillance (Illustration 4). Parmi ces points, 374 sont des ouvrages AEP.

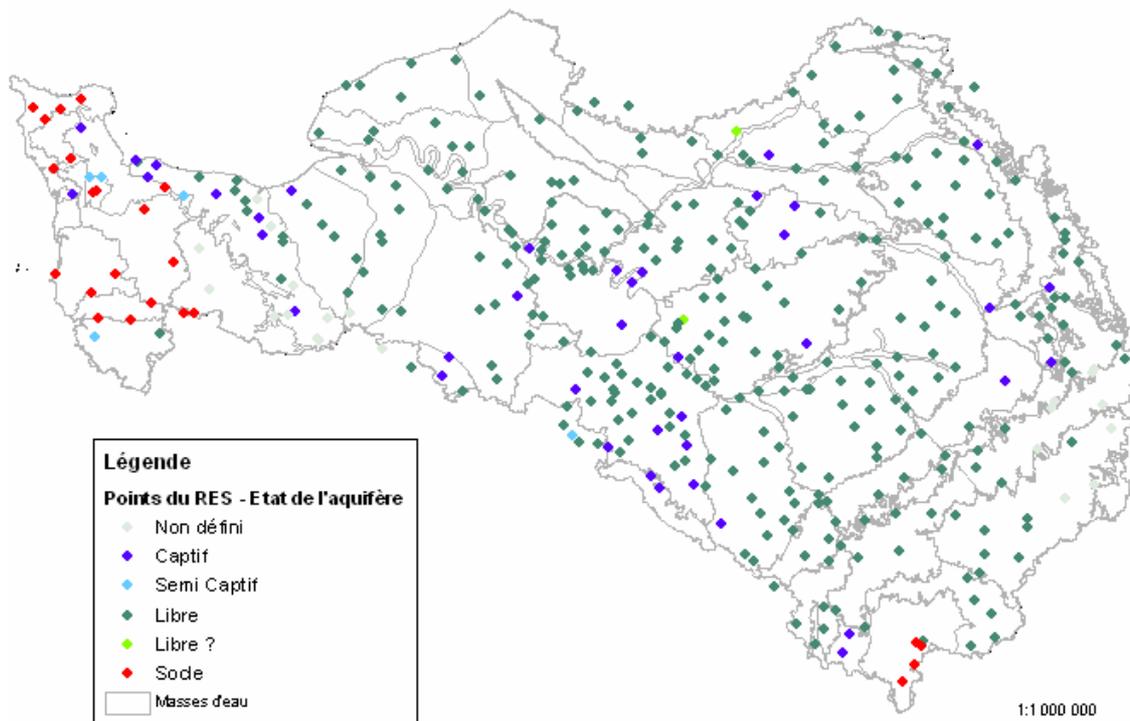


Illustration 4 : Carte du réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines, 2005

Un premier travail fait par l'Agence a consisté à critiquer le réseau patrimonial actuel, à définir des zones de manque de suivi, à comparer entre eux les réseaux existants, et dans certains secteurs à proposer des ouvrages de contrôle (contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau, premières réflexions pour le contrôle opérationnel) et ce en collaboration étroite avec des experts locaux.

Le RES doit aujourd'hui évoluer pour correspondre au nouveau découpage des masses d'eau souterraine réalisé pour l'application de la DCE. Le travail de révision du réseau débuté en 2004 doit donc être complété et doit intégrer également de nouveaux éléments de la DCE et recommandations établies plus récemment par le MEDD (MEDD, 2005). La plupart des sites de surveillance seront conservés dans le nouveau réseau. L'objectif est plutôt de compléter les points déjà existants par de nouveaux sites en vérifiant que l'ensemble est représentatif de l'état des masses d'eau souterraine et donc conforme aux exigences de la DCE.



### **3. Méthodologie pour le choix des points des réseaux de surveillance**

Après une première révision du réseau RES existant, il est aujourd'hui nécessaire de faire évoluer les stratégies de mise en place du réseau afin que celles-ci soient en accord avec les recommandations nationales (MEDD, 2003 et 2005) et européennes (Working Group 2.7, 2003, BRGM, 2005).

Il est également essentiel que les stratégies adoptées soient élaborées en partenariat avec les experts régionaux. C'est pour cette raison que l'Agence de l'Eau Seine-Normandie a organisé un processus de consultation des hydrogéologues régionaux afin que ceux-ci valident les propositions méthodologiques de mise en place du réseau.

L'objectif de cette phase est dans un premier temps d'affiner pour chacun des grands types de domaine hydrogéologique une méthodologie d'élaboration du réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine. Dans un deuxième temps, chaque méthodologie sera soumise pour validation à des experts.

Le présent chapitre présente les méthodologies retenues pour chacun des types de masse d'eau ainsi que les résultats du processus de consultation des experts.

#### **3.1. METHODOLOGIE PAR TYPE DE MASSE D'EAU**

Pour la réalisation de cette phase, conformément aux types de masses d'eau définis dans le cahier des charges national et aux prescriptions de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, quatre domaines hydrogéologiques seront distingués :

- alluvial,
- imperméable localement aquifère,
- socle,
- sédimentaire : au sein de ce type de domaine, les aquifères karstifiés à circulation rapide seront traités séparément. De même, une distinction sera faite entre les masses d'eau captives et les masses d'eau libres.

Il est important de noter que ces recommandations n'ont pas vocation à être exhaustives. A l'inverse, le niveau de connaissance étant très variable d'un système à l'autre, toutes ne pourront être appliquées.

##### **3.1.1. Le modèle conceptuel**

Avant de présenter les fiches méthodologiques proprement dites, il convient de rappeler que, comme le recommandent les guides français et européens, le choix des sites de surveillance devra avant tout être basé sur le modèle conceptuel de la masse d'eau. Par modèle conceptuel, on entend représentation schématique des caractéristiques de la masse d'eau (hydrogéologie, pressions, caractéristiques

chimiques, relations avec les systèmes de surface, ...). Ce modèle est présenté dans la première fiche de l'annexe 1.

### **3.1.2. Fiches méthodologiques par domaines**

Les 4 domaines existants sur le bassin Seine-Normandie, domaine alluvial, domaine sédimentaire (à dominante karstique ou non), domaine imperméable localement aquifère et domaine de socle, sont décrits dans les fiches de l'annexe 1. Les fiches comportent le nom du domaine hydrogéologique considéré, une liste des masses d'eau du bassin Seine-Normandie correspondant au domaine décrit, une synthèse de la méthode retenue pour définir le réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines, des guides pour la sélection de choix des sites. Une liste bibliographique par région et thème d'étude a été compilée dans un document séparé afin de permettre son enrichissement au cours du projet et d'éviter une surcharge des fiches méthodologiques synthétiques. Ce document se trouve en fin d'annexe 1.

### **3.1.3. Cas particulier du socle**

Pour le socle, deux fiches sont proposées. En effet 2 méthodes doivent être testées. La première méthode est basée sur la sectorisation des masses d'eau souterraine et la seconde sur l'utilisation de points de surface « intégrateurs ». La première méthode pourra aider à la caractérisation des bassins versants des points sélectionnés dans les cours d'eau de la deuxième méthode.

Ces deux méthodes, initiées dans le bassin Loire-Bretagne, ont été décrites dans le complément au cahier des charges sur l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines en France (MEDD, 2005).

Des exemples d'études scientifiques permettant la validation de la méthode se basant sur l'utilisation des cours d'eau à l'étiage comme points intégrateur viendront compléter la fiche concernant le domaine du socle.

## **3.2. PROCESSUS DE VALIDATION PAR LES EXPERTS**

A l'issue des travaux de la phase 1, un document décrivant la méthodologie adoptée ainsi que les fiches provisoires par grand domaine hydrogéologique ont été déposés sur un site Internet à accès réservé. Sur ce portail collaboratif, les experts régionaux désignés par l'Agence de l'Eau ont pu consulter ces documents.

Quelques experts ont consulté le site Internet. Un commentaire portant sur les deux méthodes qui seront utilisées pour le domaine du socle a été envoyé à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. Il est convenu que les deux méthodes seront testées afin d'évaluer plus précisément les avantages et inconvénients de chacune d'entre elles. Le choix de points de cours d'eau intégrateurs se fera en parallèle à l'utilisation de points d'eau souterraine. Il sera possible après plusieurs mois de fonctionnement en parallèle des différents sites de surveillance de valider localement la méthode et de fixer le choix définitif du point de surveillance.

Le site Internet a permis un accès facile et rapide à l'ensemble des documents relatifs à l'étude : cahier des charges, comptes-rendus de réunions, dates de réunions, fiches méthodologiques et permettra la mise à disposition aux experts des rapports d'avancement et cartes.



## 4. Conclusions

Dans le contexte de la Directive Cadre sur l'Eau et plus précisément dans la perspective de la mise en place des réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine prévue pour fin 2006 (article 8), il est aujourd'hui nécessaire pour l'Agence de l'Eau Seine-Normandie de faire évoluer son réseau (RES) et de compléter le travail effectué dans ce sens depuis 2004.

Au cours de cette première phase de l'étude, les grandes orientations méthodologiques qui, pour chaque grand type de domaine hydrogéologique, permettront de localiser les points du futur réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie, ont pu être définies. Ces orientations ont d'autre part été soumises à des experts régionaux afin que celles-ci, en tenant compte des expériences locales, soient pratiques et proches des réalités de terrain, et qu'elles soient également partagées par les partenaires locaux de l'Agence de l'Eau (Diren, Conseils Généraux, DRIRE, DDAF, DDASS,...).

Si les orientations stratégiques retenues pour la construction d'un réseau représentatif sont assez éprouvées et reconnues dans les domaines sédimentaires, il n'en est pas de même en domaine de socle où l'hétérogénéité du milieu et l'absence de véritable nappe d'eau souterraine ne facilite pas la sélection de sites représentatifs. Dans ce contexte, deux approches vont être étudiées. La première, basée sur l'identification de sous-unités homogènes et la sélection d'un ou plusieurs sites dans chacune d'entre elles est apparue plus conforme à une approche hydrogéologique mais également trop théorique. Elle ne permettait en outre pas de s'affranchir du manque de représentativité des forages en domaine de socle. La deuxième approche, fondée sur des prélèvements dans les cours d'eau en période d'étiage c'est-à-dire lorsque la contribution des eaux souterraines au débit des rivières est maximale, semble en revanche plus pertinente. Cette méthode ne permet cependant pas de disposer d'une évaluation de la qualité des masses d'eau souterraine durant les périodes de hautes eaux. Elle est également inadaptée à certaines régions où les à sec saisonniers sont fréquents. Les deux méthodes seront retenues dans un premier temps et des points de contrôles « eau souterraine » pourront être également conservés à long terme même si le choix des cours d'eau en étiage est considéré comme satisfaisant.

Maintenant que les orientations stratégiques pour la mise en place du réseau sont arrêtées et validées, la phase suivante de l'étude consacrée à la sélection proprement dite des points peut être engagée.



## 5. Bibliographie

AESN (2004) – Etat des lieux du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, au titre de la Directive Cadre Européenne sur l'eau 2000/60/CE. AESN, Préfecture d'Ile-de-France, DIREN Ile-de-France, 120 p. + annexes (155p.) + atlas cartographique (22 cartes).

AESN (2005) – Contribution à la définition d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines dans le bassin Seine-Normandie, note d'orientation, 15 p.

BRGM (2005) – Complément au cahier des charges sur l'évolution des réseaux de surveillance en France, 17 Juin 2005, 68 p.

Desgeorges A., Garnier C. (2002) - Analyse de l'état quantitatif des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie - dans l'optique de la mise en oeuvre de la directive cadre européenne sur l'eau. Document AESN.

Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre communautaire dans le domaine de l'eau, parue au journal officiel des Communautés européennes le 22 décembre 2000.

Garnier C. (2004) – Cahier des charges du MEDD sur l'évolution des réseaux de surveillance, adaptation du réseau qualité du bassin Seine-Normandie, note de synthèse, document AESN.

Garnier C. (2004) – Commentaires sur l'évolution des points de suivi des eaux souterraines du réseau de bassin (réseau de surveillance), adaptation du réseau qualité du bassin Seine-Normandie. Document AESN.

Mardhel V., Normand M., Gravier A. (2005) – Mise en oeuvre de la DCE – Référentiel cartographique national des masses d'eau souterraine (version 1). BRGM/RP-53923-FR, 71 p.

MEDD (2003) – Cahier des charges pour l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines en France, Circulaire DCE 2003/07 du 8 octobre 2003, 117 p.

MEDD (2003) – Mise en oeuvre de la DCE. Caractérisation initiale des masses d'eau souterraine. Guide méthodologique version 4.1, mars 2003, Aquascop, 135 p.

MEDD (2004) - Schéma directeur de données sur l'eau - projet de circulaire 9/11/04

MEDD (2005) - Circulaire DCE 2005/14 relative à la surveillance des eaux souterraines en France, 26 octobre 2005

MEDD (2005) – Complément au cahier des charges sur l'évolution des réseaux de surveillance en France, texte résumé, 17 Juin 2005, 21 p.

Normand M. (2002) – Délimitation des masses d'eau souterraine, Note explicative sur les relations quantitatives nappe – rivière et nappe – zones humides, note technique, 22 p.

Normand M. et Gravier A. (2005) – Mise en oeuvre de la DCE – Premières synthèses des caractéristiques principales et secondaires des masses d'eau souterraine et de

l'analyse du Risque de Non Atteinte du Bon Etat environnemental en 2015. Pistes de réflexion pour la caractérisation plus détaillée. BRGM/RP-53924-FR, 105 p.

Normand M., Chadourne D. (2003) – Mise en œuvre de la DCE – Identification et délimitation des masses d'eau souterraine. Guide méthodologique. BRGM/RP-52266-FR, 45p.

Working group 2.7 « Monitoring » (2003), Guidance on Monitoring for the Water Framework Directive, Final Version, 192 p.

## **Annexe 1**

### **Fiches méthodologiques**



Cette annexe présente successivement les fiches méthodologiques suivantes :

- bibliographie
- modèle conceptuel ;
- domaine alluvial ;
- domaine imperméable localement aquifère ;
- domaine à dominante sédimentaire ;
- domaine de socle – méthode 1 ;
- domaine de socle – méthode 2 ;



## Bibliographie

### Informations générales – recommandations sur la mise en place de la DCE

Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre communautaire dans le domaine de l'eau, parue au journal officiel des Communautés européennes le 22 décembre 2000.

Décision N° 2455/2002/CE du parlement européen et du conseil du 20 novembre 2001 établissant la liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau et modifiant la directive 2000/60/CE, parue au journal officiel des Communautés européennes le 15 décembre 2001.

Draft Groundwater Monitoring Guidance, GW1 group, 29 September 2005

Projet de Directive sur la protection des eaux souterraines contre la pollution, 10746/05, 1<sup>er</sup> juillet 2005

Working group 2.7 « Monitoring » (2002), Guidance on Monitoring for the Water Framework Directive, Final Version, 15 November 2002, 192 p.

MEDD (2003) – Mise en œuvre de la DCE. Caractérisation initiale des masses d'eau souterraine. Guide méthodologique version 4.1, mars 2003, Aquascop, 135 p.

MEDD (2003) – Cahier des charges pour l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines en France, Circulaire DCE 2003/07 du 8 octobre 2003, 117 p.

MEDD (2005) – Complément au cahier des charges sur l'évolution des réseaux de surveillance en France, texte résumé, 17 Juin 2005, 21 p.

BRGM (2005) – Complément au cahier des charges sur l'évolution des réseaux de surveillance en France, 17 Juin 2005, 68 p.

MEDD (2004) - Schéma directeur de données sur l'eau - projet de circulaire 9/11/04

MEDD (2005) - Circulaire DCE 2005/14 relative à la surveillance des eaux souterraines en France, 26 octobre 2005

AESN (2004) – Etat des lieux du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, au titre de la directive cadre européenne sur l'eau 2000/60/CE. AESN, Préfecture d'Ile de France, DIREN Ile de France, 120 p. + annexes (155p.) + atlas cartographique (22 cartes).

AESN (2005) – Contribution à la définition d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines dans le bassin Seine-Normandie, note d'orientation, 15 p.

Blum A., Chery L., Barbier J., Baudry D, Petelet-Giraud E. (2002) - Contribution à la caractérisation des états de référence géochimique des eaux souterraines. Outils et méthodologie. Rapport final - Volume 1 : rapport principal - Volume 2 : Synthèse des connaissances sur les éléments majeurs - Volume 3 : Synthèse des connaissances sur les éléments mineurs. rapport BRGM RP-51549-FR, 5 volumes.

Chartier R. (2005) – Suivi de la qualité des eaux souterraines relative aux installations classées et sites pollués. État des lieux et méthodologie de bancarisation des données. Rapport final. BRGM/RP-53784-FR, 95 p.

Desgeorges A., Garnier C. (2002) - Analyse de l'état quantitatif des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie - dans l'optique de la mise en oeuvre de la directive cadre européenne sur l'eau. Document AESN.

Garnier C. (2004) – Cahier des charges du MEDD sur l'évolution des réseaux de surveillance, adaptation du réseau qualité du bassin Seine-Normandie, note de synthèse, document AESN.

Garnier C. (2004) – Commentaires sur l'évolution des points de suivi des eaux souterraines du réseau de bassin (réseau de surveillance), adaptation du réseau qualité du bassin Seine-Normandie. Document AESN.

Landreau A. (1996) – Suivi de la qualité des eaux souterraines, approche méthodologique, critères de définition des réseaux de surveillance, rapport BRGM/RP-38954, 38p.

Mardhel V., Normand M., Gravier A. (2005) – Mise en oeuvre de la DCE – Référentiel cartographique national des masses d'eau souterraine (version 1). BRGM/RP-53923-FR, 71 p.

Normand M. (2002) – Délimitation des masses d'eau souterraine, note explicative sur les relations quantitatives nappe – rivière et nappe – zones humides, note technique, 22 p.

Normand M., Chadourne D. (2003) – Mise en oeuvre de la DCE – Identification et délimitation des masses d'eau souterraine. Guide méthodologique. BRGM/RP-52266-FR, 45p.

Normand M. et Gravier A. (2005) – Mise en oeuvre de la DCE – Premières synthèses des caractéristiques principales et secondaires des masses d'eau souterraine et de l'analyse du Risque de Non Atteinte du Bon Etat environnemental en 2015. Pistes de réflexion pour la caractérisation plus détaillée. BRGM/RP-53924-FR, 105 p.

### **Informations générales – Relations nappes/rivières**

Normand M. (2003) – Synthèse bibliographique sur les relations qualitatives nappe – rivière, note technique.

Vernoux J.F., Le Nindre Y.M., Martin J.C. (2001) - Relations nappe-rivière et impact des prélèvements d'eau souterraine sur le débit des cours d'eau dans le bassin de la Juine et de l'Essonne. BRGM/RP-50637-FR.

### **Informations générales – Localisation des pressions**

Mardhel V., Gravier A. (2005) – Carte de vulnérabilité simplifiée des eaux souterraines de bassin Seine-Normandie. BRGM/RP-54148-FR, 84 p.

Nowak C., Mardhel V. (2004) – Croisement des données des sites pollués, ou susceptibles de l'être, de l'outil BASOL et des données sur les nappes du bassin Seine-Normandie, BRGM/RP-53253-FR, 225 p.

Rouxel E., Batkowski D., Nicolas J., Brichet C., Pichon C. (2004) - Suivi de la qualité des eaux souterraines en aval des installations classées situées dans la région Champagne-Ardenne (Bassin Seine-Normandie). Rapport final. BRGM/RP-53186-FR

Caous J.Y., Gaillard J-G., Legrand M. (1978) - Délimitation des zones à réserver à l'exploitation d'eau souterraine potable par les collectivités dans la vallée de l'Oise de Compiègne à Boran-sur-Oise (besoins 1985-2000). BRGM, Agence financière de bassin Seine-Normandie, 25 p.

### **Informations générales – Atlas hydrogéologiques et cartes piézométriques**

AESN (1974) - Les bassins de la Seine et des cours d'eau normands - Tome 1 - Ressources d'eau et données hydrologiques - fascicule 4 : Eaux souterraines. Mission Déléguée de Bassin SN - Agence financière de bassin SN, 157 p.

Aqui'Brie (2005) - Cartes piézométrique de la nappe du Champigny (HE et BE)

BRGM - Carte hydrogéologique d'Auxerre au 1/50 000 et notice

BRGM (1967) - Carte hydrogéologique de Paris au 1/50 000 et notice

Caous J.Y. et al. (1979) - Atlas hydrogéologique de l'Aisne, notice explicative et carte. BRGM

Caous J.Y. et al. (1979) - Atlas hydrogéologique de l'Oise. BRGM

Chemin J., Hole J.P., Peckre M., Vidard I. (1992) - Atlas hydrogéologique de la Seine - Maritime. BRGM, 66 p. + cartes.

Chemin J., Hole J.P., Pernel F., Peckre M. (1991) - Atlas hydrogéologique de l'Eure. BRGM, 72 p. + cartes

Desprez N., Mégnien C., Caudron M., Martins C., Rampon G., Van den Beusch M. (1975) - Beauce - Atlas hydrogéologique - Notice, synthèse, index. BRGM, 117p.

Maget P. (1995) - Piézométrie du système aquifère de Beauce - Basses eaux 1994. BRGM/RR-38572-FR, 33 p.

Mégnien C. et al. (1970) - Atlas des nappes aquifères de la région parisienne. BRGM, 152 p, 61 cartes + annexes

Pascaud P., Mauger D (1991) - Atlas hydrogéologique du Calvados, BRGM.

Rouxel D.E., Batkowski D., Baudouin V., Cordonnier G., Cubizolles J., Herrouin N.J.P., Izac J.L., Jegou J.P., Kieffer C., Mardhel V., Paya H. (2003) - Cartographie de la piézométrie de la nappe de la craie en Champagne-Ardenne : rapport final, BRGM/RP-52332-FR.

Verley F., Brunson F., Verjus P., Cholez M. (2003) - Nappe de Beauce - Piézométrie hautes eaux 2002. Direction de l'eau et de l'environnement Centre et Ile-de-France, 53 p.

Vernoux J.F., Batkowski I.D., Caous J.Y., Caudron M., David A., Elsass P., Equilbey E., Jauffret D., Maget P. (2000) - Codification des systèmes aquifères du bassin Seine-Normandie - Version v1, BRGM/RP-50340-FR.

### **Synthèses hydrogéologiques par feuilles au 1/50.000**

BRGM (1963) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Fontainebleau - Château-Landon (Seine-et-Marne) et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 63 A 30

BRGM (1963) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Nangis - Provins et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 63 A 16

BRGM (1963) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Montereau et synthèse hydrogéologique provisoire (Seine-et-Marne), DSGR 63 A 40

BRGM (1963) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Melun (Seine-et-Marne), DSGR 63 A 11

BRGM (1964) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Rozay - Esternay et synthèse hydrogéologique provisoire (Seine-et-Marne, Marne), DSGR 64 A 29

BRGM (1964) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Meaux et synthèse hydrogéologique provisoire (Seine-et-Marne). DSGR 64 A 1

BRGM (1964) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne) et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 64 A 41

BRGM (1964) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Lagny (Seine-et-Marne) et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 64 A 39

BRGM (1964) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Etampes - Malesherbes (Essonne et Loiret) et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 64 A 52

BRGM (1964) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Corbeil (Essonne) et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 64 A 48

BRGM (1964) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Isle-Adam et synthèse hydrogéologique provisoire (Val d'Oise), DSGR 64 A 31

BRGM (1964) -Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Meru - Gisors - Mantes - Pontoise (Yvelines et Val d'Oise) et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 64 A 51

BRGM (1965) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Nogent-Le-Roi - Rambouillet (Yvelines) et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 65 A 5

BRGM (1965) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés en SEINE-ET-OISE sur les feuilles topographiques Versailles – Houdan et synthèse hydrogéologique provisoire (Yvelines), DSGR 65 A 4

BRGM (1966) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Dammartin-en-Goele (Seine-et-Marne) et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 64 A 17

BRGM (1966) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Dourdan - Mereville (Essonne) et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 66 A 13

BRGM (1966) – Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Paris et synthèse hydrogéologique provisoire, DSGR 66 A 66

BRGM (1967) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Vouziers, Stenay, Monthois, Ste Menehould et description hydrogéologique provisoire. BRGM, DSGR.67.A83.

BRGM (1967) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Château Porcien, Rethel, Asfeld et Attigny et description hydrogéologique provisoire. BRGM, DSGR.67.A9.

BRGM (1967) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Vertus, Châlons/Marne, Fere Champenoise, Vitry-le-Francois et description hydrogéologique provisoire. BRGM, DSGR.67.A8.

BRGM (1967) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Montmirail, Montmort, Esternay, Sezanne et description hydrogéologique provisoire. BRGM, DSGR.67.A54.

BRGM (1968) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Provins, Romilly, Sergines, Estissac et description hydrogéologique provisoire. BRGM, 68 SGL 178 BDP.

BRGM (1968) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Revigny et St Dizier et description hydrogéologique provisoire. BRGM, 68 SGL 87 BDP

BRGM (1968) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Troyes, Arcis -sur-Aube, Chavanges, Brienne le Château et description hydrogéologique provisoire. BRGM, 68 SGL 179 BDP.

BRGM (1969) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Aix-en-Othe, Bouilly, St Florentin, Chaource et description hydrogéologique provisoire. BRGM, 69 SGL 277 BDP.

BRGM (1970) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Wassy, Doulevant-le-Château et description hydrogéologique provisoire. BRGM, 70 SGN 033 BDP.

BRGM (1971) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Bar-sur-Seine, Les Riceys et description hydrogéologique provisoire. BRGM, 71 SGN 289 BDP.

BRGM (1973) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Bar-sur-Aube, Chaumont, Châteauvillain, Nogent-en-Bassigny et description hydrogéologique provisoire. BRGM, 73 SGN 032 BDP.

BRGM (1974) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Raucourt, Flaba et description hydrogéologique provisoire. BRGM, 74 SGN 409 BDP.

BRGM (1977) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique Renwez et description hydrogéologique provisoire. BRGM, 77 SGN 048 BDP.

BRGM (1977) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques Langres, Is-sur-Tille, Aignac-le-Duc, Recey-sur-Ource et description hydrogéologique provisoire. BRGM, 77 SGN 087 CHA.

#### **Informations concernant principalement les masses d'eau alluviales**

AESN (2006): Constitution de la base de données hydrogéomorphologiques nécessaire à la caractérisation de la fonctionnalité des corridors fluviaux du bassin Seine-Normandie. Etudes en cours

Barnaud G., Barre V., Weng P. (2004) - Programme national de recherche sur les zones humides - Les actes du colloque de Toulouse - 22-24 octobre 2001. 305 p.

Bendjoudi H. (2000) - PNRZH projet 7 - Fonctionnement des zones humides riveraines du cours moyen des rivières - Analyse et modélisation de la genèse des hétérogénéités structurales et fonctionnelles - Application à la Seine. UMR 7619 Sisyphe, 140 p.

HYDRATEC - BURGEAP (1995) - Cartographie de l'intérêt fonctionnel des zones humides du bassin Seine Normandie vis-à-vis de la ressource en eau. Fiche 64.

Mégny C. (1979) – Hydrogéologie du centre du bassin de Paris. BRGM, Mémoire BRGM n° 98

Poinsot C. (2002) - Fonctionnement hydrologique des zones humides du bassin de la Seine, étude de cas : marais Vernier. mémoire de thèse MNHN, 497 p.

#### **Informations concernant principalement les masses d'eau imperméables localement perméables**

Jauffret D. (1997) - Synthèse hydrogéologique des aquifères des calcaires jurassiques du Nivernais (département de la Nièvre). BRGM/R 39291, 73 p. + 150 annexes + cartes

#### **Informations concernant les masses d'eau de type socle**

Elsass P., Chabart M. (1999) - Création d'un référentiel des ouvrages AEP et des systèmes hydrogéologiques du Bassin Rhin-Meuse. BRGM, R40791

Equilbey E., Deroin J.P., Martin J.C. (2000) - Etude des relations entre les niveaux piézométriques et la qualité chimique des eaux des aquifères de Basse-Normandie. BRGM/RP-50382-FR, 105 p.+200 p. d'annexes

GEOARMOR (2002) - Etude des ressources en eau souterraine du bassin de la Sélune - SAGE Sélune - Fascicule 1 et 2 - Rapport d'étude. Association bassin de la Sélune de l'amont à l'aval, 115 p. GG/GR/R2114

HYDRATEC - BURGEAP (1995) - Cartographie de l'intérêt fonctionnel des zones humides du bassin Seine Normandie vis-à-vis de la ressource en eau. Fiche 64.

## Informations concernant principalement les masses d'eau sédimentaires

### *A dominante libre karstique*

AESN (1990) - Gestion de la nappe des calcaires de Champigny - Rapport du groupe de travail. AESN, direction régionale de l'équipement d'IDF, service régional d'aménagement des eaux d'IDF, DDAF Seine-et-Marne, 24 p. + annexes.

Alliez V., Berger G. (1981) - Hydrogéologie des bassins de l'Essonne et de la Juine - synthèse bibliographique. BRGM, Agence financière de bassin Seine-Normandie, 12 p.

André P., Roussel P. (1978) - Alimentation en eau des communes rurales de l'Essonne - Vulnérabilité des réservoirs aquifères (Essonne). BRGM/RR-21250-FR, 102 p.

ANTEA et al (2000) - Etudes préalables à la réalisation d'un modèle de gestion de la nappe de Beauce - Etat et tendance de la qualité des eaux souterraines. ANTEA, Agence de l'eau Loire-Bretagne, Région Centre, Région Ile-de-France, Agence de l'eau Seine-Normandie, 22 p.

ANTEA et al (2002) - Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Nappe de Beauce et des Milieux Aquatiques Associés - Phase 2 - Diagnostic. SEPIA CONSEILS, ANTEA, Agence de l'eau Loire-Bretagne, Agence de l'eau Seine-Normandie, DIREN, Commission locale de l'eau, 42 p.

Baumann G. (1997) - Etude d'un modèle d'exploitation des eaux souterraines dans la vallée de la Touques en amont de Pont-l'Evêque (14) - rapport de synthèse. BURGEAP, CG Calvados, 26 p. + 23 annexes, R.1949/A.5111/C.296246

BRGM (1978) – Alimentation en eau des communes de la zone rurale de l'Essonne. Vulnérabilité des réservoirs aquifères, 78 SGN 610 BDP

BRGM (1981) – Inventaire des ressources aquifères et vulnérabilité des nappes du département des Yvelines. Rapport BRGM 81 SGN 348 IDF

BRGM (1995) - Piézométrie du système aquifère de Beauce. Basses eaux 1994. BRGM, R38572

BURGEAP & BRGM (1973-1975) - AEP des villes nouvelles du SE de la région parisienne : Notes Techniques 1 à 20. BURGEAP & BRGM, 302 p. + annexes

BURGEAP (1994) - Etude hydrogéologique générale sur l'Aire du S.D.A.U. et ses marges - Rapport de synthèse (Tome 1). Syndicat intercommunal d'aménagement et d'urbanisme de l'agglomération caennaise

CACG (1999) - Etudes préalables à la réalisation d'un modèle de gestion de la nappe de la Beauce - Volet hydrométrique. Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne.

Caudron M., Desprez N. (1969) - Etude hydrogéologique du Calcaire de Beauce. Synthèse géologique et bilan. Rapport BRGM 69 SGL 149 BDP

Caudron M., Desprez N., Martins C., Rampon G. (1973) - Mise en valeur et exploitation des données acquises sur la nappe des calcaires de Beauce en vue de la réalisation d'un modèle mathématique de simulation en régime transitoire. BRGM, Ministère du

- développement industriel et scientifique, Agence financière de bassin Seine-Normandie, Agence financière de bassin Loire-Bretagne, 31 p.
- CGC (1998) - Bilan quantitatif de la nappe de la craie en Seine-Maritime pour le schéma départemental d'alimentation en eau potable. 62 p.
- Chabert C., Couturaud A. (1986) - La Nièvre des grottes et des rivières souterraines. Les Annales du Pays Nivernais
- Chabert C., Maingonat G. (1977) - Grottes et gouffres de l'Yonne. CRDP, Acad. Dijon, 320 p.
- Chapelier G., Duval O., Daroussin J., Couturie A., Roque J., Bruand A. (1999) - Programme d'études Beauce - Etude de la recharge de la nappe de Beauce - Esquisse cartographique des réserves utiles potentielles en eau des sols. INRA, Orléans, 55 p. + cartes
- Elsass P., Chabart M. (1999) - Création d'un référentiel des ouvrages AEP et des systèmes hydrogéologiques du bassin Rhin-Meuse. BRGM, R40791.
- Equilbey E., Deroin J.P., Martin J.C. (2000) - Etude des relations entre les niveaux piézométriques et la qualité chimique des eaux des aquifères de Basse-Normandie. BRGM/RP-50382-FR, 105 p.+ 200 p. d'annexes
- Farah A.S., Lepiller M. (1996) - Synthèse sur les assèchements de rivières du bassin de la Seine et de la Loire issues de la formation des calcaires de Beauce (Recensement - Caractérisation - Relation avec la dynamique des aquifères). Laboratoire d'hydrogéologie - Université d'Orléans, 76 p. + 67 p. d'annexes
- Favard P. (1999) - Prévisions du niveau de la nappe de Beauce : approches théoriques et applications - Rapport intermédiaire. LEERNA, GREMAQ, 50 p. + 18 p. d'annexes
- Gadalia A., Laurendon P. (1994) - Gestion de la ressource en eau de l'aquifère captif du Bajocien - Phase 2 : origine et possibilités de traitement du fluor. BRGM/RR-37917-FR, 18 p.
- Giot D., Le Nindre Y.M. (1999) - Etudes préalables à la réalisation d'un modèle de gestion de la nappe de Beauce. Géométrie du réservoir et limites de la nappe de Beauce. BRGM, R 40571
- Gobion P. (1999) - Contrat de nappe du Champigny - Réseau de surveillance de la qualité des eaux - Etude pour la définition et la mise en place de procédures spécifiques complémentaires pour l'analyse des produits phytosanitaires. CG Seine et Marne, 16 p.
- Hanot F. ( 2004) - Voyage d'étude dans le bassin de Paris entre Avallon et Le Havre - 1er et 2 avril 2004. BRGM
- IAURIF (1996) - La nappe des calcaires de Champigny : état des lieux et projet de contrat de nappe. CR Ile de France, IAURIF, 245 p.
- Jaillet S. (2000) - Un karst couvert de bas-plateau : le Barrois - (Lorraine / Champagne, France) - Structure-Fonctionnement-Evolution. Thèse 3ème cycle, Université Michel de Montaigne - Bordeaux 3

- Jauffret D. (1997) - Synthèse hydrogéologique des aquifères des calcaires jurassiques du Nivernais (département de la Nièvre). BRGM/RR-39291-FR, 73 p. + 150 annexes + cartes
- Maget P. (1995) - Nappe des sables du Cénomani du bassin Loire-Bretagne. Piézométrie 1994. rapport BRGM - R 38582
- Maget P. (1995) - Piézométrie du système aquifère de Beauce - Basses eaux 1994. BRGM/RR-38572-FR, 33 p.
- Martin J.C. (1999) - Piézométrie de la nappe de la Beauce - Bilan du réseau piézométrique - Etat corrigé des hautes-eaux 1986. Rapport BRGM R 40379, 89 p. + 3 annexes
- Martin J.C. (2000) - Etudes préalables à la réalisation d'un modèle de gestion de la nappe de Beauce - Caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère - Mesure de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement. BRGM/RP-50348-FR, 91 p.
- Martin J.C., Giot D., Nindre Y.M. (1999) - Etudes préalables à la réalisation d'un modèle de gestion de la nappe de la Beauce - Géométrie du réservoir et limites de la nappe de Beauce. BRGM/R-40571, 123 p. + figures et annexes
- Mazenc B. (1994) - Gestion de la ressource en eau de l'aquifère captif du Bajocien - Phase 2. BRGM/RR-37952-FR, 48p.
- Mazenc B. (1994) - Gestion de la ressource en eau de l'aquifère captif du Bajocien - Phase 3. BRGM/RR-37999-FR, 55p.
- Mégny C. (1964) - Observations hydrogéologiques sur le SE du bassin de Paris. Les circulations aquifères dans le Jurassique et le Crétacé de l'Yonne. Mémoire BRGM n° 25, 287 p. + 77 fig
- Mégny C. (1998) - Contribution à l'étude de la turbidité des principaux captages des sources de la Vanne. Rapport SAGEP 98135
- Mégny C. (2002) - Hydrologie karstique de la craie du Sénonais. Bull. Inf. Géol. Bass. Paris, vol 39, n 2, p. 17-27
- Morardet S., Hanot S. (2000) - La gestion volumétrique de l'eau en Beauce : impact sur les exploitations agricoles - Rapport final. Cemagref, 55 p. + 23 p. d'annexes
- Nouzille C., Nicoulaud B., Golaz F., Couturier A., Bruand A. (1999) - Programme d'études Beauce - Etude de l'alimentation naturelle de la nappe de Beauce - Elaboration d'un modèle de calcul de l'infiltration efficace. INRA, Orléans, 77 p. + 12 annexes
- Pascaud P. (1989) - Gestion de la ressource en eau de l'aquifère captif du Bajocien - BRGM/RR-30243-FR, 188p.
- Pecquet T., Royer L. (2004) - Nappe de Champigny - Rapport d'étape - Campagne 2002-2003. Chambre d'agriculture de Seine-et-Marne, 16 p. + 32 annexes
- Pivette Ingénieur consultant - Baumann consulting (2001) - Aquifère bathonien de la région d'Argentan-Sées - Modélisation mathématique pour la gestion de la ressource - Tome 1 - Rapport de synthèse. Conseil général de l'Orne, Syndicat départemental de l'eau. 249/98/Ra.130B

PROLOG Ingénierie (1996) - Détermination des débits de référence étiage et module - Application au département de la Seine-et-Marne. PROLOG Ingénierie, 125 p. + 2 tomes d'annexes

Roy B. (1983) - Géologie, géophysique, hydrogéologie des formations d'âge jurassique moyen dans le nord-ouest de la Nièvre. Thèse 3ème cycle, Université de Dijon

SAFEGE (1992) - Modèle mathématique de la nappe de Champigny - Actualisation, extension, simulations perspectives - 1991/1992 - Phase 1 : actualisation sur 1988-1991 - Phase 2 : extension du modèle - Rapport technique - Document final. SAFEGE, Lyonnaise des eaux-Dumez, région parisienne sud, Société des eaux de Melun, Agence de l'eau Seine-Normandie, 89 p.

SEPIA CONSEIL et al (2002) - Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Nappe de Beauce et des Milieux Aquatiques Associés - Phase 2 - Diagnostic. SEPIA CONSEILS, ANTEA, Agence de l'eau Loire-Bretagne, Agence de l'eau Seine-Normandie, DIREN, Commission locale de l'eau, 42 p.

Souchet G. (1996) - Tableau historique des essais de traçage des eaux souterraines dans le bassin de la Vanne depuis 1894. Doc. Lab. Ville de Paris

Tentorini C. (2001) - Etude d'émergence du SAGE Juine-Essonne-Ecole. Rapport de stage de fin d'étude DESS Ingénierie de l'eau, mesures et méthodes à l'AESN, 140 p. + annexes (tome 2)

Verley F., Brunson F., Verjus P., Cholez M. (2003) - Nappe de Beauce - Piézométrie hautes eaux 2002. Direction de l'eau et de l'environnement Centre et Ile-de-France, 53p.

Vernoux J.F., Barbier J., Chery L. (1998) - Les anomalies en sélénium dans les eaux des captages d'Ile de France (Essonnes, Seine-et-Marne). BRGM/RR-40114-FR, 46 p. + annexes

Vernoux J.F., Deroin J.P., Leuret P., Petit P., Sigel P. (2000) - Ressources en eau souterraine de l'isthme du Cotentin - Synthèse des connaissances. BRGM/RR-40824-FR, 137 p. + 100 annexes

Vernoux J.F., Noel Y. (2003) - Aquifère des Calcaires de Champigny. Synthèse des connaissances relatives aux écoulements de la nappe et des relations nappe-rivière. Rapport final. BRGM/RP-52366-FR

### ***Captive et dominante captive non karstique<sup>1</sup>***

BRGM (1987) - Synthèse hydrogéologique de l'aquifère Albien-Aptien entre Vitry-le-François, St Dizier, Brienne-le-Château. rapport BRGM SGN 265 CHA

DDAF Manche (1998) - Etude hydrogéologique de la basse vallée de l'Ay (50) - Programme départemental 1995-1998 (et autres rapports de travaux : diagraphie, géophysique, forages). DDAF Manche, CG Manche, CEE, AESN, 150 p. MF/DL - 98/D.D.A.F./11/HYD

---

<sup>1</sup> Ne sont pas prises en compte les nappes captives profondes telles que la nappe de l'Albien

Jauffret D., Toubin J. (1995) - Synthèse hydrogéologique du réservoir des sables albiens dans le Sénonais-Gâtinais (89) pour la sécurité des approvisionnements en eau potable publique. BRGM/RR-38523-FR, 113p.

Ronnay J.L (2001) - SYMPEC - Etude d'environnement complémentaire des forages d'exploitation situés sur le sous-bassin de Sainteny. Chambre d'Agriculture Manche, Habitat & développement, SYMPEC, DDAF Manche, AESN, 53 + annexes

SOGREAH (2001) - Fourniture d'un outil d'aide à la décision avec calage du modèle hydrodynamique en régime permanent et en régime transitoire - synthèse des données - modélisation mathématique. SYMPEC, DDAF Manche, AESN, 101 + annexes, 110159 R4

### ***A dominante libre non karstique***

BRGM (1976) – Alimentation en eau des communes rurales du Vexin (Val d'Oise), 76 SGN 348 BDP

BRGM (1977) – Vulnérabilité des réservoirs aquifères de la plaine de France (Val d'Oise), 77 SGN 282 BDP

BRGM (1981) - Inventaire des ressources aquifères et vulnérabilité des nappes du département des Yvelines. Rapport BRGM 81 SGN 348 IDF

BRGM (1995) - Synthèse hydrogéologique du réservoir des sables albiens dans le Sénonais-Gâtinais (89) pour la sécurité des approvisionnements en eau potable publique. R 38523

DDAF (2003) - Phase 3 : forage de reconnaissance - Recherche hydrogéologique dans les formations du Trias - Programme départemental 2002/2003. DDAF Manche

DDAF Manche (1998) - Etude hydrogéologique de la basse vallée de l'Ay (50) - Programme départemental 1995-1998 (et autres rapports de travaux : diagraphie, géophysique, forages). DDAF Manche, CG Manche, CEE, AESN, 150 p. MF/DL - 98/D.D.A.F./11/HYD.

DDE (1992) - Les prélèvements d'eau souterraine du Val d'Oise - Types d'exploitation et niveaux captés - Définition et caractères des bassins versants hydrogéologiques - Contribution à un premier bilan hydrogéologique des réserves aquifères souterraines du Val d'Oise. DDE du Val d'Oise, 42 p.

DIREN Champagne-Ardenne (2003) - La nappe de la Craie - Tableau de bord n°5. DIREN Champagne-Ardenne, 42 p.

DRE (1991) - Vulnérabilité des nappes d'eau souterraine d'Ile-de-France (synthèse des cartes disponibles) - Echelle 1/150 000. Préfecture de la région d'Ile-de-France, DRE

Elsass P., Chabart M. (1999) - Création d'un référentiel des ouvrages AEP et des systèmes hydrogéologiques du bassin Rhin-Meuse. BRGM, R40791

GEOLAB (2000) - Contrat de nappe des calcaires de Champigny - Le modèle du calcaire du Champigny. Geolab, 64 p.

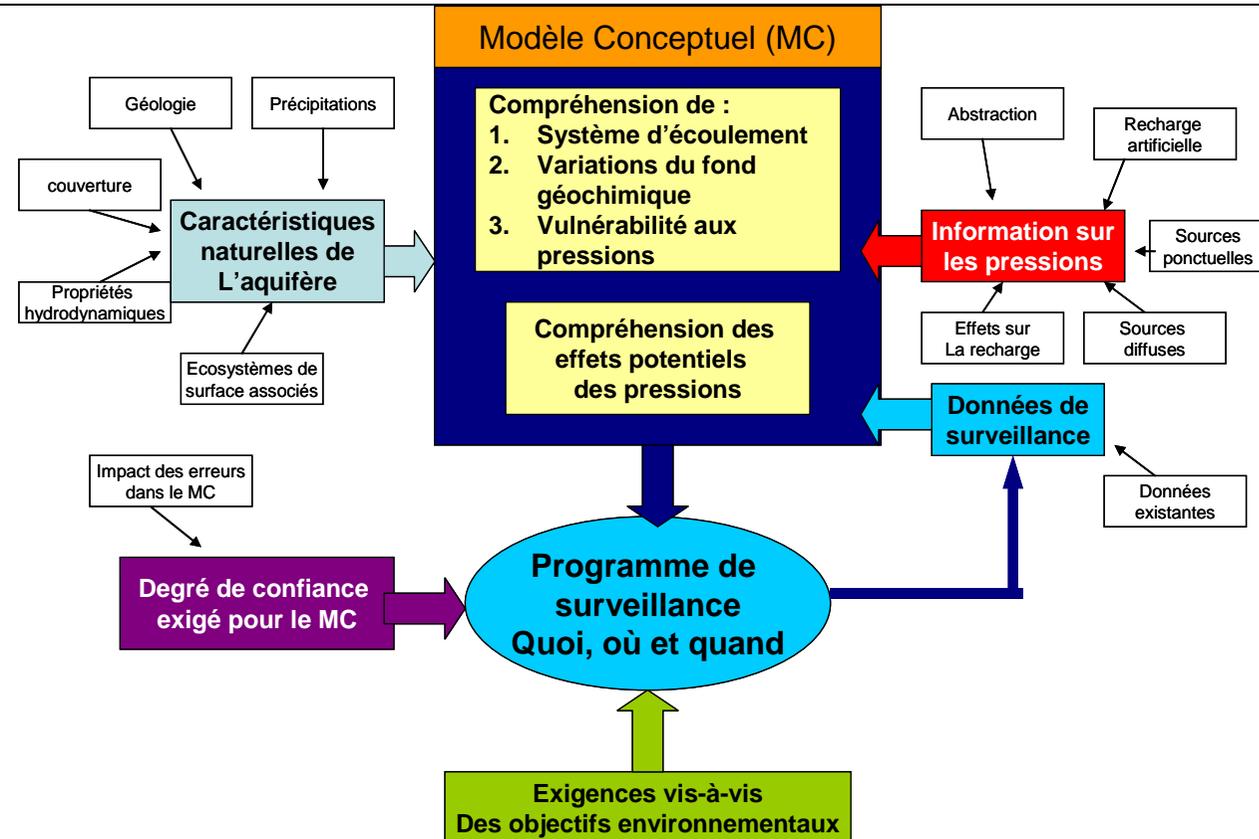
GEOTHERMA S.A. (1997) - Etude hydrogéologique de l'aquifère du Trias dans la région Sud Bessin. Conseil général du Calvados, BL/AMC/février 1997, n°261125

- Germanium (2000) - Département de la Manche - Etude hydrogéologique du Trias - Programme 2000 - Prospection géophysique entre Carentan et Saint Jores. DDAF Manche et AESN, R/PB/00.056
- Hanot F. (2004) - Voyage d'étude dans le bassin de Paris entre Avallon et Le Havre - 1er et 2 avril 2004. BRGM
- HYDRATEC - BURGEAP (1995) - Cartographie de l'intérêt fonctionnel des zones humides du bassin Seine Normandie vis-à-vis de la ressource en eau. HYDRATEC, BURGEAP, Fiches 37, 38p.
- Jauffret D., Toubin J. (1995) - Synthèse hydrogéologique du réservoir des sables albiens dans le Sénonais-Gâtinais (89) pour la sécurité des approvisionnements en eau potable publique. BRGM/RR-38523-FR, 113p.
- Maget P. (1995) - Nappe des sables du Cénomani du bassin Loire-Bretagne. Piézométrie 1994. Rapport BRGM R 38582
- Mégny C. (1979) - Hydrogéologie du centre du bassin de Paris. Thèse, Mémoire BRGM n° 98, 529 p., 266 fig
- Rambaud D. et al. (1987) - Synthèse hydrogéologique de l'aquifère Albien-Aptien entre Vitry-le-François, Saint-Dizier et Brienne-le-Château. BRGM, 87 SGN 265 CHA
- Ronnay J.L (2001) - SYMPEC - Etude d'environnement complémentaire des forages d'exploitation situés sur le sous-bassin de Sainteny. Chambre d'Agriculture Manche, Habitat & développement, SYMPEC, DDAF Manche, AESN, 53 + annexes
- Roussel P., Richard M. (1976) - Alimentation en eau des communes rurales du Vexin (Val d'Oise). BRGM, 76 SGN 348 BDP
- SAFEGE (1973) - Rapport de synthèse sur la vallée de la Mauldre. SAFEGE, District de la région parisienne, 39 p.
- Saffar C. (1992) - Préliminaires à la gestion concertée des eaux souterraines du plateau du Vexin. Mémoire de fin d'études ENGREF, AESN, 60 p.
- SOGREAH (2001) - Fourniture d'un outil d'aide à la décision avec calage du modèle hydrodynamique en régime permanent et en régime transitoire - synthèse des données - modélisation mathématique. SYMPEC, DDAF Manche, AESN, 101 + annexes, 110159 R4
- Vernoux J.F. et al. (1999) - Etude hydrogéologique du plateau de Saclay. Rapport BRGM - R 40840
- Vernoux J.F., Deroin J.P., Lebret P., Petit P., Sigel P. (2000) - Ressources en eau souterraine de l'isthme du Cotentin - Synthèse des connaissances. BRGM/R 40824, 137 p. + 100 annexes
- Vilmus T., Roussel P., Henry de Villeneuve C., Fougeirol D. (1995) - Détermination des potentialités encore mobilisables des nappes d'eaux souterraines du département du Val d'Oise. BURGEAP, ANTEA, Conseil général du Val d'Oise, 110 p.

## LE MODELE CONCEPTUEL

**Pourquoi ?** La connaissance générale de la masse d'eau doit être à la base de la construction du réseau. Toutes les informations recueillies lors de l'exercice de caractérisation et disponibles devront être utilisées. C'est grâce à ces informations que les points les plus représentatifs possibles pourront être choisis et que les protocoles les plus adaptés seront retenus.

**Qu'est-ce que c'est ?** Il s'agit d'une représentation schématique des caractéristiques de la nappe (écoulements, chimie, pressions). Ce sujet est largement développé dans le guide européen 2.7. (§ 4.2.2).  
Le schéma suivant résume le contenu du modèle conceptuel :



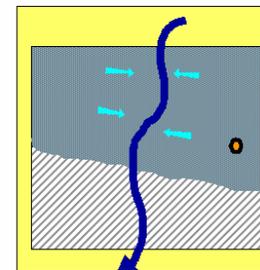
**Quand utiliser un modèle conceptuel ?** Le modèle conceptuel doit être utilisé à tous les niveaux : quel que soit le type de contrôle (de surveillance ou opérationnel), quelles que soient les caractéristiques du réseau que l'on cherche à définir (où ? quand ? quoi ? ...), quel que soit le type hydrogéologique de la masse d'eau (alluvial, karstique, sédimentaire, socle, imperméable)

## LE MODELE CONCEPTUEL

**Le niveau de connaissance** : bien entendu, le niveau de connaissance est très différent d'une masse d'eau à l'autre et impactera significativement le degré de représentativité du réseau de surveillance. Cependant, même si le niveau de connaissance est faible, il est important de construire malgré tout un modèle conceptuel. Celui-ci sera grossier, basique mais donnera les informations nécessaires à l'élaboration du réseau. Il permettra même de localiser les zones moins connues et d'y placer des sites de mesures afin d'affiner le modèle conceptuel (voir § 5.3.2. du guide européen 2.7). Le réseau de surveillance doit pouvoir servir à valider des hypothèses sur le fonctionnement de la nappe et/ou à compléter les informations disponibles par de nouvelles données.

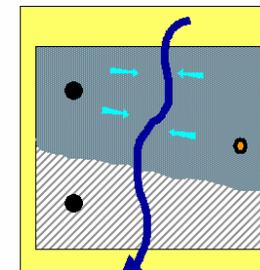
En résumé, la définition du réseau de surveillance devra tenir compte du niveau de confiance que l'on accorde au modèle conceptuel.

■ Aquifère libre  
▨ Till / drift  
— rivière ● Pompage ■ Point de surveillance



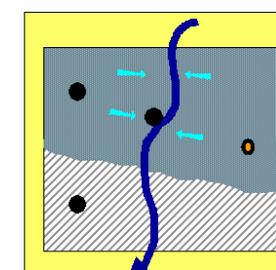
**Scénario 1**  
Confiance dans le modèle proposé :

- peu de pressions sur la masse,
- validation de la balance hydrique,
- Tests de validation sur des masses de caractéristiques similaires



**Scénario 2**  
Nouvelles données nécessaires pour la validation du modèle mais données sur les gains de débit de la rivière sont disponibles  
Estimation de la réserve de l'aquifère donnée par:

- point de surveillance en zone libre
- point de surveillance en zone captive



**Scénario 3**  
Données nécessaires pour la validation du modèle. Données débits de rivière et réserves de l'aquifère insuffisantes  
Estimation des débits par point de surveillance sur la rivière

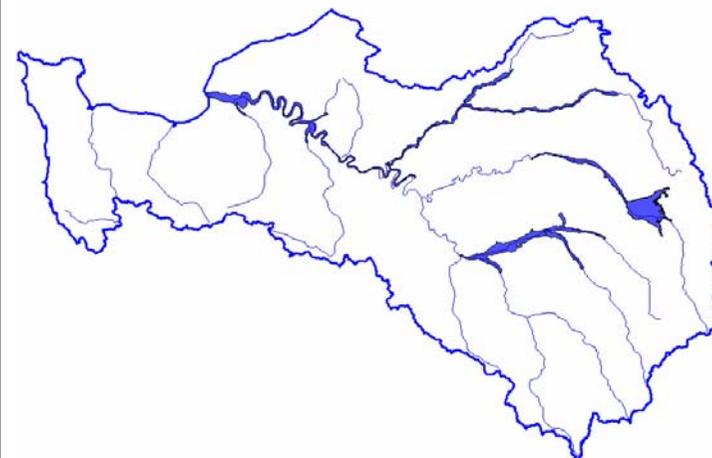
- Estimation de la réserve de l'aquifère donnée par:
- point en zone libre
  - point en zone captive

## DOMAINE A DOMINANTE ALLUVIALE

L'objectif de cette fiche est de donner les pistes techniques utiles au choix des points de prélèvements qui constitueront le réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine en Seine-Normandie. Les autres aspects du réseau, et en particulier la sélection des paramètres à analyser et les fréquences correspondantes, seront détaillés ultérieurement. Les recommandations présentes dans cette fiche sont données à titre de guide. Il est évident que selon le niveau de connaissance de chaque masse d'eau, certaines recommandations ne pourront être appliquées.

### MASSES D'EAU ALLUVIALES

3001 ALLUVIONS DE LA SEINE MOYENNE ET AVALE  
3002 ALLUVIONS DE L'OISE  
3003 ALLUVIONS DE L'AINES  
3004 ALLUVIONS DE LA MARNE  
3005 ALLUVIONS DU PERTHOIS  
3006 ALLUVIONS DE LA BASSEE  
3007 ALLUVIONS DE LA SEINE AMONT  
3008 ALLUVIONS DE L'AUBE



### GUIDES POUR LE CHOIX DES SITES DE SURVEILLANCE

Le choix des sites devra dépendre de la connaissance des caractéristiques hydrogéologiques et chimiques de la nappe ainsi que des pressions. Il convient donc de s'appuyer sur un « modèle conceptuel » de la masse d'eau (voir fiche annexe).

Dans le cas particulier des masses d'eau alluviales, plusieurs facteurs devront spécifiquement être renseignés dans le modèle conceptuel et pris en compte pour le choix des sites de mesure :

- **Identifier les relations quantitatives nappes – rivières**

Il est indispensable de pouvoir caractériser la nature des échanges nappe – rivière et de répondre aux questions suivantes :

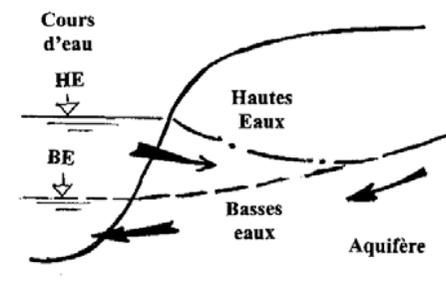


Figure 1 : relations nappe – rivière selon les niveaux d'eau.



AGENCE DE L'EAU  
SEINE-NORMANDIE

## Fiche méthodologique pour le choix des points du réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine au titre de la Directive Cadre sur l'Eau



### DOMAINE A DOMINANTE ALLUVIALE

- quel est le sens des écoulements ? alimentation nappe → rivière ou rivière → nappe (figure 1) ? Existe-t-il en particulier des pertes de la rivière vers la nappe (figure 2) ? si oui, il convient de les caractériser au mieux (localisation, importance, saisonnalité). Ce phénomène peut avoir des conséquences importantes sur le niveau piézométrique et sur le transfert des pollutions.
- ces écoulements varient-ils en fonction de la saison et si oui comment ? Si bien souvent la nappe est alimentée l'hiver par le cours d'eau et vice-versa l'été, cette équation n'est pas systématique et il est recommandé de bien caractériser la saisonnalité de ces relations.
- La possibilité d'à sec doit également être étudiée. On s'attachera alors à définir la période concernée.

- **Identifier les relations qualitatives nappe – rivière**

Elles sont généralement plus difficiles à apprécier et sont encore mal connues. On essaiera cependant lorsque cela est possible de les identifier (figure 3). On s'attachera en particulier à localiser la présence de berges imperméables ou très peu perméables (argiles, limons...) dont l'influence sur le transfert des polluants est essentielle (effet de barrière, phénomènes de dénitrification, etc...).

- **Identifier les relations avec les autres aquifères**

Les aquifères alluviaux communiquent souvent avec des aquifères soit sous-jacents, soit adjacents (côteaux). Il est important d'identifier ces circulations dont l'influence sur les caractéristiques chimiques de la nappe est grande. Si des coupes présentant la masse d'eau et ses relations avec les autres systèmes existent, il est fortement conseillé de les utiliser pour le choix des sites.

- **Tenir compte de la distance au cours d'eau**

La distance au cours d'eau est un facteur important à prendre en compte lors de la sélection des sites. Plus un point sera proche de la rivière, plus il sera influencé par celle-ci. La prise en compte de ce facteur dépend en réalité du sens des écoulements nappe → rivière ou rivière → nappe.

- **Reconnaître l'hétérogénéité du milieu**

Les aquifères alluvionnaires ont la particularité d'être très hétérogènes. Des effets de compartiments sont courants. Il faudra donc, dans la mesure du possible, identifier les variations latérales et verticales de faciès. On tentera ainsi de positionner des points dans chaque type de compartiment. On évitera également de retenir un point qui, de par sa position dans un compartiment de petite dimension, ne serait pas représentatif du système.

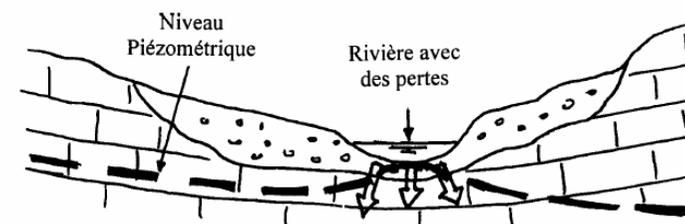


Figure 2 : influence de pertes sur le niveau piézométrique de la nappe

## DOMAINE A DOMINANTE ALLUVIALE

- **Identifier les prélèvements d'eau**

*Il est essentiel, même pour les aspects qualitatifs, de bien connaître les prélèvements d'eau exercés non seulement dans la masse d'eau souterraine mais également dans la rivière associée. Selon l'importance du captage (présence d'une AEP par exemple), le sens des écoulements nappe – rivière peut être modifié et les transferts de polluants aussi (figure 4).* A ce stade il peut être utile d'utiliser des cartes piézométriques en s'attachant à faire attention aux variations saisonnières particulièrement prononcées dans le cas des nappes alluviales. Si des modèles existent, il est également recommandé de les récupérer.

- **Identifier la nature des alluvions**

La nature des alluvions et la porosité qu'ils offrent à la nappe est un facteur important pour le transfert des pollutions. Sans les caractériser en détails, il peut être intéressant d'identifier leur nature (taille, porosité...). Cet élément est une part importante de la vulnérabilité de la nappe.

Il conviendra également d'identifier les zones captives. En effet, beaucoup de nappes alluviales présentent, à la faveur de couches argileuses, des zones localement captives. Ce phénomène doit être identifié car il influence nettement la qualité de l'eau (milieu réducteur). Si ces zones sont très locales, il faut s'assurer que les sites de mesures retenus n'y figurent pas (risque de non représentativité).

- **Localiser les pressions**

L'identification des pressions est bien entendu une part importante de l'élaboration du modèle conceptuel qui ne sera pas détaillée ici mais dans la fiche annexe. Il est cependant important de rappeler que les nappes alluviales sont particulièrement vulnérables aux pollutions. Il conviendra d'estimer cette vulnérabilité en tenant compte du fait que la rivière représente une source importante de pollution et que la zone d'influence ne se cantonne donc pas uniquement à la nappe elle-même. L'ensemble du bassin amont du cours d'eau est susceptible d'influencer la qualité de la masse d'eau.

Dans le cas de pressions diffuses et industrielles, il faudra s'appuyer sur le découpage des masses d'eau de surface. Plus généralement, on tiendra compte de l'organisation du réseau hydrographique (placement d'un site à la confluence de deux bras importants par exemple).

- **Tenir compte de la topographie**

Lors du choix des sites, la topographie est un élément qui pourra être pris en compte. En effet, un site est susceptible d'être influencé, par le biais du ruissellement, par l'ensemble des pressions localisées en amont topographique.

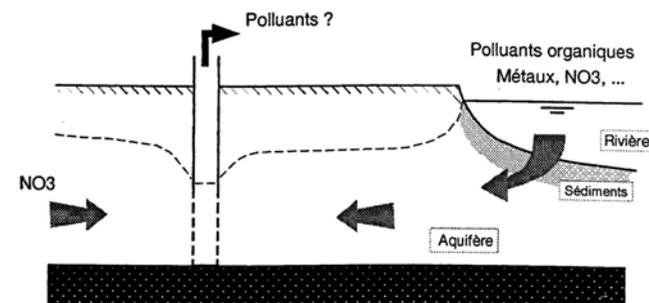


Figure 3 : les relations qualitatives nappes – rivières. D'après Normand, 2003.

## DOMAINE A DOMINANTE ALLUVIALE

- **Appliquer une densité de points ?**

Une densité minimale de 1 point / 500 km<sup>2</sup> est recommandée dans le cahier des charges national mais il est évident que cette valeur n'est qu'un guide et que l'utilisation du modèle conceptuel doit prévaloir pour le choix des sites. Ainsi, comme le précise le complément au cahier des charges : pour les aquifères alluvionnaires « les densités minimales ne seront pas toujours respectées et seront bien souvent supérieures aux recommandations ». D'une manière générale on s'assurera que les points sont bien répartis le long du cours d'eau.

- **Vérifier la pérennité des ouvrages**

Ce problème est commun à tous les types de nappes mais dans le cas des masses d'eau alluviales, particulièrement soumises aux pressions anthropiques, il est primordial. Dans ce type de système, beaucoup d'ouvrages sont abandonnés pour cause de pollution trop importante. Il faudra tenir compte de ce risque dans le choix des sites et étudier les possibilités de reprise du suivi de ces sites.

- **Identifier les mesures de protection**

Des politiques de reconquête de la qualité de l'eau (y compris du cours d'eau) ont pu être mises en place. Il faut les identifier car ces mesures sont susceptibles d'influencer la qualité de l'eau dans les sites retenus. Mais attention, dans le cas des eaux de surface, ces mesures peuvent concerner le bassin versant et non la masse d'eau dans son ensemble.

- **Localiser les écosystèmes terrestres associés**

D'après la DCE, une masse d'eau souterraine n'est pas en bon état qualitatif si elle détériore les écosystèmes terrestres associés. Il est donc important d'identifier les zones humides associées et, selon leur importance par rapport à l'ensemble de la masse d'eau, d'en tenir compte pour le choix des sites. Un point pourra être retenu pour vérifier qu'il n'y ait pas de transfert de polluant de la nappe vers la zone humide.

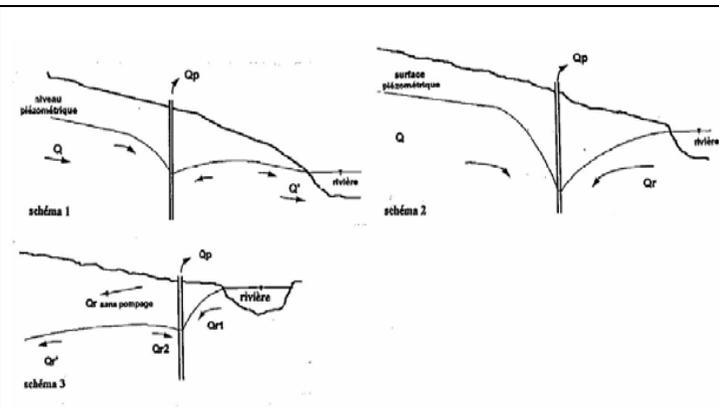


Figure 4 : les différents types de relation nappe – rivière lorsque la nappe est soumise à un prélèvement. D'après Normand, 2003.

### FREQUENCES DE PRELEVEMENT

La fréquence de mesure dépend du type de paramètres et du type de contrôle (de surveillance ou opérationnel). Le choix de ces paramètres ne sera pas détaillé ici et fera l'objet de la phase 2 de l'étude. On notera cependant que dans le cadre du contrôle de surveillance et pour les masses d'eau alluviale, les fréquences varieront de 2 mesures à une dizaine de mesures par an. Lorsque 2 mesures seront réalisées sur l'année, il est important d'en réaliser une en hautes eaux et une autre en basses eaux. On s'appuiera pour cela sur les données piézométriques disponibles (données de l'année en cours mais également des années précédentes pour

## DOMAINE A DOMINANTE ALLUVIALE

repérer les périodes de hautes eaux et basses eaux ainsi que sur les mesures de débit du cours d'eau. Pour les paramètres les moins courants (éléments traces et certains micropolluants organiques), seul un prélèvement tous les six ans sera réalisé (analyse de type « photographique » ou complète au début de chaque programme de mesure). **Tous les points d'une même masse d'eau souterraine feront l'objet d'un prélèvement le même jour.**

Dans tous les cas, les fréquences de prélèvement devront être adaptées en fonction du type de contrôle (CO ou CS), du type hydrogéologique et du niveau de confiance, de précision et de fiabilité de résultats.

### **CONTROLE DE SURVEILLANCE (CS) ET CONTROLE OPERATIONNEL (CO)**

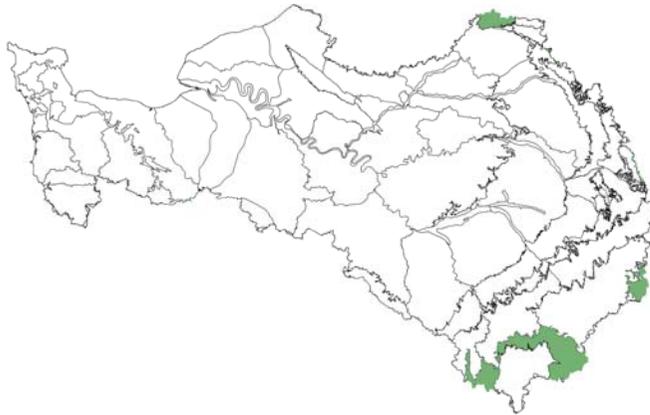
Si la stratégie de choix des sites est commune aux deux types de contrôle, on notera quelques différences :

- Une recherche d'exhaustivité des subdivisions à risque pour le CO qui comprendra plus de points que le CS destiné à donner une image globale de la masse d'eau.
- Le CO ne s'appliquera qu'aux masses d'eau pour lesquelles le risque de non atteinte du bon état est confirmé par le CS
- Les points du CO seront ciblés sur les subdivisions à risque d'une masse d'eau
- Les fréquences de prélèvement seront plus importantes pour le CO que pour le CS.

## DOMAINE IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE

L'objectif de cette fiche est de donner les pistes techniques utiles au choix des points de prélèvements qui constitueront le réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine en Seine-Normandie. Les autres aspects du réseau, et en particulier la sélection des paramètres à analyser et les fréquences correspondantes, seront détaillés ultérieurement. Les recommandations présentes dans cette fiche sont données à titre de guide. Il est évident que selon le niveau de connaissance de chaque masse d'eau, certaines recommandations ne pourront être appliquées.

### MASSES D'EAU IMPERMEABLES LOCALEMENT AQUIFERES



3401	MARNES ET CALCAIRES DE LA BORDURE LIAS TRIAS DE L'EST DU MORVAN
1017	BORDURE DU HAINAUT
2007	PLATEAU LORRAIN versant Meuse
4060	GRES, ARGILES ET MARNES DU TRIAS ET LIAS DU BAZOIS

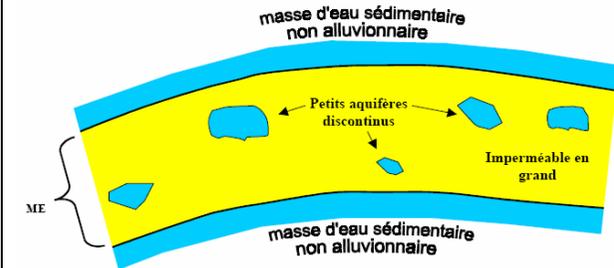


Figure 1 : schéma d'une masse d'eau de type imperméable localement aquifère. D'après Normand, 2003.

### GUIDES POUR LE CHOIX DES SITES DE SURVEILLANCE

Le choix des sites devra dépendre de la connaissance des caractéristiques hydrogéologiques et chimiques de la nappe ainsi que des pressions (utilisation du « modèle conceptuel » de la masse d'eau, voir fiche annexe). Dans le cas particulier des masses d'eau imperméable en grand, plusieurs facteurs devront spécifiquement être renseignés et pris en compte pour le choix des sites:

- **Identifier les zones aquifères**

Par définition, ces aquifères sont de faible extension. Il conviendra donc de localiser les zones où une nappe existe. Sachant que chacune de ces petites nappes est isolée des autres, il faudrait théoriquement installer un site de mesure dans chacune. Cependant, pour des raisons techniques et financières, ceci n'est pas envisagé. Il est alors recommandé de hiérarchiser les nappes identifiées et d'installer des sites dans les plus importantes (selon des critères de taille essentiellement, ou d'importance stratégique, ou de volume prélevé). On peut également tenter de regrouper certaines petites nappes.

La possibilité de faire des mesures dans des sites intégrateurs doit également être étudiée (rivières ou drains).

- **Appliquer une densité de points ?**

Dans le cas des masses d'eau imperméables localement aquifère, aucune densité n'est proposée au niveau national. Cette approche est parfaitement inadaptée à ce type de contexte où chaque site n'est représentatif que de lui-même.

## DOMAINE IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE

- **Caractériser les écosystèmes terrestres associés**

D'après la DCE, une masse d'eau souterraine n'est pas en bon état qualitatif si elle détériore les écosystèmes terrestres associés. Il est donc important d'identifier les zones humides associées et, selon leur importance par rapport à l'ensemble de la masse d'eau, d'en tenir compte pour le choix des sites. Un point pourra être retenu pour vérifier qu'il n'y ait pas de transfert de polluant de la nappe vers la zone humide. Ce point est particulièrement important pour les masses d'eau imperméables localement aquifères dans lesquelles la présence de zones humides est fréquente.

### **FREQUENCES DE PRELEVEMENT**

La fréquence de mesure dépend du type de paramètres et du type de contrôle (de surveillance ou opérationnel). Le choix de ces paramètres ne sera pas détaillé ici et fera l'objet de la phase 2 de l'étude. On notera cependant que dans le cadre du contrôle de surveillance et pour les masses d'eau imperméable localement aquifère, les fréquences seront de l'ordre de quelques mesures par an avec un minimum de deux mesures (une en hautes eaux, une autre en basses eaux). Pour les paramètres les moins courants (éléments traces et certains micropolluants organiques), seul un prélèvement tous les six ans sera réalisé (analyse de type « photographique » ou complète au début de chaque programme de mesure).

Dans tous les cas, les fréquences de prélèvement devront être adaptées en fonction du type de contrôle (CO ou CS), du type hydrogéologique et du niveau de confiance, de précision et de fiabilité de résultats.

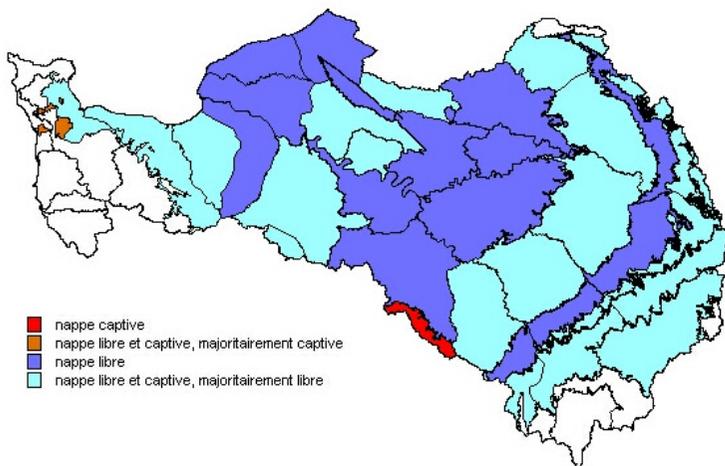
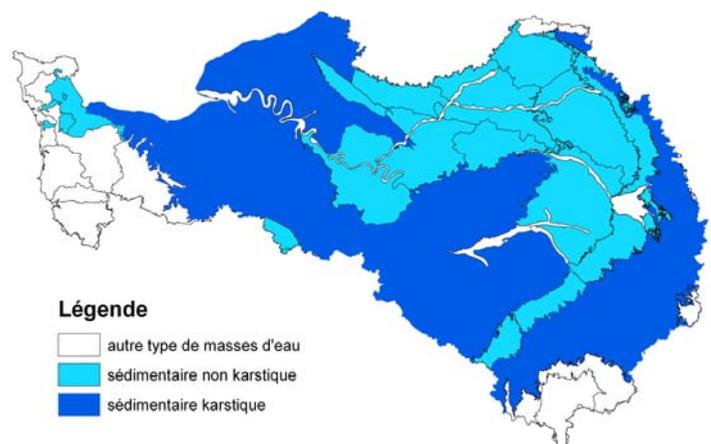
### **CONTROLE DE SURVEILLANCE (CS) ET CONTROLE OPERATIONNEL (CO)**

Si la stratégie de choix des sites est commune aux deux types de contrôle, on notera quelques différences :

- Une recherche d'exhaustivité des subdivisions à risque pour le CO qui comprendra plus de points que le CS destiné à donner une image globale de la masse d'eau.
- Le CO ne s'appliquera qu'aux masses d'eau pour lesquelles le risque de non atteinte du bon état est confirmé par le CS
- Les points du CO seront ciblés sur les subdivisions à risque d'une masse d'eau
- Les fréquences de prélèvement seront plus importantes pour le CO que pour le CS.

## DOMAINE A DOMINANTE SEDIMENTAIRE

L'objectif de cette fiche est de donner les pistes techniques utiles au choix des points de prélèvements qui constitueront le réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine en Seine-Normandie. Les autres aspects du réseau, et en particulier la sélection des paramètres à analyser et les fréquences correspondantes, seront détaillés ultérieurement. Les recommandations présentes dans cette fiche sont données à titre de guide. Il est évident que selon le niveau de connaissance de chaque masse d'eau, certaines recommandations ne pourront être appliquées.



### MASSES D'EAU A DOMINANTE SEDIMENTAIRE

#### Nappes libres

- 3102 TERTIAIRE DU MANTOIS A L'HUREPOIX
- 3103 TERTIAIRE - CHAMPIGNY - EN BRIE ET SOISSONNAIS
- 3104 EOCENE DU VALOIS
- 3105 EOCENE DU BASSIN VERSANT DE L'OURCQ
- 3106 LUTETIEN - YPRESIEN DU SOISSONNAIS-LAONNOIS
- 3202 *CRAIE ALTEREE DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE*
- 3203 *CRAIE ALTEREE DU LITTORAL CAUCHOIS*
- 3204 *CRAIE DES BASSINS VERSANTS DE L'EAULNE, BETHUNE, VARENNE, BRESLE ET YERRES*
- 3212 *CRAIE DU LIEUVIN-OUCHÉ - Bassin versant de la Risle*
- 3214 ALBIEN-NEOCOMIEN LIBRE entre Ornain et limite de district
- 3216 ALBIEN-NEOCOMIEN LIBRE entre Yonne et Seine
- 3217 ALBIEN-NEOCOMIEN LIBRE entre Loire et Yonne
- 3301 PAYS DE BRAY
- 4092 *CALCAIRES TERTIAIRES LIBRES ET CRAIE SENONIENNE DE BEAUCE*

#### Libres et captives associées, majoritairement libres

- 3107 EOCENE ET CRAIE DU VEXIN FRANCAIS
- 3201 *CRAIE DU VEXIN NORMAND ET PICARD*
- 3205 CRAIE PICARDE
- 3206 CRAIE DE THIERACHE-LAONNOIS-PORCIEN
- 3207 CRAIE DE CHAMPAGNE NORD
- 3208 CRAIE DE CHAMPAGNE SUD ET CENTRE
- 3209 CRAIE DU SENONAIIS ET PAYS D'OTHE
- 3210 CRAIE DU GATINAIS
- 3211 *CRAIE ALTEREE DU NEUBOURG / ITON / PLAINE DE SAINT ANDRE*
- 3213 *CRAIE ET MARNES DU LIEUVIN-OUCHÉ / PAYS D'AUGE - Bassin versant de la Touques*
- 3215 ALBIEN-NEOCOMIEN LIBRE entre Seine et Ornain
- 3302 *CALCAIRES TITHONIEN KARSTIQUE entre Ornain et limite du district*
- 3303 *CALCAIRES TITHONIEN KARSTIQUE entre Seine et Ornain*

- 3304 *CALCAIRES TITHONIEN KARSTIQUE entre Yonne et Seine*
- 3305 *CALCAIRES KIMMERIDGIEN-OXFORDIEN KARSTIQUE Nord-Est du District (entre Ornain et limite de district)*
- 3306 *CALCAIRES KIMMERIDGIEN-OXFORDIEN KARSTIQUE entre Seine et Ornain*
- 3307 *CALCAIRES KIMMERIDGIEN-OXFORDIEN KARSTIQUE entre Yonne et Seine*
- 3308 *BATHONIEN-BAJOCIEN DE LA PLAINE DE CAEN ET DU BESSIN*
- 3309 *CALCAIRES DOGGER entre le Thon et limite de District*
- 3310 *CALCAIRES DOGGER entre Armançon et limite de district*
- 3402 TRIAS DU COTENTIN EST ET BESSIN
- 4061 *CALCAIRES ET MARNES DU DOGGER JURASSIQUE SUPERIEUR DU NIVERNAIS NORD*
- 4081 SABLES ET GRES DU CENOMANIEN SARTHOIS

#### Libres et captives associées, majoritairement captives

- 3101 ISTHME DU COTENTIN

#### Nappes captives

- 4135 *CALCAIRES TERTIAIRES CAPTIFS DE BEAUCE SOUS FORET D'ORLEANS*
- 3218 ALBIEN-NEOCOMIEN CAPTIF

\* Masses d'eau en italique bleu : présence de karst

## DOMAINE A DOMINANTE SEDIMENTAIRE

### GUIDES POUR LE CHOIX DES SITES DE SURVEILLANCE

Le choix des sites devra dépendre de la connaissance des caractéristiques hydrogéologiques et chimiques de la nappe ainsi que des pressions (utilisation du « modèle conceptuel » de la masse d'eau, voir fiche annexe).

Dans le cas particulier des masses d'eau sédimentaires, plusieurs facteurs devront spécifiquement être renseignés dans le modèle conceptuel et pris en compte pour le choix des sites de mesure :

- **Identifier les hétérogénéités verticales et latérales**

Il est essentiel de bien identifier des variations latérales ou verticales de faciès. Ces variations ont une influence significative sur la composition chimique de la nappe. Un certain nombre de facteurs sont ainsi modifiés : le contexte lithologique, le temps de transfert des polluants, ... L'existence de compartiments est fréquente dans ce type de contexte. Il est alors important de les connaître afin de choisir un ensemble de sites représentatifs (figure 1). L'utilisation de coupes pour le choix des points est ici fortement conseillée.

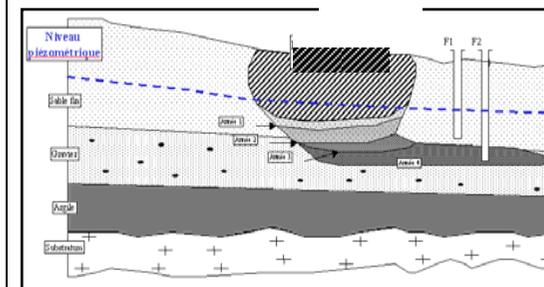


Figure 1 : exemple de propagation d'une pollution dans un aquifère sédimentaire stratifié. D'après MEDD-BRGM, 2001.

Dans ces systèmes multicouches, des sites de surveillance devront être placés dans chaque niveau afin de fournir une image globale de la qualité de la masse d'eau. La densité du réseau de surveillance sera alors bien entendu largement supérieure aux préconisations nationales. Si toutefois il n'était pas possible de suivre correctement tous les niveaux, **la priorité devra être mise sur les niveaux les plus superficiels**. Dans tous les cas, la surveillance devra être renforcée dans la partie la plus superficielle du système.

- **Reconnaître les relations avec les cours d'eau et les écosystèmes terrestres**

Certaines masses d'eau sédimentaires entretiennent des relations avec des cours d'eau. Il est essentiel d'identifier ces relations (localisation) et de les caractériser (importance, sens des écoulements, saisonnalité...). Là encore, il peut être important de collecter les différentes informations disponibles (cartes piézométriques, traçages, études géochimiques, ...). Cependant, il convient d'évaluer l'importance de l'influence du cours d'eau sur l'ensemble de la masse d'eau. Si cette influence est de faible extension par rapport à la surface totale de la masse d'eau, cet effet pourra être négligé. On prendra alors soin de ne pas retenir des sites trop proches du cours d'eau et donc susceptibles d'être influencés par ce dernier.

- **Identifier les écoulements**

Il est essentiel de bien connaître les écoulements dans la nappe afin de positionner au mieux les sites de surveillance. Il est ainsi recommandé d'exploiter toutes les informations disponibles (cartes piézométriques, études géochimiques, modélisations). Les sites devront être le plus intégrateur possible. C'est pourquoi le choix de sources est recommandé tout comme des forages situés dans des drains importants. La connaissance des écoulements permettra de positionner les sites en fonction des pressions. On pourra ainsi choisir des sites en amont et d'autres en aval. Ce type de configuration permettra d'apprécier l'impact des activités humaines sur la masse d'eau.

- **Vulnérabilité/Sensibilité**

Les masses d'eau sédimentaires sont généralement moins vulnérables aux pollutions (grâce au transfert dans la zone non saturée) que les autres systèmes. Elles y sont cependant plus sensibles : lorsqu'un polluant atteint la nappe, il est amené à y rester relativement longtemps. Il est important de prendre en compte ces facteurs lors du choix des sites. On pourra en particulier s'intéresser à la nature du sol et à la nature des transferts dans la zone non saturée.

- **Localiser les zones captives**

Les masses d'eau sédimentaires sont susceptibles de présenter des parties captives. Celles-ci peuvent être importantes et il est important de les identifier. Elles influenceront grandement la qualité de la nappe (conditions réductrices, dénitrification, mise en solution d'éléments traces, ...). Dans la mesure où les parties captives de la masse d'eau sont moins exposées aux pollutions et que la recharge est lente, un nombre plus restreint de sites pourront y être sélectionnés. C'est le cas par exemple des calcaires du Lutétien et Sables de l'Yprésien en région parisienne (masse d'eau 3104).

## DOMAINE A DOMINANTE SEDIMENTAIRE

- **Appliquer une densité de points ?**

Une densité minimale de 1 point / 500 km<sup>2</sup> dans la partie libre et de 1 point/3000 km<sup>2</sup> dans la partie captive est recommandée dans le cahier des charges national mais il est évident que ces valeurs ne sont que des guides et que l'utilisation du modèle conceptuel doit prévaloir pour le choix des sites.

- **Identifier les relations avec les autres aquifères**

Les aquifères sédimentaires communiquent souvent avec des aquifères voisins. Il est important d'identifier ces circulations dont l'influence sur les caractéristiques chimiques de la nappe est grande. Si des coupes présentant la masse d'eau et ses relations avec les autres systèmes existent, il est fortement conseillé de les utiliser pour le choix des sites.

Si aucune drainance n'est avérée, il conviendra tout de même, si cela est possible, d'identifier les risques d'apparition du phénomène à moyen terme. En effet, la surexploitation d'une nappe peut être à l'origine d'un tel phénomène. Les conséquences sur la qualité de la masse d'eau peuvent alors être importantes : transfert d'une pollution, oxydation et mise en solution d'éléments traces contenus dans la roche, etc...

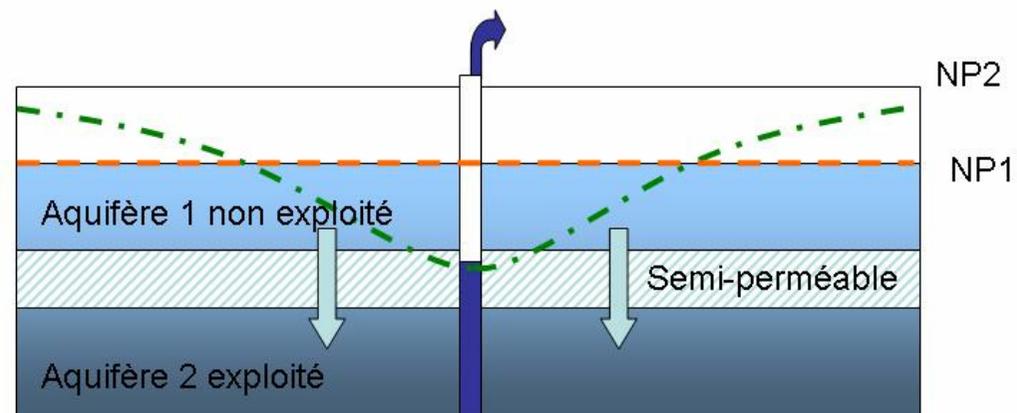


Figure 2 : exemple d'une drainance liée à une surexploitation d'un aquifère.

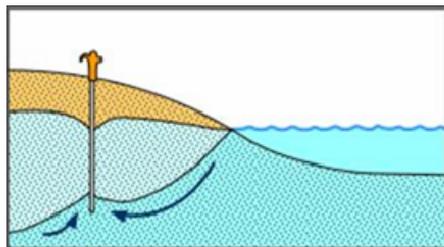


Figure 3 : intrusion saline liée à une surexploitation de la nappe. Source : université de Laval (Canada).

- **Identifier les biseaux salés**

Pour les masses d'eau côtières, on s'attachera à identifier la présence potentielle d'un biseau salé. Il est alors important d'estimer l'influence de celui-ci sur la masse d'eau. Les points du réseau doivent permettre de l'identifier et de suivre son évolution (augmentation de l'intrusion saline liée à une surexploitation de la masse d'eau).

- **Identifier les mesures de protection**

Des politiques de reconquête de la qualité de l'eau ont pu être mises en place. Il faut les identifier car ces mesures sont susceptibles d'influencer la qualité de l'eau dans les sites retenus.

## DOMAINE A DOMINANTE SEDIMENTAIRE

### • Cas des masses d'eau karstifiée

Dans le cas particulier des masses d'eau sédimentaires à caractère karstique, plusieurs facteurs devront spécifiquement être renseignés dans le modèle conceptuel et pris en compte pour le choix des sites de mesure :

→ Privilégier les sources et les zones intégratrices :

Les systèmes karstiques sont très hétérogènes. Les écoulements se font essentiellement par circulation rapide dans les failles, fissures et autres conduits. Il est donc conseillé pour la mise en place du réseau de privilégier les sources dont le caractère intégrateur améliorera la représentativité des données (figures 4 et 5). Si des traçages existent, ils peuvent être utilisés pour situer leur zone d'alimentation. On recherchera en particulier les sources situées à la sortie de l'impluvium. Dans le cas des karsts de plaine comme la nappe de Beauce, où l'ensemble du système est noyé, ces sources ne sont pas courantes et des forages pourront être retenus. On s'attachera dans ce cas à retenir des ouvrages situés dans des zones intégratrices (drains, collecteurs...).

→ Reconnaître les relations avec les cours d'eau

Certaines masses d'eau sédimentaires karstiques entretiennent des relations avec des cours d'eau. Il est essentiel d'identifier ces relations (localisation) et de les caractériser (importance, sens des écoulements, saisonnalité...). Là encore, il peut être important de collecter les différentes informations disponibles (cartes piézométriques, coupes, traçages, études géochimiques, ...). C'est par exemple le cas de la nappe du Calcaire de Champigny (figure 6) où les pertes de l'Yerre et de la Marsange influencent significativement la qualité de la nappe (figure 7).

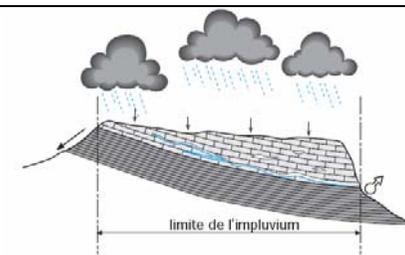


Fig. 4 : karst unaire : l'impluvium n'est composé que du karst

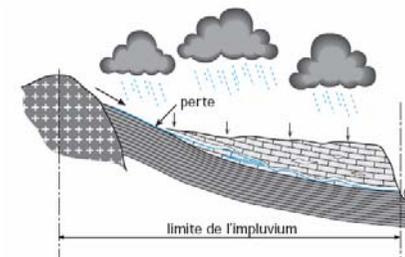


Fig. 5 : karst binaire : l'impluvium comprend d'autres terrains

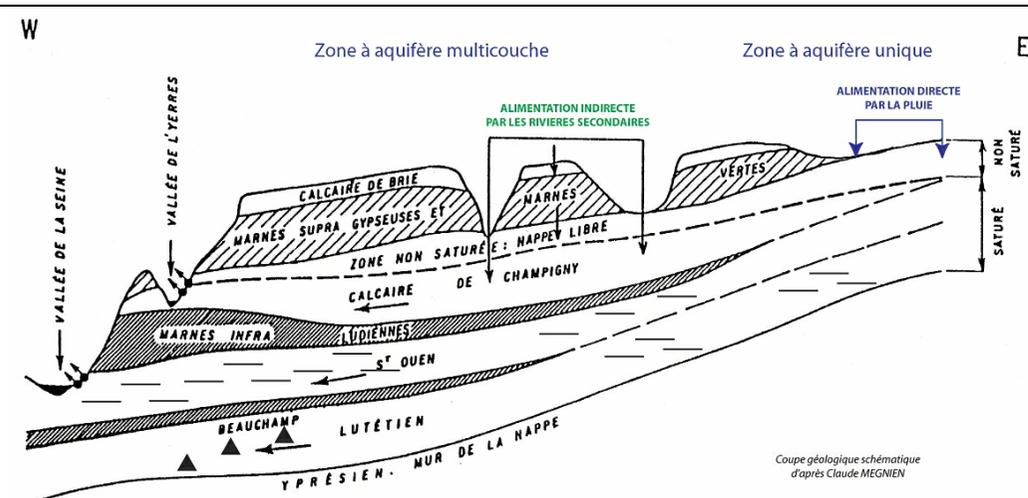


Figure 6 : coupe schématique de la nappe du Champigny. Doc. Aquif'Brie.

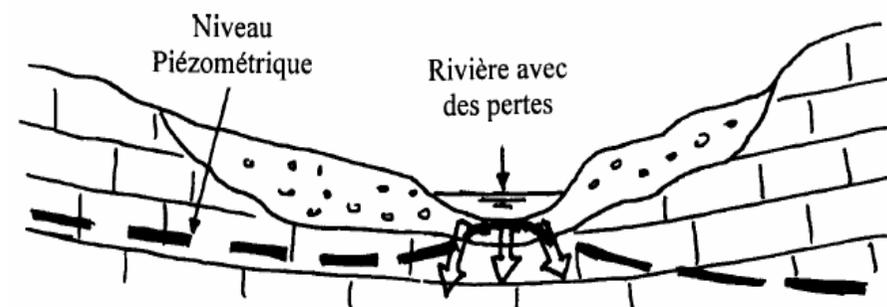


Figure 7 : pertes d'une rivière vers la nappe. D'après Normand, 2003.



## Fiche méthodologique pour le choix des points du réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine au titre de la Directive Cadre sur l'Eau



### DOMAINE A DOMINANTE SEDIMENTAIRE

#### **FREQUENCES DE PRELEVEMENT**

La fréquence de mesure dépend du type de paramètres et du type de contrôle (de surveillance ou opérationnel). Le choix de ces paramètres ne sera pas détaillé ici et fera l'objet de la phase 2 de l'étude. On notera cependant que dans le cadre du contrôle de surveillance et pour les masses d'eau sédimentaires, les fréquences seront de l'ordre de quelques mesures par an avec un minimum de deux mesures (une en hautes eaux, une autre en basses eaux). En domaine karstique, la fréquence devra être mensuelle. Ces systèmes sont en effet très réactifs et sensibles aux événements pluvieux et aux pollutions. **Tous les points d'une même masse d'eau souterraine feront l'objet d'un prélèvement le même jour.** Pour les paramètres les moins courants (éléments traces et certains micropolluants organiques), seul un prélèvement tous les six ans sera réalisé (analyse de type « photographique » ou complète au début de chaque programme de mesure).

Dans tous les cas, les fréquences de prélèvement devront être adaptées en fonction du type de contrôle (CO ou CS), du type hydrogéologique et du niveau de confiance, de précision et de fiabilité des résultats.

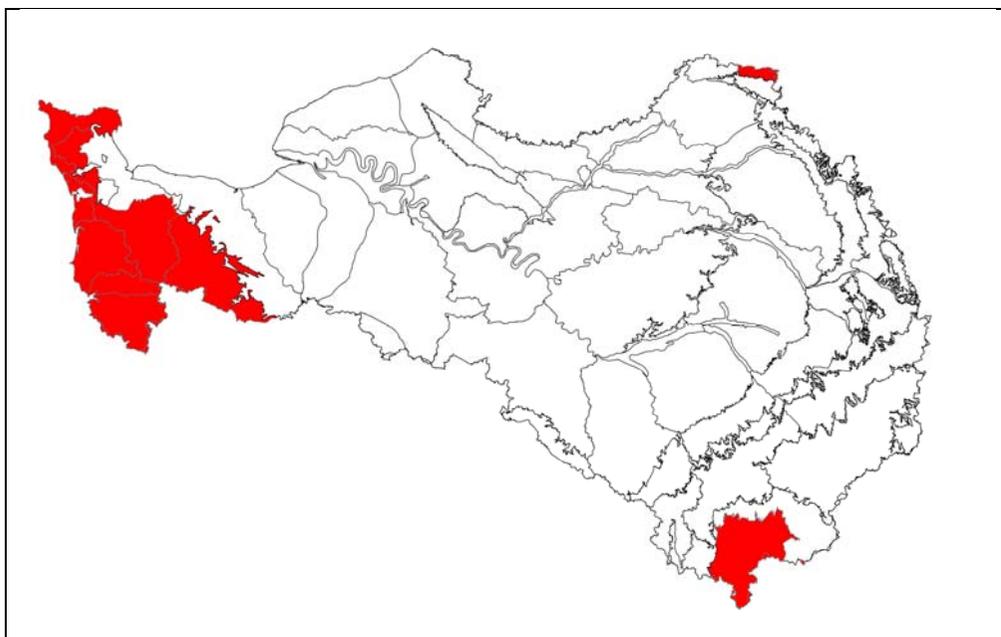
#### **CONTROLE DE SURVEILLANCE (CS) ET CONTROLE OPERATIONNEL (CO)**

Si la stratégie de choix des sites est commune aux deux types de contrôle, on notera quelques différences :

- Une recherche d'exhaustivité des subdivisions à risque pour le CO qui comprendra plus de points que le CS destiné à donner une image globale de la masse d'eau.
- Le CO ne s'appliquera qu'aux masses d'eau pour lesquelles le risque de non atteinte du bon état est confirmé par le CS
- Les points du CO seront ciblés sur les subdivisions à risque d'une masse d'eau
- Les fréquences de prélèvement seront plus importantes pour le CO que pour le CS.

## DOMAINE DE SOCLE – METHODE 1

L'objectif de cette fiche est de donner les pistes techniques utiles au choix des points de prélèvements qui constitueront le réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine en Seine-Normandie. Les autres aspects du réseau, et en particulier la sélection des paramètres à analyser et les fréquences correspondantes, seront détaillés ultérieurement. Les recommandations présentes dans cette fiche sont données à titre de guide. Il est évident que selon le niveau de connaissance de chaque masse d'eau, certaines recommandations ne pourront être appliquées.



3501	SOCLE DU MORVAN
3502	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SEULLES ET DE L'ORNE
3503	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA DOUVE ET DE LA VIRE
3504	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SELUNE
3505	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SEE
3506	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SIENNE
3507	SOCLE DU BASSIN VERSANT DES COURS D'EAU COTIERS
3508	SOCLE ARDENNAIS DU BASSIN VERSANT DE L'OISE

### GUIDES POUR LE CHOIX DES SITES DE SURVEILLANCE

Le choix des sites devra dépendre de la connaissance des caractéristiques hydrogéologiques et chimiques de la nappe ainsi que des pressions. Il convient donc de s'appuyer sur un « modèle conceptuel » de la masse d'eau (voir fiche annexe). Dans le cas particulier des masses d'eau de socle, plusieurs facteurs devront spécifiquement être renseignés dans le modèle conceptuel et pris en compte pour le choix des sites de mesure :

- **Identifier les relations quantitatives nappe – rivière**

Les aquifères de socle sont étroitement liés aux cours d'eau. Il est donc essentiel de répondre à certaines questions :

- quel est le sens des écoulements ? alimentation nappe → rivière ou rivière → nappe (figure 1) ?
- ces écoulements varient-ils en fonction de la saison et si oui comment ? Si bien souvent la nappe est alimentée l'hiver par le cours d'eau et vice-versa l'été, cette équation n'est pas systématique et il est recommandé de bien

## DOMAINE DE SOCLE – METHODE 1

- caractériser la saisonnalité de ces relations.
- Existe-t-il des pertes de la rivière vers la nappe ? si oui, il convient de les caractériser au mieux (localisation, importance, saisonnalité). Ce phénomène peut avoir des conséquences importantes sur le niveau piézométrique et sur le transfert des pollutions.
- La possibilité d'à sec doit être également être étudiée. On s'attachera alors à définir la période concernée.

- **Identifier les relations qualitatives nappes – rivières**

Elles sont généralement difficiles à apprécier et sont encore mal connues. On essaiera cependant lorsque cela est possible de les identifier (figure 2). On s'attachera en particulier à localiser la présence de berges imperméables ou très peu perméables (argiles, limons...) dont l'influence sur le transfert des polluants est essentiel (effet de barrière, phénomènes de dénitrification, etc...).

- **Identifier des unités homogènes à l'intérieur du bassin versant**

Les aquifères de socle ont la particularité d'être très hétérogènes. Des effets de compartiments sont courants (liés à la topographie, aux variations de faciès, aux failles,...). Le risque de retenir un point qui ne sera représentatif que de lui-même est donc fort. Afin de construire un réseau représentatif de la qualité de la masse d'eau, on s'attachera donc à la sectoriser en unités homogènes. Cette sectorisation se fera sur la base de trois types d'informations :

- Géologie : les zones de socles sont très hétérogènes et il est essentiel de tenir compte de la variété des lithologies (granites, gneiss, schistes...) lors du choix des points de prélèvement.
- Pluviométrie : les aquifères de socle sont très réactifs vis-à-vis des pressions. Les pluies ont une influence importante sur la composition chimique des eaux souterraines. Il est donc important de caractériser ce phénomène qui varie significativement selon la distance à la mer.
- Pression agricole (sur la base du Recensement Agricole 2000)

Chacune de ces unités recevra ensuite un site de mesure. On disposera ainsi de données couvrant l'ensemble des caractéristiques de la masse d'eau. Avec cette méthode il conviendra également de tenir compte de l'hétérogénéité verticale de la masse d'eau. Les aquifères de socle présentent en effet des parties très différentes selon la profondeur. On distinguera en particulier la zone des altérites et la zone fissurée (figure 3). C'est d'ailleurs pour cette raison que lors du choix des sites, il convient de faire attention aux sources qui ne drainent le plus souvent que la partie la plus superficielle de l'aquifère. Ces sites refléteront l'impact des pollutions diffuses (nitrates et pesticides) mais ne permettront pas d'identifier la présence potentielle d'éléments traces en profondeur. Enfin, il faudra également s'intéresser à la piézométrie de chacun des compartiments ainsi identifiés. Si des cartes piézométriques existent, il faudra les utiliser. On tentera également d'exploiter les débits des sources.

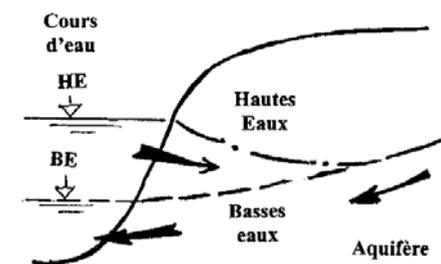


Figure 1 : relations nappe – rivière selon les niveaux d'eau.

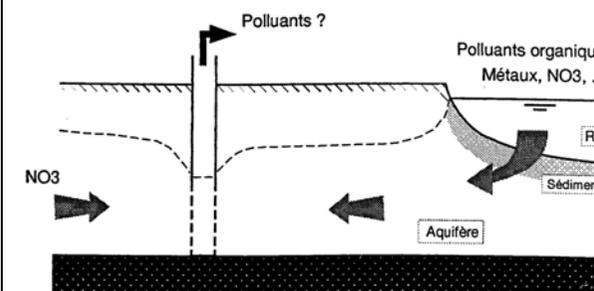


Figure 2 : les relations qualitatives nappes – rivières. D'après Normand, 2003.

## DOMAINE DE SOCLE – METHODE 1

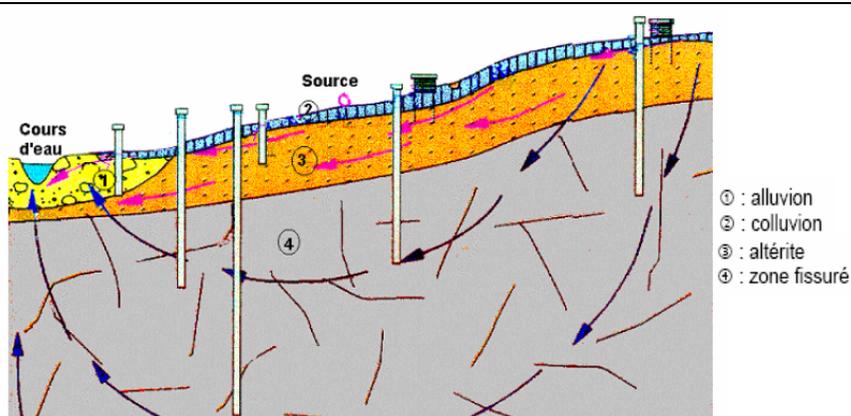


Figure 3 : schéma conceptuel d'un aquifère de socle. Doc. BRGM.

- **Comprendre les relations avec les autres aquifères**

Les aquifères de socle peuvent communiquer avec d'autres aquifères. Il est important d'identifier ces circulations dont l'influence sur les caractéristiques chimiques de la nappe est grande. Si des coupes présentant la masse d'eau et ses relations avec les autres systèmes existent, il est fortement conseillé de les utiliser pour le choix des sites (figure 3).

- **Identifier les mesures de protection**

Des politiques de reconquête de la qualité de l'eau (y compris du cours d'eau) ont pu être mises en place. Il faut les identifier car ces mesures sont susceptibles d'influencer la qualité de l'eau dans les sites retenus. Mais attention, dans le cas des eaux de surface, ces mesures peuvent concerner le bassin versant et non la masse d'eau dans son ensemble.

- **Tenir compte de la topographie**

Lors du choix des sites, la topographie est un élément qui pourra être pris en compte. En effet, un site est susceptible d'être influencé, par le biais du ruissellement, par l'ensemble des pressions localisées en amont topographique.

- **Identifier les prélèvements d'eau**

Il est essentiel, même pour les aspects qualitatifs, de bien connaître les prélèvements d'eau exercés non seulement dans la masse d'eau souterraine mais également dans la rivière associée. Selon l'importance du captage, le sens des écoulements nappe – rivière peut être modifié et les transferts de polluants aussi (figure 4). A ce stade il peut être utile d'utiliser des cartes piézométriques en s'attachant à faire attention aux variations saisonnières particulièrement prononcées dans le cas des zones de socle.

- **Localiser les écosystèmes terrestres associés**

D'après la DCE, une masse d'eau souterraine n'est pas en bon état qualitatif si elle détériore les écosystèmes terrestres associés. Il est donc important d'identifier les zones humides associées et, selon leur importance par rapport à l'ensemble de la masse d'eau, d'en tenir compte pour le choix des sites. Un point pourra être retenu pour vérifier qu'il n'y ait pas de transfert de polluant de la nappe vers la zone humide.

La localisation des zones humides est également importante puisque ces systèmes présentent des fonctions épuratrices. De nombreuses études menées en Bretagne ont mis en évidence le rôle des zones humides dans les processus de dénitrification des eaux (dénitrification hétérotrophe en particulier).

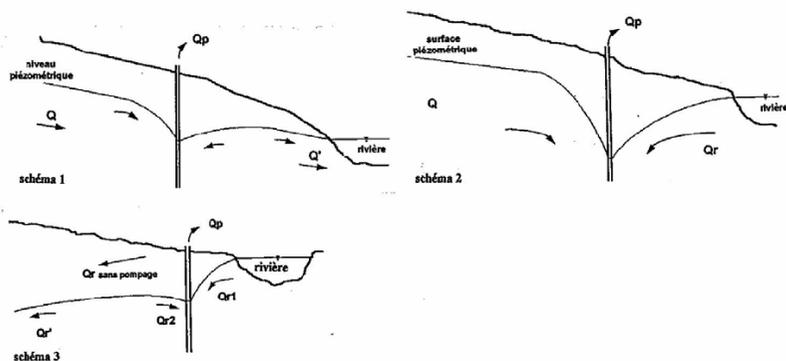


Figure 4 : les différents types de relation nappe – rivière lorsque la nappe est soumise à un prélèvement. D'après Normand, 2003.

- **Appliquer une densité de points ?**

Une densité minimale de 1 point / 3500 km<sup>2</sup> est recommandée dans le cahier des charges national mais il est évident que cette valeur n'est qu'un guide et que l'utilisation du modèle conceptuel doit prévaloir pour le choix des sites.

- **Identifier les zones favorables à la dénitrification**

## DOMAINE DE SOCLE – METHODE 1

On s'attachera à identifier toute zone favorable à la dénitrification des eaux. Il faut en particulier repérer les secteurs riches en minéraux favorisant ces processus comme la pyrite (dénitrification autotrophe). Les milieux riches en matière organique peuvent également, par dénitrification hétérotrophe, favoriser la minéralisation des ions nitrates.

- **Identifier les zones à fond géochimique naturel potentiellement élevé**

Dans les zones de socle, certains éléments traces comme l'arsenic ou l'antimoine peuvent naturellement présenter des gammes de concentration largement supérieures aux valeurs habituelles. Il est important d'identifier ces zones à fond géochimique naturel potentiellement élevé et d'en tenir compte pour la mise en place du réseau.

### **FREQUENCES DE PRELEVEMENT**

La fréquence de mesure dépend du type de paramètres. Le choix de ces derniers ne sera pas détaillé ici et fera l'objet de la phase 2 de l'étude. Dans le cas des masses d'eau de socle, ces fréquences varieront de 2 mesures à une dizaine de mesures par an. Pour les paramètres les moins courants (éléments traces et certains micropolluants organiques), seul un prélèvement tous les six ans sera réalisé (analyse de type « photographique » ou complète au début de chaque programme de mesure). Le choix sera essentiellement axé sur l'importance des pressions et sur les conditions climatiques auxquelles les aquifères de socle sont très sensibles.

Dans tous les cas, les fréquences de prélèvement devront être adaptées en fonction du type de contrôle (CO ou CS), du type hydrogéologique et du niveau de confiance, de précision et de fiabilité de résultats.

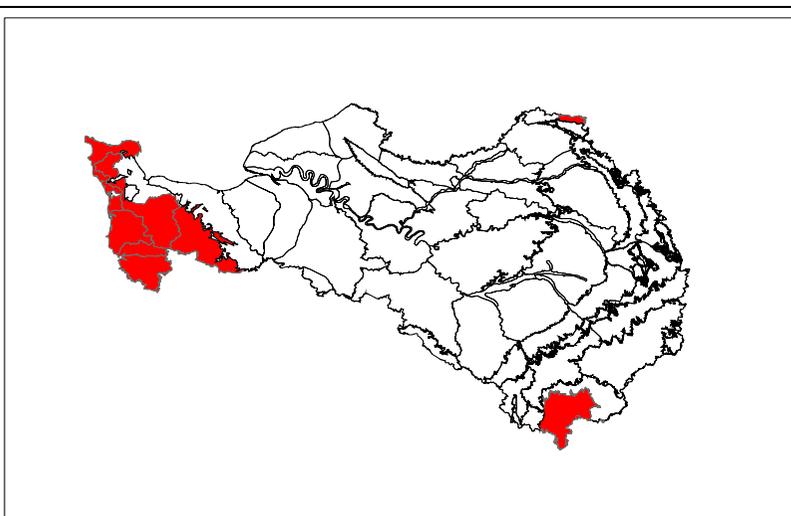
### **CONTROLE DE SURVEILLANCE (CS) ET CONTROLE OPERATIONNEL (CO)**

Si la stratégie de choix des sites est commune aux deux types de contrôle, on notera quelques différences :

- Une recherche d'exhaustivité des subdivisions à risque pour le CO qui comprendra plus de points que le CS destiné à donner une image globale de la masse d'eau.
- Le CO ne s'appliquera qu'aux masses d'eau pour lesquelles le risque de non atteinte du bon état est confirmé par le CS
- Les points du CO seront ciblés sur les subdivisions à risque d'une masse d'eau
- Les fréquences de prélèvement seront plus importantes pour le CO que pour le CS.

## DOMAINE DE SOCLE – METHODE 2

L'objectif de cette fiche est de donner les pistes techniques utiles au choix des points de prélèvements qui constitueront le réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine en Seine-Normandie. Les autres aspects du réseau, et en particulier la sélection des paramètres à analyser et les fréquences correspondantes, seront détaillés ultérieurement. Les recommandations présentes dans cette fiche sont données à titre de guide. Il est évident que selon le niveau de connaissance de chaque masse d'eau, certaines recommandations ne pourront être appliquées.



3501	SOCLE DU MORVAN
3502	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SEULLES ET DE L'ORNE
3503	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA DOUVE ET DE LA VIRE
3504	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SELUNE
3505	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SEE
3506	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SIENNE
3507	SOCLE DU BASSIN VERSANT DES COURS D'EAU COTIERS
3508	SOCLE ARDENNAIS DU BASSIN VERSANT DE L'OISE

### GUIDES POUR LE CHOIX DES SITES DE SURVEILLANCE

Le choix des sites devra dépendre de la connaissance des caractéristiques hydrogéologiques et chimiques de la nappe ainsi que des pressions. Il convient donc de s'appuyer sur un « modèle conceptuel » de la masse d'eau (voir fiche annexe).

Dans le cas particulier des masses d'eau de socle, plusieurs facteurs devront spécifiquement être renseignés dans le modèle conceptuel et pris en compte pour le choix des sites de mesure :

- **Identifier les relations qualitatives nappes – rivières**

Elles sont généralement difficiles à apprécier et sont encore mal connues. On essaiera cependant lorsque cela est possible de les identifier. On s'attachera en particulier à localiser la présence de berges imperméables ou très peu perméables (argiles, limons...) dont l'influence sur le transfert des polluants est essentielle (effet de barrière, phénomènes de dénitrification, etc...).

## DOMAINE DE SOCLE – METHODE 2

- **Réaliser les mesures dans les cours d'eau**

En domaine de socle, du fait de la nature géologique des terrains, il n'y a pas de nappes d'extension significative comme en domaine sédimentaire. Les aquifères sont très compartimentés et n'ont pas forcément de relation hydraulique entre eux. De plus, la méthodologie de découpage des masses d'eau souterraine dans ce domaine géologique s'appuie sur les bassins versants hydrographiques et ne tient pas compte des différences de qualité entre le compartiment des altérites et le compartiment fracturé (figure 3). Il est donc recommandé de trouver les zones intégratrices de la qualité des nombreux compartiments horizontaux et verticaux. Ces zones pourraient être les cours d'eau en période d'étiage (voir § « fréquences »). Les prélèvements s'effectueront sur chaque affluent juste avant et juste après la confluence selon une mesure ou un calcul de débit associé (figure 2). Un travail préalable d'analyse des débits des cours d'eau et d'identification des éventuelles influences anthropiques ponctuelles (rejets) doit être réalisé. Il faudra aussi associer les animateurs de bassin versant existants.

Avec cette méthode, on part de l'hypothèse suivante : l'eau du cours d'eau en période d'étiage provient en totalité de la masse d'eau souterraine. Il est ainsi inutile de caractériser finement certains éléments du modèle conceptuel comme les relations nappe – rivière, les effets de compartiment ou encore les zones à fond géochimique naturel élevé.

Il est en revanche indispensable de travailler sur les débits. Ceux-ci conditionnent le choix des points et les périodes de prélèvement. On s'intéressera bien sûr également aux pluies auxquelles les cours d'eau sont très réactifs.

Les sources de pollution ponctuelle devront également être considérées dans cette méthode. Les cours d'eau y sont en effet particulièrement sensibles. Le choix des sites doit se faire en fonction de la position de ces sources.

- **Identifier les mesures de protection**

Des politiques de reconquête de la qualité de l'eau (y compris du cours d'eau) ont pu être mises en place. Il faut les identifier car ces mesures sont susceptibles d'influencer la qualité de l'eau dans les sites retenus. Mais attention, dans le cas des eaux de surface, ces mesures peuvent concerner le bassin versant et non la masse d'eau dans son ensemble.

- **Tenir compte de la topographie**

Lors du choix des sites, la topographie est un élément qui pourra être pris en compte. En effet, un site est susceptible d'être influencé, par le biais du ruissellement, par l'ensemble des pressions localisées en amont topographique.

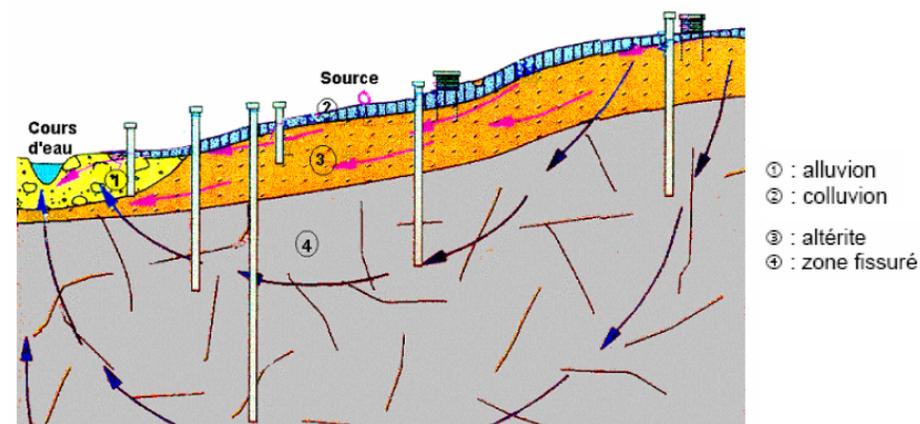


Figure 2 : schéma conceptuel d'un aquifère de socle. Doc. BRGM

## DOMAINE DE SOCLE – METHODE 2

- **Appliquer une densité de points ?**

Dans la mesure où les sites retenus sont sur un linéaire, l'utilisation d'une densité minimale de points est bien entendu inadaptée.

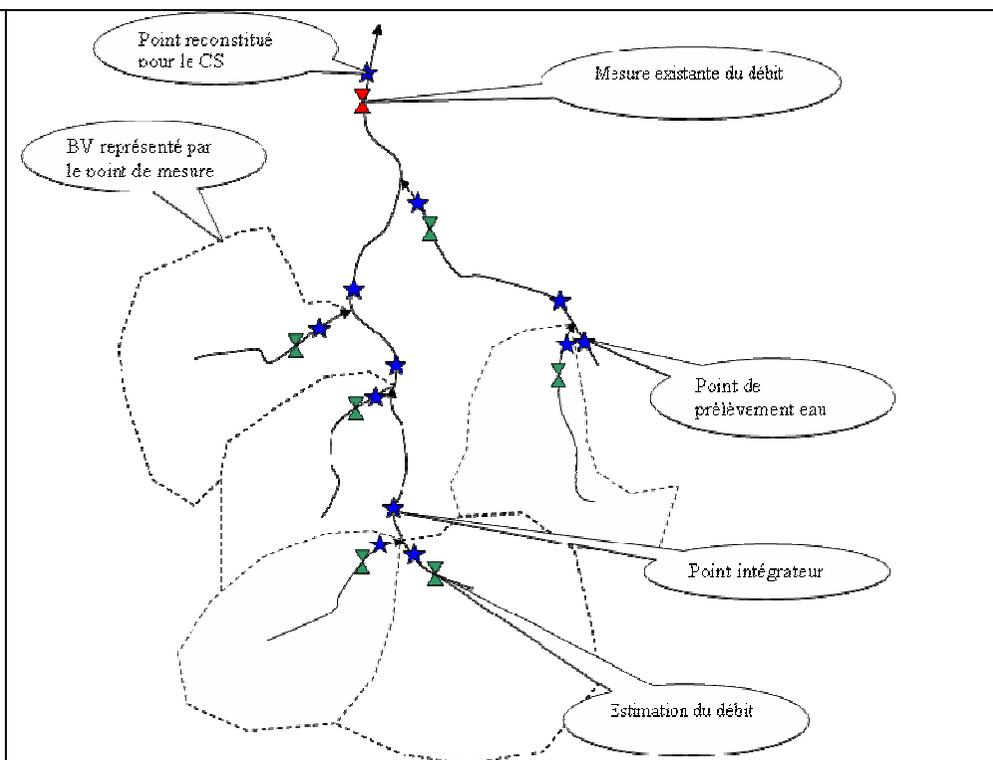


Figure 1 : méthode de sélection des sites dans les cours d'eau. D'après AELB dans MEDD, 2005.

- **Identifier les zones favorables à la dénitrification**

On s'attachera à identifier toute zone favorable à la dénitrification des eaux. Il faut en particulier repérer les secteurs riches en minéraux favorisant ces processus comme la pyrite (dénitrification autotrophe). Les milieux riches en matière organique peuvent également, par dénitrification hétérotrophe, favoriser la minéralisation des ions nitrates. C'est le cas notamment des zones humides. Il convient de vérifier que les nitrates contenus dans la nappe n'ont pas été dégradés par une telle zone avant d'entrer dans le cours d'eau.

- **Localiser les retenues d'eau**

Il faut éviter la présence d'une retenue d'eau en amont d'un site de surveillance. En effet, ces zones sont propices à l'accumulation de nitrates qui en période estivale et du fait de la présence de matières végétales sont dégradés et consommés.

## DOMAINE DE SOCLE – METHODE 2

### **FREQUENCES DE PRELEVEMENT**

La fréquence de mesure dépend du type de paramètres. Le choix de ces derniers ne sera pas détaillé ici et fera l'objet de la phase 2 de l'étude. Dans le cas des masses d'eau de socle, si des points de surveillance sont retenus dans les cours d'eau, on s'attachera à réaliser les prélèvements en période d'étiage, après une période suffisamment longue sans pluie. La contribution des eaux souterraines au cours d'eau sera ainsi maximale et les mesures réalisées dans la rivière seront alors représentatives de la nappe. **Tous les points d'une même masse d'eau souterraine feront l'objet d'un prélèvement le même jour.**

Dans tous les cas, les fréquences de prélèvement devront être adaptées en fonction du type de contrôle (CO ou CS), du type hydrogéologique et du niveau de confiance, de précision et de fiabilité de résultats.

### **CONTROLE DE SURVEILLANCE (CS) ET CONTROLE OPERATIONNEL (CO)**

Si la stratégie de choix des sites est commune aux deux types de contrôle, on notera quelques différences :

- Une recherche d'exhaustivité des subdivisions à risque pour le CO qui comprendra plus de points que le CS destiné à donner une image globale de la masse d'eau.
- Le CO ne s'appliquera qu'aux masses d'eau pour lesquelles le risque de non atteinte du bon état est confirmé par le CS
- Les points du CO seront ciblés sur les subdivisions à risque d'une masse d'eau
- Les fréquences de prélèvement seront plus importantes pour le CO que pour le CS.



**Centre scientifique et technique  
Service EAU/GRI**

3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34