Université Pierre et Marie Curie, École des Mines de Paris
& École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts

Master 2 Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie

Parcours Hydrologie-Hydrogéologie

Exploitation des données du réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie

Béatrice Laydet

Maître de stage : **Cécile Garnier (Chargée d'Etudes Eaux Souterraines, AESN)**

Agence de l'Eau Seine-Normandie
51 rue Salvador Allende
92000 Nanterre

Février - Septembre 2007

REMERCIEMENTS

Ce stage s'est révélé être pour moi une expérience très enrichissante tant sur le plan technique et méthodologique que sur le plan humain. Cela m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences qui viennent compléter ma formation initiale.

Je voudrais tout d'abord témoigner toute ma reconnaissance et ma gratitude à Cécile Garnier, Chargée d'Etudes Eaux Souterraines (et maître de stage de choc !) pour m'avoir fait partager son expérience, pour m'avoir impliquée dans les réunions qui concernaient mon travail, pour la patience et la pédagogie dont elle a fait preuve et pour le soutien et les précieux conseils qu'elle m'a apporté.

Ensuite je tiens à remercier Jacques Bories, Directeur de la Direction des Etudes, de la Prospective et de l'Evaluation Environnementales (DEPEE), et Liliane Chauffrey, Chef du Service de la Connaissance du Milieu Naturel, de m'avoir accueillie au sein de leur direction.

Un grand merci à toutes les personnes qui m'ont apporté une aide non-négligeable durant mon stage : Arnaud Hébert (alias « Fonfifon »), également Chargé d'Etudes Eaux Souterraines, pour sa connaissance des réseaux de surveillance et de la banque ADES (et pour ses souvenirs en tant qu'ancien étudiant de Paris 6 !) ; Vincent Chevrol, pour sa patience lors de mes nombreuses interrogations concernant le fonctionnement d'Access ; et Frédérique Bassien, pour sa maîtrise du SIG.

Je voudrais aussi remercier les « experts locaux » des Directions de secteur, notamment Nicolas Roussel (Direction des Bocages Normands), qui se sont intéressés à mon travail et qui ont apporté leurs connaissances de terrain.

Je tiens également à remercier tous les membres du personnel de la DEPEE pour leur accueil chaleureux et l'ambiance de travail sympathique qui règne au sein de cette direction grâce à eux (avec une pensée particulière pour mon flûtiste préféré et pour Chantal et son rire communicatif !).

Les autres stagiaires de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie ont aussi largement contribué à créer un cadre de travail agréable. Ainsi pour l'entraide, le soutien, les fous rires et bien plus encore, un grand merci à : Amélina, Elodie, Emilie, François, Latifa, Marjorie, Nicolas, Romain, Sébastien et Sylvain.

Enfin je ne pourrais pas terminer ces remerciements sans avoir une pensée pour Isabelle et Pauline qui m'ont « supporté » durant ce stage, dans tous les sens du terme !

RESUME

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau 2000/60/CE (DCE) du 23/10/2000 a introduit la notion de masses d'eau souterraine et fixe une nécessité de contrôle de la qualité avec un niveau de surveillance et un niveau opérationnel dès 2007, ainsi qu'un objectif de bon état de celles-ci à l'horizon 2015.

Le suivi de la qualité des eaux souterraines sur le bassin Seine-Normandie est mis en œuvre depuis 1997 avec le Réseau Eaux Souterraines (RES) qui permet de surveiller l'état patrimonial de la ressource en eau souterraine.

Cette étude met en œuvre dans un premier temps une méthodologie d'évaluation de la qualité des eaux souterraines, élaborée à partir d'éléments de cadrage nationaux et d'une réflexion de bassin. Elle se base sur une exploitation des concentrations chimiques de plusieurs paramètres mesurées de 1995 à 2005 sur les points du réseau de surveillance au sens de la DCE, composé en majorité de points du RES. L'analyse statistique est réalisée avec le logiciel Access par la création d'une base de données. La comparaison aux seuils de qualité des moyennes arithmétiques de ces concentrations par élément chimique et par point de surveillance, avec la prise en compte du fond géochimique si pertinent, aboutit à une conclusion sur l'état de chaque point de surveillance.

L'intégration de ces données à l'échelle de la masse d'eau est ensuite réalisée, ainsi que la synthèse par famille chimique. Enfin, l'évaluation de l'état des eaux souterraines s'accompagne de cartes réalisées avec le logiciel ArcGis illustrant la qualité des points de captage et des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie.

Durant la suite du stage, un bilan du fonctionnement du RES de 1997 à 2006 sera abordé à partir des statistiques préalablement élaborées en application de la DCE ainsi que des compléments en traitement de données. Ces différents produits permettront d'alimenter la caractérisation détaillée des masses d'eau souterraine également demandée par la DCE.

Enfin, ce travail a soulevé des perspectives dans plusieurs domaines : l'intégration de valeurs seuils supplémentaires prenant en compte le fond géochimique, l'identification des tendances d'évolution et la sectorisation des masses d'eau souterraine afin de déterminer la proportion dégradée de la surface de la masse d'eau demandée dans l'enquête appropriée.

Cette étude a pour finalité d'apporter les informations utiles à la rédaction du nouveau Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) qui doit être révisé afin de s'adapter aux exigences de la DCE.

Mots-clés

Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE), masse d'eau souterraine, bon état chimique, Réseau de suivi de la qualité des Eaux Souterraines (RES), bassin Seine-Normandie, fond géochimique

TABLES DES MATIERES

INDEX DES FIGURES ET DES TABLEAUX 5

INTRODUCTION 6

I) PRESENTATION DE L'AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE 7

II) CONTEXTE DE L'ETUDE 11
- **II.1) Contexte réglementaire imposant la méthodologie de travail** 11
  - **II.1.a) La Directive Cadre Européenne sur l'Eau** 11
  - **II.1.b) La Directive fille** 12
  - **II.1.c) La Circulaire « Bon Etat » des eaux souterraines** 13
- **II.2) Application au bassin Seine-Normandie** 14
  - **II.2.a) Le contexte géologique** 14
  - **II.2.b) Les masses d'eau souterraine** 15
  - **II.2.c) Les pressions anthropiques de surface** 17
  - **II.2.d) Origine des données exploitées** 19

III) METHODOLOGIE EMPLOYEE 21
- **III.1) Procédure d'évaluation de l'état chimique des MESO** 21
- **III.2) Traitement des données** 21
  - **III.2.a) Constitution d'une base de données** 22
  - **III.2.b) Uniformisation des données** 22
  - **III.2.c) Traitements spécifiques pour les micropolluants** 22
  - **III.2.d) Moyennes** 23
- **III.3) Valeurs seuils de bon état** 23
  - **III.3.a) Attribution des seuils de bon état** 23
  - **III.3.b) Modification des seuils de bon état** 24
- **III.4) Avis d'expert** 27
  - **III.4.a) Répartition géographique des points en état médiocre** 27
  - **III.4.b) Gravité de la contamination** 27

IV) RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSIONS 29
- **IV.1) Moyennes interannuelles par point et par paramètre** 29
- **IV.2) Etat des points de suivi par paramètre ou groupe de paramètres** 29
- **IV.3) Etat des masses d'eau par paramètre ou groupe de paramètres** 30
  - **IV.3.a) Etat statistique** 30
  - **IV.3.b) Avis d'expert** 31
- **IV.4) Etat global des masses d'eau souterraine** 32

CONCLUSION 36

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 37

INDEX DES ANNEXES 39

INDEX DES FIGURES ET DES TABLEAUX

INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Les six Agences de l'eau en France 7

Figure 2 : Le bassin Seine-Normandie 8

Figure 3 : Les six Directions de secteur du bassin Seine-Normandie 9

Figure 4 : Carte géologique du bassin Seine-Normandie (échelle : 1/1.000.000ème) 14

Figure 5 : Les principaux systèmes aquifères du bassin Seine-Normandie 15

Figure 6 : Masses d'eau souterraine affleurantes du bassin Seine-Normandie 17

Figure 7 : L'occupation du sol du bassin Seine-Normandie 18

Figure 8 : Les OTEX sur le bassin Seine-Normandie 18

Figure 9 : Répartition des plus gros sites industriels du bassin Seine-Normandie 19

Figure 10 : Etat chimique des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie vis-à-vis des métaux 30

Figure 11 : Graphique croisé dynamique illustrant la répartition des points de surveillance par classe de concentration en métaux de la MESO 3209 32

Figure 12 : Etat chimique des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie 34

Figure 13 : Synthèse de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie ... 35

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Extrait du tableau récapitulant l'état chimique des MESO vis-à-vis des métaux.. 31

Tableau 2 : Extrait du tableau illustrant l'état chimique global des MESO 33

INTRODUCTION

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau 2000/60/CE (DCE) du 23/10/2000, établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, prévoit que les Etats membres effectuent la délimitation des masses d'eau souterraine, puis leur caractérisation initiale et détaillée, qu'ils évaluent leur état quantitatif et qualitatif à ce jour et obtiennent le bon état à l'échéance 2015.

Afin d'améliorer la connaissance qualitative des ressources en eau du bassin Seine-Normandie, un Réseau de suivi de la qualité des Eaux Souterraines (RES) est mis en place depuis 1997 par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN). Il permet de suivre l'évolution de l'état patrimonial des eaux souterraines du bassin.

En application de la DCE, cette étude vise donc à évaluer l'état qualitatif des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie. Nous allons pour cela utiliser la méthodologie préconisée au niveau national tout en mettant en œuvre des décisions prises au niveau du bassin. Cette méthode est fondée sur un traitement statistique des données ainsi que sur une réflexion portant sur une série de plusieurs critères.

Après avoir présenté l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, nous évoquerons le contexte de l'étude réalisée, puis nous détaillerons la méthodologie employée pour évaluer l'état qualitatif des eaux souterraines. Ensuite, nous exposerons les résultats obtenus par masse d'eau souterraine, par groupe de paramètres et l'état global final accompagné de discussions. Enfin, nous conclurons en abordant les perspectives soulevées par ce travail.

I) PRESENTATION DE L'AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE

Mon stage s'est déroulé au siège de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN) situé à Nanterre, au sein de la Direction des Etudes, de la Prospective et de l'Evaluation Environnementales (DEPEE).

L'AESN fait partie des six Agences de l'eau de France créées suite à la loi sur l'eau du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution (http://www.eau-seine-normandie.fr/). Cette loi repose sur une gestion globale de l'eau : ainsi, afin de tenir compte des équilibres physiques, chimiques et biologiques des écosystèmes, le territoire français a été divisé en six grands bassins hydrographiques, chacun comportant un Comité de bassin et une Agence de l'eau (Figure 1).

Figure 1 : Les six Agences de l'eau en France
(http://www.eau-seine-normandie.fr/)

L'Agence de l'eau est un établissement public de l'Etat doté de la personnalité juridique et de l'autonomie financière. Il est placé sous la tutelle du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables (MEDAD) et du Ministère de l'Economie, des finances et de l'emploi (MINEFE).

Le cadre géographique dans lequel s'inscrit l'AESN est celui du bassin Seine-Normandie, situé au Nord-Ouest de la France, couvrant une superficie d'environ 100.000 km^2 (soit 1/5ème du territoire national) avec 700 km de côtes et regroupant 8 régions, 25 départements et 9.000 communes. Le bassin compte 17 millions d'habitants (soit 30% de la population nationale) majoritairement situés en zone urbaine, en région parisienne et le long des cours d'eau. Il est constitué du bassin de la Seine et de ses affluents (l'Oise, la Marne et l'Yonne) ainsi que des cours d'eau côtiers normands (Figure 2). Cela représente 55.000 km de cours d'eau où le trafic fluvial commercial représente la moitié du trafic national.

Figure 2 : Le bassin Seine-Normandie (http://www.eau-seine-normandie.fr/)

L'AESN contribue à concilier le développement économique et la protection de l'environnement dans la perspective d'une gestion durable de la ressource en eau. Elle doit donc assurer l'équilibre entre ressources et besoins en eau.

Son action est fondamentalement de nature financière. En effet, l'AESN perçoit des redevances auprès des usagers selon le principe du « pollueur-payeur » et « préleveur-payeur » en fonction de la pollution occasionnée et des quantités d'eau prélevées. Elle accorde en retour des aides financières sous forme de subventions ou de prêts à taux zéro aux collectivités locales, industriels, agriculteurs et associations qui entreprennent des travaux ou études visant à améliorer la qualité de la ressource en eau. Elle associe ainsi les usagers à la mise en œuvre de la politique de l'eau en tenant compte d'une solidarité entre les différents consommateurs.

Cependant l'Agence assure également un rôle de conseil technique. Elle favorise par exemple les investissements dans les équipements de traitement et de distribution d'eau potable, les équipements de collecte et de traitement des eaux usées, les systèmes d'élimination des rejets et des déchets industriels, la mise en conformité des bâtiments d'élevage, l'amélioration des pratiques d'épandage et l'aménagement et l'entretien des rivières et des zones humides.

A l'image du territoire national, le bassin Seine-Normandie est lui-même découpé en six bassins versants auxquels sont associées six Directions de secteur (Figure 3). Ces services décentralisés de l'établissement sont situés au plus près des interlocuteurs et des réalités du terrain, cela lui permet d'adapter son intervention aux besoins locaux spécifiques de chaque sous-bassin hydrographique. Pour le Littoral normand, une Délégation au littoral et à la mer a été créée : elle est basée à Honfleur et gère aussi Saint-Pierre et Miquelon.

Figure 3 : Les six Directions de secteur du bassin Seine-Normandie
(http://www.eau-seine-normandie.fr/)

Le siège de l'AESN, situé à Nanterre, regroupe notamment les Directions techniques dont fait partie la DEPEE. Cette Direction travaille en relations étroites avec les Directions de secteur. Ses missions sont les suivantes :

- élaborer, animer et participer à la mise en oeuvre de la politique de l'Agence en matière de connaissances scientifiques et techniques sur le milieu naturel (eaux continentales de surface et souterraines, eaux littorales)

- contribuer à la prévision et à la prospective concernant les usagers de l'eau et participer à l'évaluation globale de la politique publique mise en oeuvre par l'établissement et par les partenaires de la politique de l'eau dans le bassin

- coordonner la mise en oeuvre des états des lieux élaborés au titre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE)

- coordonner et contribuer, avec la Direction des Programmes et de la Politique Territoriale (DPPT), aux travaux d'élaboration du plan de gestion du bassin tel que défini par la DCE

- coordonner le Schéma Directeur des Données sur l'Eau (SDDE) du bassin en liaison avec la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) de bassin dans le cadre du Système d'Information sur l'Eau (SIE)

Outre l'équipe de direction, la DEPEE comprend :

- une délégation « littoral et mer »
- un service « connaissance du milieu naturel »
- un service « prévision, évaluation et prospective »
- un pôle « documentation et archives »
- un pôle « rivières et zones humides »

Mon stage s’est plus précisément déroulé au sein du Service de la Connaissance du Milieu Naturel (SCMN) qui a pour missions :

- la coordination des actions de l'Agence sur le fonctionnement écologique

- l'élaboration et la coordination de la politique de l'Agence concernant la connaissance des milieux naturels autres que littoraux ou marins

- la prise en charge de la politique des réseaux de mesures sur la qualité du milieu naturel continental

Depuis 2000, le SCMN assure également le suivi des milieux et la réponse aux exigences de la DCE, notamment au niveau des réseaux de surveillance et de l’évaluation de l’état des eaux.

II) CONTEXTE DE L'ETUDE

L'étude réalisée apportera des informations sur le bilan du milieu souterrain qui seront utilisées pour la rédaction du nouveau Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE). Ce SDAGE doit en effet être révisé pour s'adapter aux exigences de la DCE.

Cet outil de planification élaboré à l'échelle des bassins versants découle de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 qui a pour objectif de parvenir à une gestion plus "équilibrée" de la ressource. Le SDAGE dresse un état des lieux du bassin, fixe les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et détermine par masse d'eau des objectifs de qualité et de quantité des eaux ainsi que les délais pour les atteindre. Il est approuvé par le préfet coordonnateur de bassin et doit être mis à jour tous les six ans.

II.1) Contexte réglementaire imposant la méthodologie de travail

II.1.a) La Directive Cadre Européenne sur l'Eau

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau 2000/60/CE (DCE) du Parlement européen et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau a été adoptée le 23 octobre 2000 ([5]). Elle fixe un certain nombre d'objectifs environnementaux afin d'atteindre le bon état des eaux souterraines à l'horizon 2015. Il est demandé aux Etats membres de :

- mettre en oeuvre les mesures nécessaires pour prévenir ou limiter le rejet de polluants dans les eaux souterraines et pour prévenir la détérioration de l'état de toutes les masses d'eau souterraine (*objectif de non-dégradation*)

- protéger, améliorer et restaurer toutes les masses d'eau souterraine, assurer un équilibre entre les captages et le renouvellement des eaux souterraines afin d'obtenir un bon état des masses d'eau souterraine (*principe de préservation ou de restauration suivant le degré d'atteinte des milieux : objectif de bon état*)

- mettre en oeuvre les mesures nécessaires pour inverser toute tendance à la hausse, significative et durable, de la concentration de tout polluant résultant de l'impact de l'activité humaine afin de réduire progressivement la pollution des eaux souterraines

De plus, la DCE stipule que l'état d'une eau souterraine est défini par la moins bonne des appréciations portées respectivement sur son état quantitatif et sur son état qualitatif. Cette étude porte uniquement sur l'évaluation de l'état qualitatif des masses d'eau souterraine, celui-ci reposant exclusivement sur l'état chimique de ces eaux.

Ainsi une masse d'eau souterraine est considérée en bon état chimique lorsque les concentrations en polluants :

- ne dépassent pas les normes de qualité et les valeurs seuils

- ne sont pas telles qu'elles empêcheraient d'atteindre les objectifs environnementaux pour les eaux de surface associées, entraîneraient une diminution importante de la qualité écologique ou chimique de ces masses ou occasionneraient des dommages importants aux écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine

- ne montrent pas d'effets d'une intrusion d'eau salée

La DCE impose également des exigences concernant la présentation de l'état chimique des eaux souterraines. En effet, les Etats membres doivent fournir une carte sur laquelle l'état chimique des eaux souterraines est indiqué par les couleurs suivantes :

- bon état : vert

- état médiocre : rouge

II.1.b) La Directive fille

La Directive fille 2006/118/CE sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration, adoptée par le Parlement européen et le Conseil le 12 décembre 2006, vient préciser les objectifs fixés par la DCE ([6]). Elle fixe ainsi des normes de qualité pour les nitrates et les pesticides et indique que les Etats membres doivent arrêter avant le 22 décembre 2008 des valeurs seuils pour une liste de paramètres chimiques identifiés comme responsables d'un risque de non-atteinte du bon état des masses d'eau souterraine sur leur territoire.

Cette Directive fille précise également les grandes lignes méthodologiques pour l'élaboration de ces valeurs seuils. Ainsi lorsque, pour une masse d'eau souterraine donnée, on considère que les normes de qualité pourraient empêcher de réaliser les objectifs environnementaux pour les eaux de surface associées, ou entraîner une diminution significative de la qualité écologique ou chimique de ces masses, ou un quelconque dommage significatif aux écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine, des valeurs seuils plus strictes sont établies.

D'autre part, chaque fois que des concentrations de référence élevées de substances ou d'ions ou de leurs indicateurs sont enregistrées pour des raisons hydrogéologiques naturelles, ces concentrations de référence de la masse d'eau souterraine concernée sont prises en compte lors de l'établissement des valeurs seuils.

Elle apporte également des précisions quant à la procédure d'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines. Ainsi les Etats membres tiennent compte des résultats obtenus par le réseau de surveillance des eaux souterraines et procèdent à une comparaison de la moyenne arithmétique annuelle de la concentration des polluants concernés à un point de surveillance avec les normes de qualité et les valeurs seuils. Une masse d'eau souterraine est considérée en bon état chimique lorsque :

- les valeurs correspondant aux normes de qualité ou aux valeurs seuils ne sont dépassées en aucun point de surveillance

- la valeur correspondant à une norme de qualité ou à une valeur seuil est dépassée en un ou plusieurs points de surveillance mais une enquête appropriée est menée

Les Etats membres doivent de même estimer l'étendue de la masse d'eau souterraine pour laquelle la moyenne arithmétique annuelle de la concentration d'un polluant est supérieure à une norme de qualité ou à une valeur seuil, sur la base d'agrégations appropriées des résultats de la surveillance.

Enfin, l'état chimique d'une masse d'eau souterraine est présenté sur des cartes où sont indiqués tous les points de surveillance où les normes de qualité et/ou les valeurs seuils sont dépassées.

II.1.c) La Circulaire « Bon Etat » des eaux souterraines

La Circulaire DCE 2006/18 du 21 décembre 2006 de la Direction de l'Eau du MEDAD, relative à la définition du « bon état » pour les eaux souterraines, indique notamment les paramètres à prendre en compte et les valeurs seuils provisoires à adopter pendant la période transitoire 2007-2008 ([4]). En effet, il est apparu nécessaire de fixer des paramètres et des valeurs seuils provisoires afin de préparer la révision des SDAGE sans attendre une méthodologie commune élaborée au niveau européen.

Cette circulaire vient également préciser la méthodologie pour l'élaboration des valeurs seuils en France. En effet, une valeur seuil doit être fixée pour un paramètre pour l'ensemble de la masse d'eau.

Pour les masses d'eau souterraine qui alimentent de façon significative une masse d'eau de surface ou un écosystème terrestre, il faudra vérifier que ces valeurs permettent d'atteindre le bon état des masses d'eau de surface. Si tel n'est pas le cas, une valeur seuil plus faible doit être fixée en tenant compte de celle retenue pour les eaux de surface, indiquée dans la Circulaire 2005/12 du 28 juillet 2005 relative à la définition du « bon état » et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau, plans d'eau) ([3]).

En ce qui concerne les paramètres pouvant à la fois provenir de contaminations d'origine anthropique mais pouvant également être influencés par la nature géologique des formations encaissantes (« bruit de fond » géochimique) et ainsi être présents naturellement dans les eaux :

- si le fond géochimique est inférieur à la valeur seuil nationale, correspondant aux normes d'Alimentation en Eau Potable (AEP), dans ce cas on retient cette valeur seuil

- si le fond géochimique est supérieur à la valeur seuil, dans ce cas on intègre cette valeur du fond géochimique naturel au niveau « local » pour fixer le seuil de bon état

Enfin cette circulaire fournit une procédure à suivre pour l'évaluation de l'état chimique d'une masse d'eau souterraine sous la forme d'un logigramme (ou arbre décisionnel) qui sera décrit au paragraphe III.1.

II.2) Application au bassin Seine-Normandie

II.2.a) Le contexte géologique

Le bassin Seine-Normandie couvre une grande partie du bassin sédimentaire de Paris (Figure 4) dont la structure géologique peut s'apparenter à un empilement « d'assiettes creuses ». Les couches les plus récentes (ère tertiaire) se trouvent au centre, alors que les couches les plus anciennes (ère secondaire) affleurent en périphérie. Ces couches reposent sur un socle granitique hercynien (ère primaire), affleurant à l'Ouest du bassin et formant la partie orientale du Massif Armoricain et à l'autre extrémité du bassin sous la forme du Massif du Morvan. Au centre, l'épaisseur totale des sédiments calcaires est de plusieurs kilomètres. C'est au sein de cet ensemble de terrains sédimentaires que l'on trouve l'essentiel des ressources souterraines en eau (Figure 5).

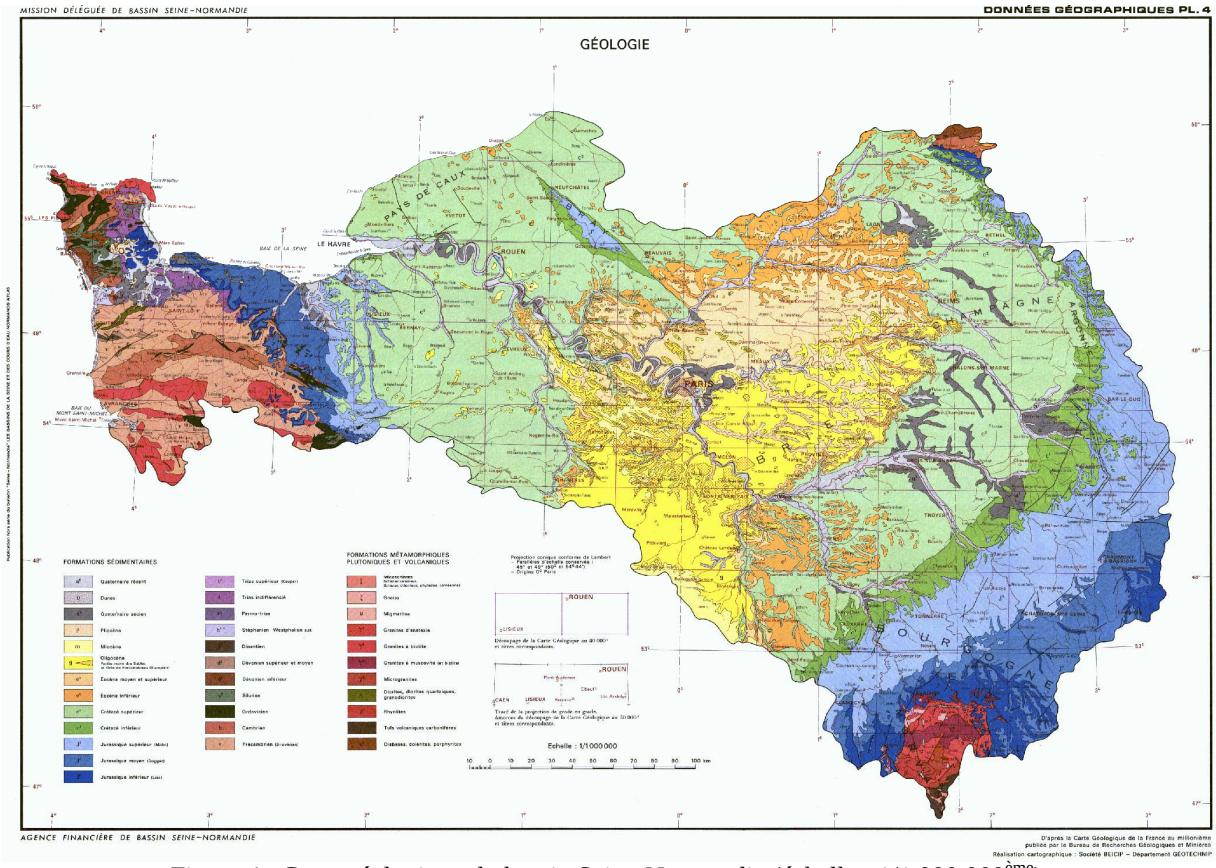


Figure 4 : Carte géologique du bassin Seine-Normandie (échelle : 1/1.000.000ème)
(Bureau de Recherches Géologiques et Minières : BRGM)

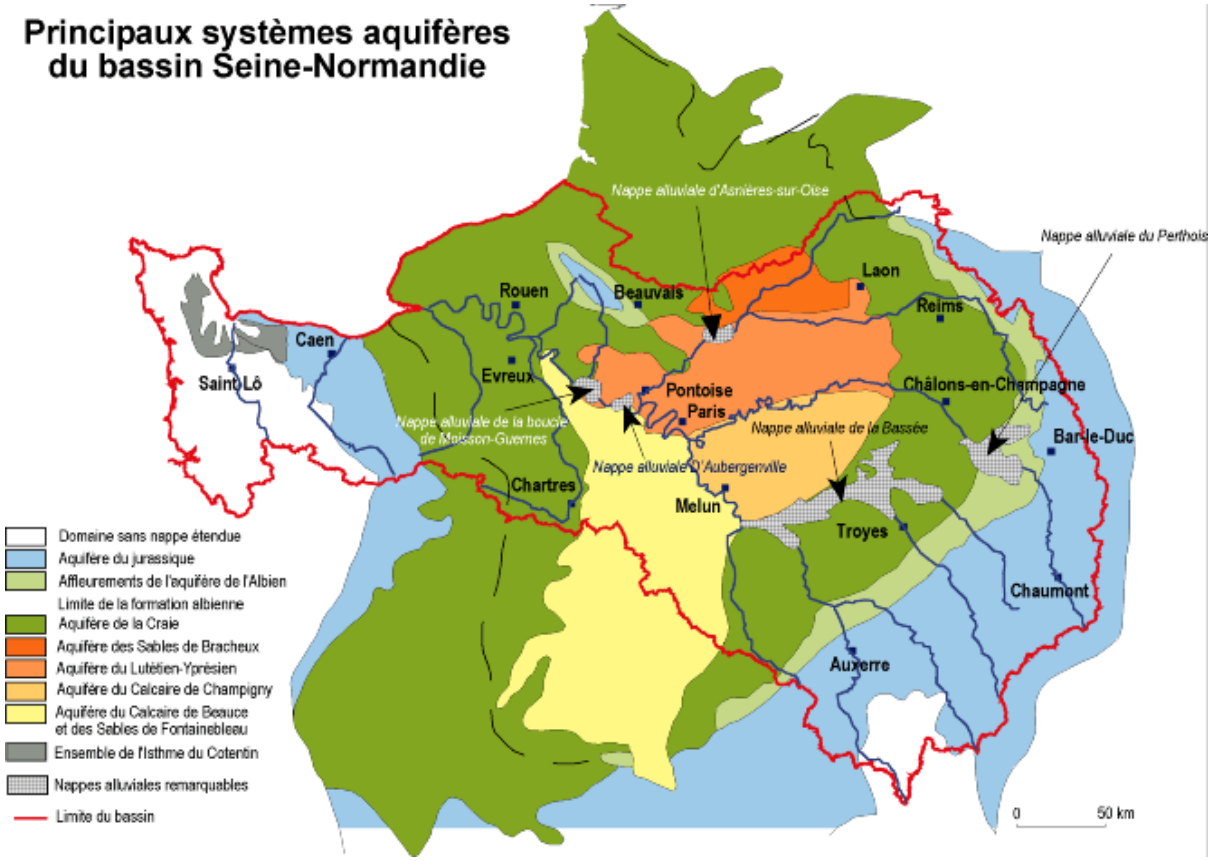


Figure 5 : Les principaux systèmes aquifères du bassin Seine-Normandie (http://www.eau-seine-normandie.fr/)

II.2.b) Les masses d'eau souterraine

La DCE a défini un référentiel commun pour l'évaluation et la surveillance de l'état des ressources en eau souterraine. Ce référentiel est basé sur la notion de masses d'eau souterraine (MESO). Elles constituent en effet les unités de base de ce référentiel sur lesquelles s'appliquent les principes de la DCE. La directive définit une masse d'eau souterraine comme « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères » et un aquifère comme « une ou plusieurs couches souterraines de roche ou d'autres couches géologiques d'une porosité et perméabilité suffisantes pour permettre soit un courant significatif d'eau souterraine, soit le captage de quantités importantes d'eau souterraine ».

La Circulaire DCE 2003/03 du 25 juin 2003 du MEDAD, relative à l'élaboration des documents de l'état des lieux, fournit un guide méthodologique national « identification et délimitation des masses d'eau souterraine » de janvier 2003 ([2]). Ainsi les masses d'eau doivent être délimitées prioritairement sur la base de limites géologiques puis hydrogéologiques stables et durables, d'abord les limites géologiques de type imperméable puis les lignes de crêtes piézométriques. La délimitation des masses d'eau souterraine est organisée à partir d'une typologie basée sur la nature géologique et le comportement hydrodynamique des systèmes aquifères, incluant leurs caractéristiques intrinsèques (perméabilité notamment) et fonctionnelles (nature des écoulements (libre/captif)). Ces caractéristiques permettent d'évaluer la vulnérabilité intrinsèque des masses d'eau souterraine aux pollutions.

Lorsqu'une masse d'eau se situe sur plusieurs districts, elle est dite transdistrict. Le rattachement d'une telle masse d'eau s'effectue ainsi :

- rattachement au district sur lequel se situe la plus grande partie de la masse d'eau

- si la masse d'eau est équitablement répartie entre les districts, rattachement de la masse d'eau en fonction du sens d'écoulement au district situé à l'aval hydraulique ou au district dans lequel les enjeux sont les plus importants

Cette délimitation aboutit à désigner 53 masses d'eau rattachées au bassin Seine-Normandie dont 3 sont transdristricts, 7 masses d'eau transdistricts étant rattachées à un autre bassin (Figure 6) (Annexe 1). Ces masses d'eau sont réparties comme suit :

- <u>8 masses d'eau alluviales :</u>

  Identifiées par une lithologie spécifique différente de celle de l'encaissant, elles sont caractérisées par une connexion globalement forte avec un cours d'eau. Elles présentent en général un fort contraste de perméabilité avec l'encaissant et peuvent comporter des zones où existent des prélèvements importants (captages pour l'AEP mais aussi pour l'irrigation et l'industrie) susceptibles d'influer significativement sur les niveaux et les débits des cours d'eau (et donc sur les écosystèmes d'eau de surface liés). Elles ont des caractéristiques hydrodynamiques particulières (forts coefficients d'emmagasinement et de perméabilité) et sont souvent situées dans des secteurs fortement urbanisés, elles contribuent ainsi à l'alimentation en eau de grandes villes et sont soumises à de fortes pressions (captages importants, connexions avec les eaux de surface et les zone humides liées).

- <u>36 masses d'eau à dominante sédimentaire :</u>

  Formées de couches sédimentaires non alluviales généralement d'extension régionale, elles comprennent un (monocouche) ou plusieurs (multicouche) systèmes aquifères en liaisons hydrauliques étroites. Ces masses d'eau peuvent être libres, captives ou comporter des parties libres et des parties captives. Ces masses d'eau essentiellement à porosité d'interstice comprennent aussi parfois des secteurs karstiques.

- <u>8 masses d'eau de socle :</u>

  Elles sont identifiées par une lithologie spécifique caractérisée en surface par un horizon altéré discontinu (les altérites constituant un réservoir de stockage) reposant sur un substratum fracturé de lithologie indifférenciée formant un horizon perméable mais à perméabilité fortement variable. Les écoulements superficiels sont prépondérants par rapport aux écoulements souterrains.

- <u>1 masse d'eau à systèmes imperméables localement aquifères :</u>

  Ce type de masse d'eau correspond à des formations sédimentaires peu ou pas aquifères renfermant de petits aquifères disjoints et disséminés dont les limites sont souvent mal connues.

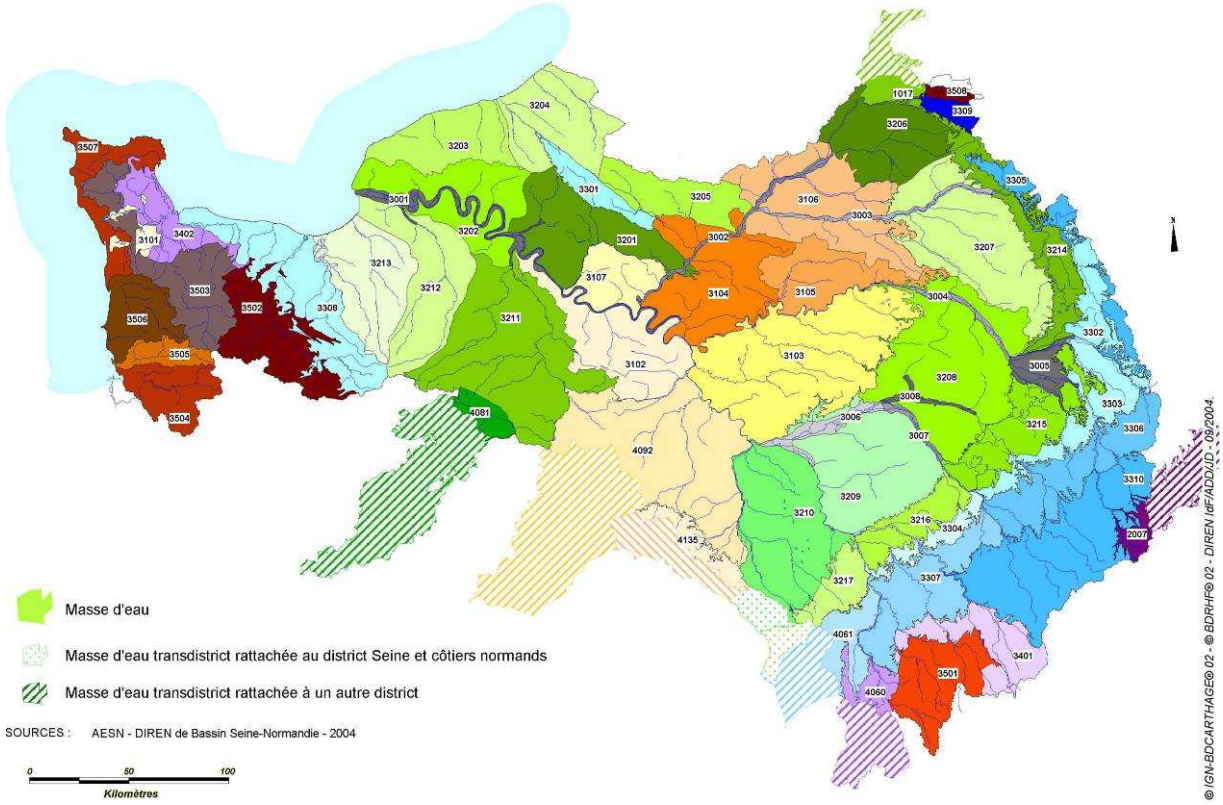


Figure 6 : Masses d'eau souterraine affleurantes du bassin Seine-Normandie ([7])

II.2.c) Les pressions anthropiques de surface

Les pollutions diffuses d'origine agricole sont les plus importantes sur le bassin Seine-Normandie. En effet, l'état des lieux du bassin de décembre 2004 ([7]) a mis en évidence que les nitrates et les pesticides sont essentiellement responsables du risque de non-atteinte du bon état des masses d'eau souterraine en 2015. L'agriculture est de ce fait très importante sur le bassin, les terres agricoles occupant 60.000 km^2, soit 60% de la surface du bassin (Figure 7).

L'activité agricole est également très diversifiée comme l'attestent les orientations technico-économiques des exploitations agricoles (OTEX) du bassin Seine-Normandie (Figure 8). Ce sont des zones représentatives des pressions « matières azotées et pesticides » qui s'exercent en surface des masses d'eau souterraine selon l'occupation du sol et entraînant un type similaire de contamination agricole. On retrouve surtout trois grands types de culture : les grandes exploitations à productivité élevée (grandes cultures de céréales et d'oléoprotéagineux), les petites exploitations intensives (maraîchage, viticulture, horticulture) et les exploitations d'élevage (à faible productivité mais à fort besoin en main d'œuvre), cette activité étant confinée aux terres peu fertiles du socle granitique de la Manche et du Morvan.

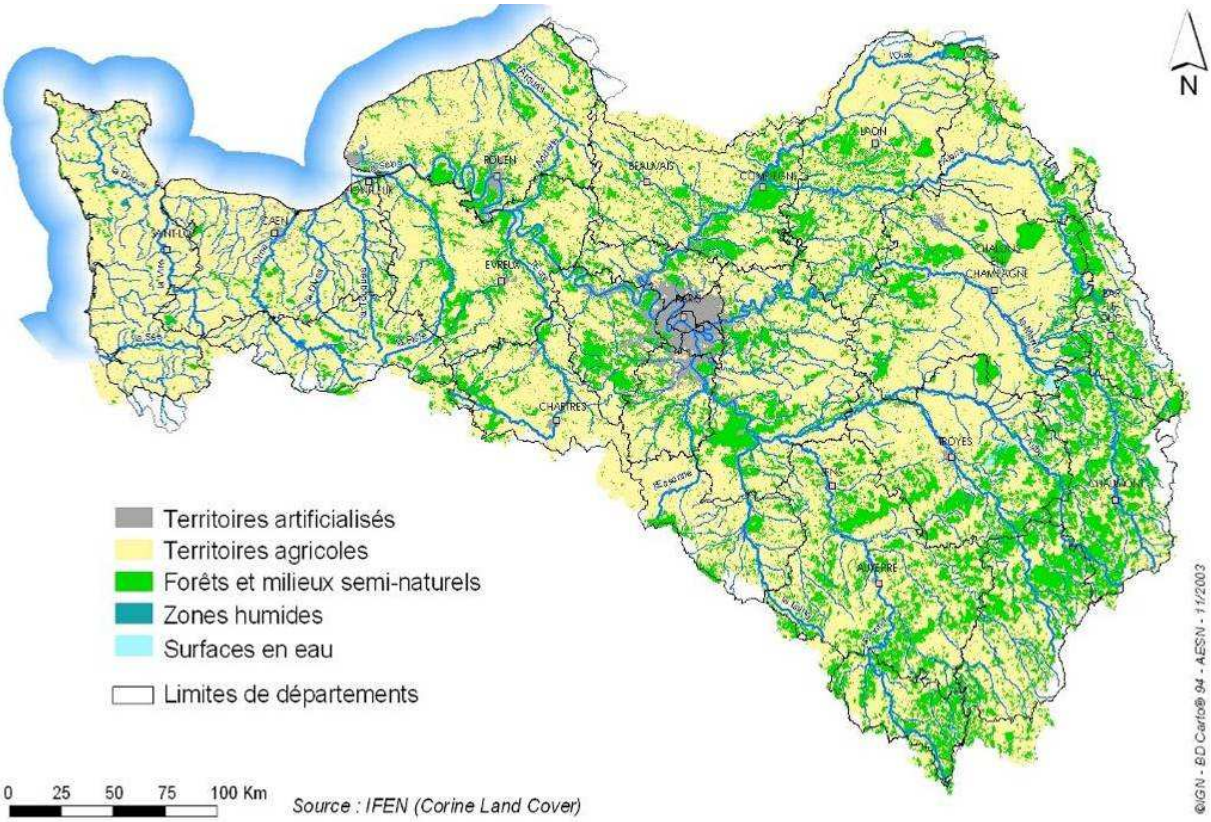


Figure 7 : L'occupation du sol du bassin Seine-Normandie ([7])

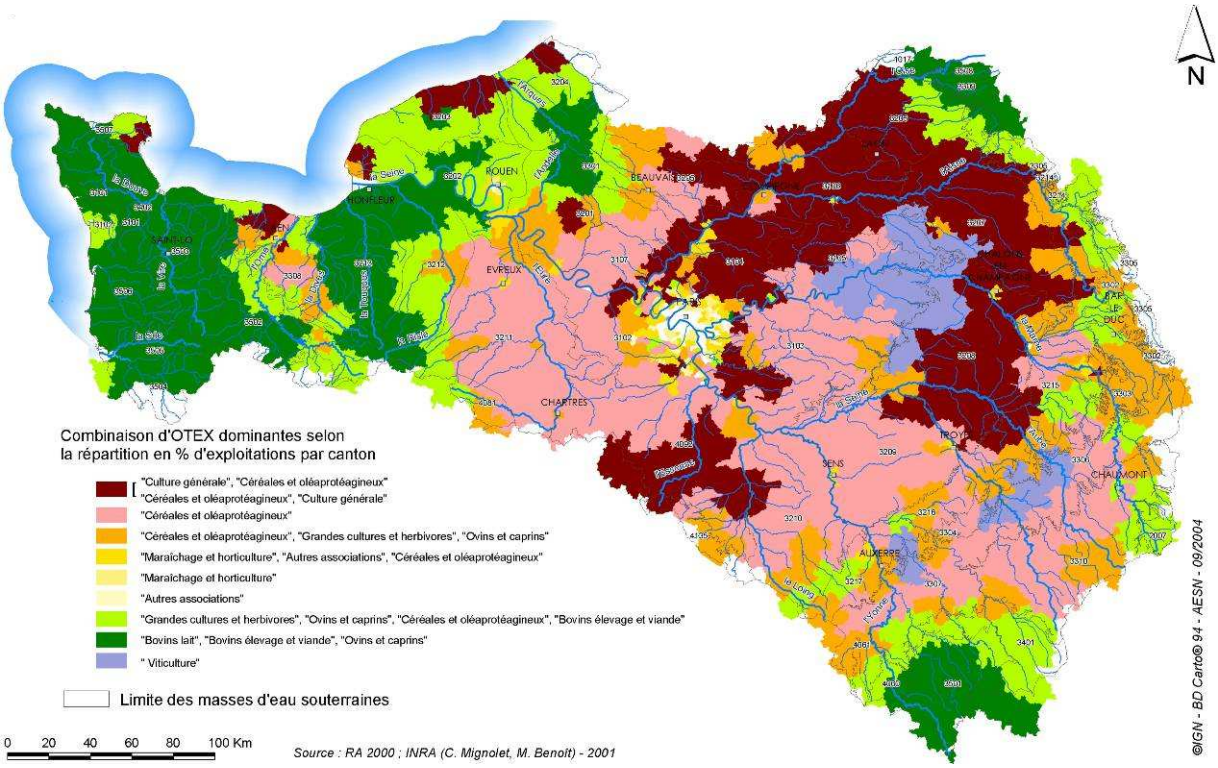


Figure 8 : Les OTEX sur le bassin Seine-Normandie ([7])

D'autre part, le bassin concentre 40% des activités industrielles du pays, dans les domaines de la transformation (pétrochimie, chimie de spécialités, papeteries) et de l'assemblage (construction automobile, aéronautique, industrie mécanique) plutôt que de la production de matières premières (Figure 9). La pollution industrielle, par le rejet d'effluents toxiques, peut induire la présence de micropolluants minéraux tels que les métaux ou de micropolluants organiques tels que les Organo-Halogénés Volatils (OHV).

Figure 9 : Répartition des plus gros sites industriels du bassin Seine-Normandie ([7])

II.2.d) Origine des données exploitées

L'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines est réalisée à partir des données provenant des points de suivi appartenant au Réseau patrimonial de suivi qualitatif des Eaux Souterraines du bassin Seine-Normandie (RES) et des points choisis pour les réseaux de surveillance (contrôle de surveillance et contrôle opérationnel) mis en place conformément aux exigences de la DCE et rapportés au niveau européen en décembre 2006. Cela fait un total de 691 points.

Créé en 1997, le RES a pour finalité d'apporter une connaissance générale de la qualité des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie. L'AESN en est le maître d'œuvre, le maître d'ouvrage et le producteur de données. Celles-ci sont stockées dans la banque de données qualité des eaux de l'AESN (AQE : Application Qualité des Eaux). Ce réseau comporte 472 points, 80% des points correspondant à des captages AEP, mais des sources et rares ouvrages industriels abandonnés sont également suivis, permettant ainsi d'obtenir une vision plus juste des nappes.

Les captages AEP du RES font aussi partie du Réseau national de surveillance du contrôle sanitaire sur les eaux brutes (RNSISEAU). Le Ministère chargé de la Santé est le maître d'oeuvre et le maître d'ouvrage de ce réseau, et les Directions Départementales des

Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) en sont les producteurs de données. Les analyses sont effectuées sur les eaux brutes des captages d'eaux destinées à la consommation humaine.

Ainsi les mesures proviennent du programme du RES ainsi que des prélèvements du contrôle sanitaire assurés par les DDASS sur les points de surveillance communs aux deux réseaux. Les prélèvements et les analyses sont donc assurés d'une part par les DDASS et d'autre part par des laboratoires d'analyses retenus sur appel d'offres par l'AESN. Dans le programme du RES, les analyses sont également effectuées sur eaux brutes et il y a en général deux campagnes de mesure par an, une en période de hautes eaux en avril et l'autre en période de basses eaux en octobre ([8]). L'Albien-Néocomien captif ne fait l'objet que d'une seule campagne annuelle (cet aquifère étant protégé) tandis que certains points bénéficient de quatre campagnes par an. Les fréquences des prélèvements des DDASS sont inférieures, concernent moins de paramètres et sont fonction du débit d'exploitation du captage ou du nombre d'habitants approvisionnés.

Les analyses sont ensuite vérifiées, enregistrées puis diffusées par chaque maître d'ouvrage dans la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES : http://www.ades.eaufrance.fr/). Celle-ci rassemble sur un site Internet public des données relatives aux eaux souterraines. Elle permet de connaître, de localiser les réseaux et les stations de mesures et d'accéder aux résultats de mesures quantitatives (niveau des nappes) et qualitatives (concentration de nombreux paramètres dans l'eau).

III) METHODOLOGIE EMPLOYEE

III.1) Procédure d'évaluation de l'état chimique des MESO

La Circulaire « Bon Etat » des eaux souterraines fournit un logigramme afin d'évaluer l'état chimique des masses d'eau souterraine (Annexe 2).

Il est composé de deux parties :

- un traitement statistique visant à déterminer les dépassements de seuil des points de surveillance sur la masse d'eau (correspondant à une partie de mon étude)

- une « enquête appropriée » lorsqu'au moins un point de surveillance est déclassé

Cette enquête appropriée comporte une liste de conditions à vérifier qui constitue un avis d'expert. Une des conditions vise à agréger les données pour réaliser une interprétation à la masse d'eau. Il s'agit d'estimer la proportion dégradée de la masse d'eau et cela fera également l'objet de travaux statistiques réalisés durant ce stage. Les autres conditions nécessiteront des consultations locales.

La méthodologie nationale prévoit de classer une masse d'eau souterraine en état médiocre si la somme des surfaces représentatives de tous les points déclassés est supérieure ou égale à 20% de la surface totale de la masse d'eau. Mais ce travail nécessite d'attribuer une surface représentative à chaque point et de redécouper les masses d'eau en secteurs homogènes. Cela requiert de longues manipulations par SIG (Système d'Information Géographique), il a donc été décidé d'adapter cette méthodologie nationale et de raisonner, dans une première approche, en terme de proportion du nombre de points déclassés et non en terme de proportion de surface dégradée.

Ainsi, pour chaque masse d'eau, la proportion d'ouvrages dont la moyenne interannuelle dépasse la valeur seuil est calculée par paramètre :

- si cette proportion est supérieure ou égale à 20%, la masse d'eau est déclarée en état chimique médiocre

- si cette proportion est inférieure à 20%, une expertise de la masse d'eau est nécessaire

III.2) Traitement des données

Cette étape a constitué la majeure partie du stage si l'on prend en considération le temps passé à la familiarisation avec le logiciel Access, à la compréhension de son fonctionnement ainsi qu'au traitement des données proprement dit.

III.2.a) Constitution d'une base de données

Nous avons réuni toutes les analyses disponibles sur le bassin Seine-Normandie entre 1995 et 2005 sur le site d'ADES ainsi que sur AQE pour l'année 2004 (les analyses de cette année-là n'avaient en effet pas été diffusées entièrement dans ADES). Les analyses concernent plus de 300 paramètres, comprenant des paramètres physico-chimiques (dont les éléments majeurs) et des micropolluants. Cela aboutit à un total d'environ 976.000 analyses.

Pour traiter ce très grand nombre de données, nous avons dû utiliser le logiciel Access. Nous avons donc constitué une base de données contenant toutes les analyses rassemblées. Un guide d'utilisation de cette base de données a été réalisé pour l'AESN afin de poursuivre éventuellement les travaux effectués sur des données supplémentaires.

Nous avons ensuite croisé toutes les données ainsi récupérées avec la liste de points sur lesquels doivent porter l'évaluation de l'état des eaux souterraines.

Puis nous avons séparé ces analyses en les regroupant par paramètres ou groupes de paramètres afin de faciliter leur traitement ultérieur. Pour cela, il a fallu déterminer la famille chimique à laquelle appartenaient les paramètres analysés.

Nous avons donc consulté plusieurs sites Internet dont le site du Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (Sandre : http://sandre.eaufrance.fr/) chargé d'élaborer le langage commun des données sur l'eau. A ce titre, il est chargé au sein du Système d'Information sur l'Eau (SIE) d'établir la normalisation des données afin de rendre compatible et homogène la définition et l'échange des données entre les producteurs, les utilisateurs et les banques de données. Les données font le plus souvent référence à des notions communes (paramètre mesuré, identifiant d'un forage, code d'un cours d'eau) qu'on appelle des référentiels. Ceux-ci sont indispensables pour rapprocher des données d'origines diverses.

En ce qui nous concerne, chaque paramètre se voit ainsi attribuer un code Sandre unique qui permet de l'identifier sans ambiguïté.

III.2.b) Uniformisation des données

Une des difficultés rencontrées fut celle de l'hétérogénéité des données provenant d'ADES et d'AQE. Par exemple, étant d'origines variées, les analyses ne présentaient pas le même format de date et les résultats n'étaient pas toujours exprimés en format numérique.

D'autre part, nous avons dû repérer et corriger les incohérences au niveau des concentrations. En effet, nous avons remarqué que des points pouvaient présenter des résultats très variables au sein d'une même année ou sur l'historique d'un point, pour un même paramètre. Pour corriger cela, nous avons élaboré un filtre qui consiste à repérer les points pour lesquels il y a une différence supérieure ou égale à 1000 entre le minimum et le maximum des concentrations mesurées pour un même paramètre au cours d'une même année. Ces erreurs proviennent majoritairement d'une confusion d'unités entre mg/L et µg/L, mais aussi parfois d'erreurs de saisie. Les travaux ainsi réalisés permettront de corriger les bases de données initiales.

III.2.c) Traitements spécifiques pour les micropolluants

Les micropolluants étant souvent présents en très faible quantité dans les eaux souterraines, leurs concentrations sont souvent inférieures aux seuils de détection voire de quantification des laboratoires. La Directive fille prévoit donc d'affecter à ces mesures la moitié de la valeur du seuil en question (de détection ou de quantification). Cela permet aussi

de résoudre le problème d'intercalibration des mesures entre les différents laboratoires qui ne possèdent pas forcément les mêmes limites analytiques.

De plus, il est apparu qu'un nombre démesuré d'analyses dépassaient les valeurs seuils de bon état, notamment pour les métaux et les OHV. En y regardant de plus près, nous nous sommes aperçu que cela concernait les données anciennes peu précises du fait de la faible technicité des laboratoires d'analyses les premières années. Ainsi, lorsque les mesures sont inférieures aux seuils de détection ou de quantification, on élimine les données pour lesquelles le seuil de détection ou de quantification est supérieur ou égal à deux fois la valeur seuil de bon état pour le paramètre concerné.

III.2.d) Moyennes

Les variations des concentrations de certains paramètres en fonction de l'utilisation des produits de surface et au cours d'un cycle hydrogéologique ont amené la décision au niveau national de réaliser des moyennes interannuelles pour chaque paramètre sur chaque point de mesure de la qualité. Par ce biais, nous lissons les variations dues aux conditions climatiques. Par exemple, en année humide, les fortes précipitations lessivent le sol et entraînent une forte quantité de nitrates et de pesticides vers les eaux souterraines. Au contraire, en année sèche, ces molécules seront présentes en plus faible quantité.

Nous calculons donc les moyennes arithmétiques des concentrations de chaque paramètre par point de surveillance et par an. Pour les macroéléments, nous ne prenons en compte que les paramètres détectés et quantifiés, et pour les micropolluants, nous prenons en compte toutes les valeurs, y compris celles inférieures aux seuils de détection ou de quantification en les divisant par deux (comme indiqué au paragraphe III.2.c). Toutefois concernant le « total de pesticides », la Directive fille précise que cela correspond à la somme des paramètres détectés et quantifiés.

Nous calculons ensuite la moyenne des moyennes annuelles, afin d'obtenir des moyennes interannuelles sur la période d'étude (1995-2005).

III.3) Valeurs seuils de bon état

III.3.a) Attribution des seuils de bon état

Une fois les paramètres séparés en familles chimiques, il est apparu nécessaire d'attribuer un seuil de bon état à chaque paramètre. Nous avons pour cela utilisé les normes de qualité des eaux souterraines fixées dans la Directive fille (pour les nitrates et les pesticides) ainsi que les valeurs seuils provisoires établies pour une liste minimale de paramètres indiquées dans la Circulaire « Bon Etat » des eaux souterraines (Annexe 3). Pour les paramètres dont les valeurs seuils ne sont indiquées ni dans la Directive fille ni dans la circulaire, nous avons utilisé les limites de qualité du Décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles ([1]) (Annexe 4).

III.3.b) Modification des seuils de bon état

- **Respect des objectifs de bon état des masses d'eau de surface**

Comme le prévoient explicitement la Directive fille et la Circulaire « Bon Etat » des eaux souterraines, il faut prendre en compte l'existence éventuelle d'interactions entre les masses d'eau souterraine et les eaux superficielles. Dans ce cas, il est nécessaire de prendre comme valeurs seuils celles retenues pour les eaux superficielles provenant de la Circulaire « Bon Etat » des eaux douces de surface (Annexe 4). Ces valeurs seuils sont plus faibles et correspondent aux Normes de Qualité Environnementale (NQE) pour la prise en compte de la non-dégradation des écosystèmes de surface (zones humides notamment). Ces modifications concernent le plomb (tel que demandé dans la Circulaire « Bon Etat » des eaux souterraines) et le phosphore total (il peut en effet être en partie responsable de l'eutrophisation des cours d'eau).

Les échanges entre les cours d'eau et les aquifères se font :

- soit directement lorsque les alluvions sont peu ou pas développées et que le cours d'eau est en contact direct avec l'aquifère

- soit par l'intermédiaire des nappes alluviales

Le fait que nous disposons de très peu d'informations concernant les échanges nappes-rivières et pour des raisons politiques, la décision a été prise au niveau du bassin Seine-Normandie d'appliquer ces nouvelles valeurs seuils uniquement aux 8 masses d'eau alluviales.

- **Prise en compte du fond géochimique**

D'autre part, nous avons vu que certains éléments (principalement les métaux) peuvent être naturellement présents en concentrations élevées dans les eaux souterraines du fait de la nature géologique des formations encaissantes. La prise en compte de ce fond géochimique permet de faire la distinction entre pollution anthropique et concentration naturelle et entraîne une modification des valeurs seuils de bon état. Certains points peuvent en effet être classés à tort en état médiocre. Une étude nationale menée par le BRGM a été réalisée sur les risques en fond géochimique élevé.

De plus, une étude portant sur l'estimation du fond géochimique des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie a été réalisée par Nicolas Gillon, un autre stagiaire de l'AESN, et dont voici la méthodologie.

Le fond géochimique naturel d'une masse d'eau traduit la concentration naturelle de cette eau en métaux et ions issus de la dissolution de sa roche encaissante. Il peut être plus ou moins influencé par des phénomènes naturels tels que la drainance entre nappes, la variation du niveau piézométrique qui provoquent des changements de conditions chimiques et entraînent des réactions d'oxydoréduction.

La définition de ce fond a un intérêt triple :

- Déterminer le faciès de l'eau (caractéristiques minérales majeures)
- Distinguer l'apport naturel de l'apport anthropique, et ainsi mettre en évidence les possibles contaminations de la nappe
- Répondre à la DCE en définissant une concentration seuil de bon état chimique pour chaque élément testé et, dans le cas d'incertitudes, programmer des études complémentaires afin de préciser ce seuil

L'estimation du fond géochimique se base sur deux approches complémentaires :

- Une approche prédictive qui consiste en une recherche bibliographique relative à la qualité naturelle de la masse d'eau
- Une approche statistique basée sur l'exploitation des données analytiques issues des réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine et regroupées dans la banque de données ADES

Cette dernière approche a nécessité un travail préalable en base de données. Dans un souci d'homogénéisation des résultats des campagnes de mesures, d'affranchissement des données erronées par des hétérogénéités géologiques locales ou des erreurs de saisie, et afin de répondre à la DCE qui demande une seule valeur par élément et par masse d'eau, il a donc été décidé de réaliser une moyenne interannuelle sur dix ans (1995-2005) pour chaque ion de chaque station de surveillance des eaux souterraines (530 points de mesures).

Afin de s'affranchir de la pollution anthropique, on considère qu'une eau est naturelle en dessous de 10 mg/L de nitrates : un premier filtre des données a alors été retenu à cette valeur sur les moyennes interannuelles des concentrations. Celui-ci réduisant parfois fortement le nombre de stations à considérer, deux autres filtres, à 20 mg/L et 30 mg/L, ont été appliqués.

Les résultats de ces différents filtres permettent d'établir une moyenne générale et l'écart type pour chaque élément chimique à l'échelle de la masse d'eau.

Une appréciation du fond géochimique est fournie par encadrement entre une estimation par rapport au filtre à 10 mg/L de nitrates (valeur théorique d'un fond naturel mais pouvant s'avérer non représentative de l'ensemble de la masse) ou filtre à 20 mg/L quand il n'y a pas de données, et une estimation par rapport au filtre à 30 mg/L (représentant une valeur influencée par la pression anthropique mais plus représentative de la masse en terme de nombre de points de surveillance considérés).

Ces résultats sont ensuite discutés en tenant compte des informations collectées par la recherche bibliographique.

Les moyennes par masse d'eau sont calculées sur les analyses conservées par ces filtres sur les nitrates, et lorsque la moyenne maximale entre celle obtenue par le filtre à 10 mg/L et celui à 30 mg/L dépasse la norme AEP pour le métal concerné, alors on retient cette moyenne comme nouvelle valeur seuil de bon état.

Lorsque des études spécifiques démontraient des teneurs naturelles en éléments au-dessus des normes AEP mais qu'elles ne se retrouvaient pas dans les traitements statistiques de Nicolas Gillon (en raison des filtres sur les nitrates), les concentrations maximales connues ont été retenues en tant que fond géochimique et nouvelles valeurs seuils de bon état. Ainsi les points situés sur les masses d'eau concernées n'étaient plus déclassés par ces paramètres.

Par exemple, la présence de fer et de manganèse peut être d'origine naturelle. D'une part, des concentrations élevées de ces deux éléments peuvent être dues à la présence de marcassite, pyrite, sidérite et hydroxydes de fer accompagnée de conditions réductrices régnant habituellement dans les aquifères captifs et profonds pauvres en oxygène (tels que l'Albien-Néocomien captif (MESO 3218) et la Beauce captive (MESO 4135)). Les milieux peu carbonatés au pH acide que sont les masses d'eau de socle (tel que le Bathonien-Bajocien de la plaine de Caen et du Bessin (MESO 3308)) sont également propices à de fortes teneurs de ces métaux ([9]).

D'autre part, la présence de matière organique entraîne une augmentation de la solubilité du fer du fait de la consommation d'oxygène engendrée par la dégradation de cette matière organique. Cela entraîne donc une augmentation des teneurs en fer dans les eaux souterraines.

De plus, les nappes alluviales peuvent également présenter des teneurs élevées en fer du fait d'un effet de berge ou de vase.

L'ammonium, présent dans la masse d'eau 3218, fait également partie des paramètres visés dans la Directive fille et pour lesquels des valeurs seuils doivent être définies localement compte tenu du fond géochimique.

D'autre part, concernant le sélénium, de fortes teneurs ont été étudiées dans le département de la Marne et l'origine naturelle de ce paramètre a été démontrée par l'absence de corrélation avec les nitrates. Nous avons donc calculé la moyenne des concentrations supérieures à la norme AEP par niveau capté et nous avons ensuite conservé la valeur maximale des moyennes ainsi obtenues pour l'attribuer en tant que valeur seuil à la masse d'eau entière.

Toutes les nouvelles valeurs seuils obtenues sont ainsi appliquées aux paramètres en question sur les masses d'eau concernées (Annexe 4).

Ensuite nous pouvons donc comparer les moyennes interannuelles obtenues pour chaque paramètre sur chaque point de surveillance avec les valeurs seuils ainsi attribuées. Et après analyse de l'ensemble des paramètres pris en compte, nous pouvons statuer sur l'état de chaque point de suivi, sachant qu'un point est considéré en état médiocre dès lors qu'un paramètre le déclasse (dans le cas où la moyenne interannuelle dépasse la valeur seuil associée).

Toutefois ce traitement statistique ne représente qu'une partie de l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine. En effet, lorsqu'une masse d'eau comporte au moins un point en état médiocre, il convient de mener une enquête appropriée.

III.4) Avis d'expert

Lorsqu'il n'y a aucun point en état médiocre sur une masse d'eau, celle-ci est considérée en bon état. Pour les autres cas, nous avons estimé le pourcentage de points en état médiocre par masse d'eau. Lorsque celui-ci est supérieur ou égal à 20%, la masse d'eau est tout de suite classée en état médiocre. Mais lorsque ce pourcentage est inférieur à 20% et qu'il y a au moins un point en état médiocre sur la masse d'eau, celle-ci doit faire l'objet d'une expertise. Il a été décidé au niveau du bassin que cet avis d'expert serait basé sur les critères suivants.

III.4.a) Répartition géographique des points en état médiocre

Si les points déclassés sont :

- concentrés localement sur une partie de la masse d'eau (c'est en général le signe d'une réelle contamination), dans ce cas la masse d'eau passe en état médiocre

- éparpillés (cela peut être dû à des disparités locales et ne prouve pas une réelle contamination), dans ce cas la masse d'eau reste en bon état

Lorsqu'il n'y a qu'un point en état médiocre sur la masse d'eau, il est difficile d'émettre un avis pertinent.

De plus, pour les masses d'eau transdistricts, nous ne pouvons pas vraiment établir de conclusion puisque nous ne disposons pas de toutes les informations disponibles mais seulement de celles concernant les points appartenant au bassin Seine-Normandie.

III.4.b) Gravité de la contamination

- **Proportion de points en classes de concentration 3 + 4**

Nous pouvons tout d'abord évaluer la gravité de la contamination en estimant la proportion de points susceptibles de passer en état médiocre prochainement. Pour cela, nous calculons le pourcentage de points répartis selon quatre classes de concentration :

- <u>classe 1:</u> moyenne interannuelle ≤ 50% norme (seuil d'alerte SDAGE)

- <u>classe 2 :</u> 50% norme < moyenne interannuelle ≤ 75% norme (seuil de qualité dégradée SDAGE)

- <u>classe 3 :</u> 75% norme < moyenne interannuelle ≤ norme

- <u>classe 4 :</u> moyenne interannuelle > norme

Ces calculs sont réalisés dans Excel et permettent d'établir des tableaux et des graphiques croisés dynamiques illustrant la répartition des points dans ces quatre classes.

Lorsque le pourcentage de points situés dans les classes 3 + 4 (c'est-à-dire quand la moyenne interannuelle est supérieure à 75% de la norme) est supérieur ou égal à 20%, alors il faut être vigilant et surveiller la masse d'eau concernée pour le paramètre ou groupe de

paramètres en question. Toutefois ce critère ne permet pas de statuer sur l'état des masses d'eau.

- **Nombre moyen de paramètres quantifiés/supérieurs à la norme**

Un autre critère renseignant sur la gravité de la contamination est le nombre moyen de paramètres quantifiés pour chaque groupe de paramètres et par masse d'eau, sur la période 1995-2005. Le nombre de paramètres supérieurs à la norme est même un critère encore plus déterminant : à partir de deux paramètres différents supérieurs à la norme, le statut de la masse d'eau peut éventuellement passer en état médiocre.

Une fois tous ces critères pris en compte, nous pouvons émettre un avis quant à l'état des masses d'eau souterraine. Il devra ensuite être complété par des discussions au niveau local qui permettront d'apporter des commentaires supplémentaires.

IV) RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSIONS

Après avoir traité les données avec Access (par tout un enchaînement de requêtes) et avec Excel (pour réaliser notamment des tableaux et graphiques croisés dynamiques), nous obtenons des tableaux récapitulant les moyennes interannuelles, l'état par point et l'état par masse d'eau avec l'avis d'expert (par paramètre ou groupe de paramètres), et enfin l'état final par masse d'eau (tous paramètres confondus). Des cartes sont également réalisées afin de représenter l'état chimique des points de suivi et des masses d'eau.

Nous allons détailler tous les résultats obtenus pour les métaux, ce choix nous permettant de voir l'effet de la prise en compte du fond géochimique sur l'état des points et des masses d'eau souterraine.

IV.1) Moyennes interannuelles par point et par paramètre

Dans le tableau I (Annexe 5) sont mentionnés : le code BSS (code national de la Banque du Sous-Sol du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)) qui a été choisi par le Sandre pour identifier chaque point de surveillance, la masse d'eau souterraine (MESO) associée, les coordonnées x et y (pour faire des cartes sous SIG ensuite), le ou les réseau(x) d'appartenance, le code Sandre et le libellé des paramètres, les valeurs seuils (différentes pour les masses d'eau alluviales et non-alluviales), la classe de concentration, le minimum et le maximum des moyennes annuelles, la moyenne interannuelle et le nombre d'années de suivi du point.

IV.2) Etat des points de suivi par paramètre ou groupe de paramètres

Le tableau II (Annexe 5) reprend les mêmes informations que les moyennes interannuelles en ce qui concerne la description des points de surveillance, mais ici nous faisons apparaître l'état des points selon le dépassement des valeurs seuils (« Bon_Etat » = 1 : bon état ; « Bon_Etat » = 9 : état médiocre) et les paramètres responsables du déclassement éventuel des points. Des commentaires sont également ajoutés pour détailler la prise en compte du fond géochimique.

L'évaluation de l'état chimique des points de suivi s'accompagne de cartes réalisées avec le logiciel ArcGis pour chaque paramètre ou groupe de paramètres en faisant apparaître en vert les points en bon état et en rouge ceux en état médiocre (Figure 10).

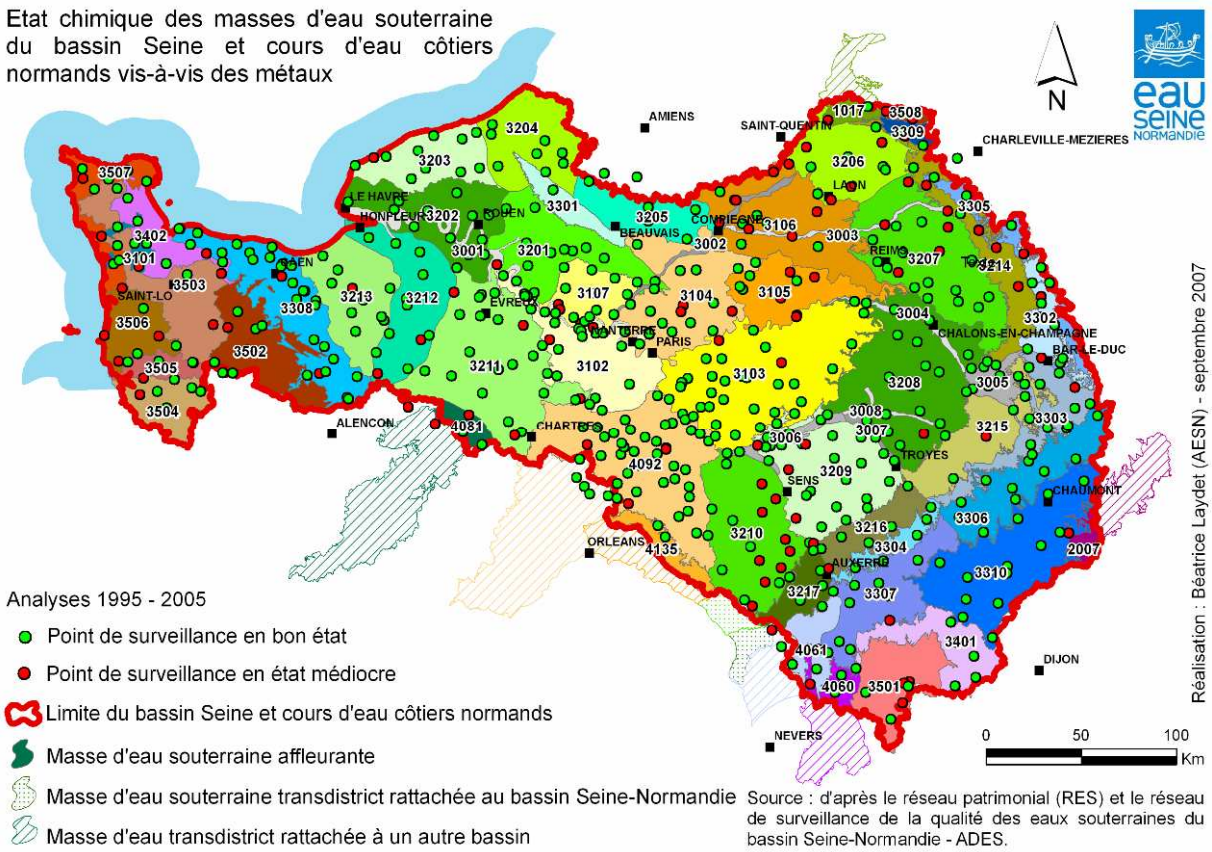


Figure 10 : Etat chimique des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie vis-à-vis des métaux (Réalisation : B. Laydet)

IV.3) Etat des masses d'eau par paramètre ou groupe de paramètres

IV.3.a) Etat statistique

Dans le tableau 1, nous avons tout d'abord la première partie issue du traitement statistique qui évalue la proportion de points en état médiocre par MESO. Cela aboutit à une première conclusion sur l'état brut de la MESO selon le dépassement des 20% (colonne bleue).

Puis nous avons effectué le même traitement statistique mais cette fois-ci nous avons évalué le pourcentage de points déclassés en appliquant les nouvelles valeurs seuils du fond géochimique (colonnes roses).

Lorsque l'état d'après le fond géochimique est « bon » et qu'il y a au moins un point en état médiocre sur la MESO, nous menons une expertise (lignes jaunes et colonnes vertes).

						avis d'experts						
						avis cartographique	avis gravité contamination par statistiques			commentaires locaux	Conclusion générale	
MESO	Proportion de points en état médiocre	Etat brut MESO Métaux	Proportion de points en état médiocre	Etat d'après Fond géochimique : relèvement de la valeur seuil	Eléments chimiques concernés - nouvelle valeur seuil appliquée à la MESO (en µg/L)	avis répartition géographique	proportion de points dont moyenne interannuelle en classe de concentration 3 et 3+4	Nb moyen de molécules quantifiées sur la période	Nb moyen de molécules supérieures à la norme sur la période	abandons captages, présence de traitements de potabilisation, % du volume dégradé par rapport au volume distribué sur la MESO, possibilité d'interconnexion	Conclusion générale	Paramètres déclassants
3201	6,25	1	6,25	1		1 point en limite MESO sous les alluvions -> OK	6% en 3 et 12% en 3+4 -> OK	6,36	1,67		1	
3202	0,00	1	0,00	1				7,09	1,88		1	
3203	9,09	1	9,09	1		1 point en front de mer -> OK	0% en 3 et 9% en 3+4 -> OK	5,55	2,00		1	
3204	0,00	1	0,00	1				3,70	-		1	
3205	25,00	9	25,00	9				4,78	1,14		9	Mn, Sb
3206	50,00	9	50,00	9				6,50	1,60		9	Sb
3207	30,00	9	30,00	9	Sélénium - 12 µg/L			7,60	1,67		9	Sb, Ni
3208	11,76	1	11,76	1	Sélénium - 13 µg/L	2 points au Sud MESO, proche alluvions -> OK	0% en 3 et 12% en 3+4 -> OK	**8,20**	1,25		1	
3209	17,39	1	17,39	1		4 points sur la bordure Est limites 3210 et alluvions, paramètres variés -> NON	4% en 3 et 21% en 3+4 -> NON	**8,73**	**2,29**		**9**	Hg, Fe, Sb, As, Mn
3210	52,94	9	52,94	9				7,00	1,80		9	Sb, Fe
3211	18,18	1	18,18	1		4 points épars (contamination : 2 Fe, 1 Pb et 1 Sb) -> NON	0% en 3 et 18% en 3+4 -> OK	6,64	1,60		1	

Tableau 1 : Extrait du tableau récapitulant l'état chimique des MESO vis-à-vis des métaux
(Réalisation : B. Laydet)

IV.3.b) Avis d'expert

- **Avis cartographique**

Nous détaillons ici le plus possible la répartition géographique des points en état médiocre sur la MESO (à l'aide de la carte présentée en figure 10) et nous déterminons s'il s'agit de disparités locales (« OK ») ou d'une réelle contamination (« NON »).

- **Proportion de points en classes de concentration 3 + 4**

Cette partie a nécessité la réalisation de tableaux et graphiques croisés dynamiques dans Excel afin d'évaluer la proportion de points dont la moyenne interannuelle est située dans les classes de concentration 3 et 4 (c'est-à-dire supérieure à 75% du seuil de bon état). Comme le groupe « métaux » comporte plusieurs paramètres, nous prenons la classe de concentration maximale rencontrée par point.

Lorsque ces proportions sont supérieures ou égales à 20%, la MESO concernée est à surveiller. C'est le cas par exemple de la MESO 3209 (Figure 11), où 4% des points sont en classe 3 et 21% sont en classes 3 + 4.

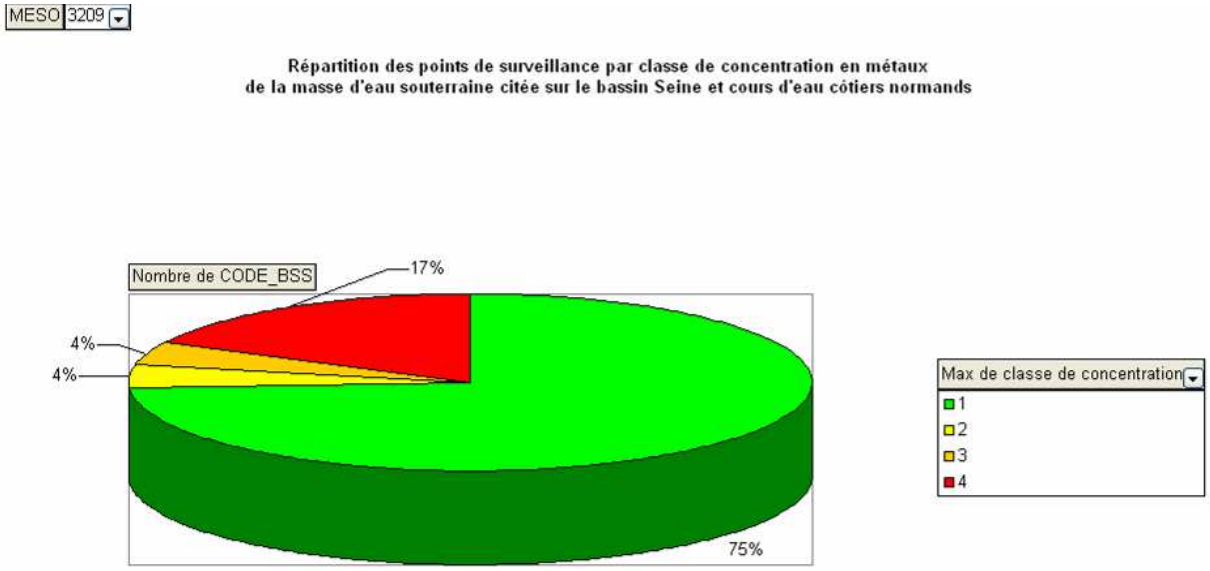


Figure 11 : Graphique croisé dynamique illustrant la répartition des points de surveillance par classe de concentration en métaux de la MESO 3209 (Réalisation : B. Laydet)

- **Nombre moyen de paramètres quantifiés/supérieurs à la norme**

A partir de sept paramètres quantifiés et de deux paramètres supérieurs à la norme en moyenne par MESO, celle-ci doit être surveillée (chiffres mis en gras).

Enfin, le dernier volet concerne les futurs commentaires locaux qui viendront compléter l'avis d'expert.

La conclusion générale sur l'état de la MESO pour le groupe de paramètres étudié est établie compte tenu de tous les critères décrits précédemment, les paramètres responsables du déclassement de la MESO sont également précisés (colonnes rouges).

IV.4) Etat global des masses d'eau souterraine

Le tableau 2 récapitule l'état de chaque MESO pour chaque paramètre ou groupe de paramètres après avis d'expert. Et la conclusion générale sur l'état de la MESO tous paramètres confondus est établie, sachant qu'une MESO est considérée en état médiocre dès lors qu'un paramètre la déclasse. Les paramètres déclassants sont justement précisés pour chaque MESO en état médiocre.

De plus, nous avons mis en gras les masses d'eau qui avaient été soumises à l'avis d'expert.

		Conclusion après avis d'expert												Conclusion générale	
MESO	Etat métaux après avis d'expert	Etat nitrates	Etat pesticides	Etat HAP	Etat BTEX	Etat OHV	Etat PCB	Etat ammonium	Etat conductivité	Etat chlorures	Etat sulfates	Etat phosphore	Compte de "Etat Médiocre"	Conclusion générale	Cause
1012	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	0	1	
1017	9	1	1	-	-	1	-	1	1	1	1	1	1	9	métaux
2007	9	1	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	9	métaux
2009	1	1	1	1	-	1	-	1	1	1	1	1	0	1	
3001	9	1	9	1	-	1	1	9	1	1	1	1	3	9	pest, NH4, métaux
3002	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	0	1	
3003	9	1	1	9	-	1	-	9	1	1	1	9	4	9	HAP, NH4, P, métaux
3005	1	**1**	9	1	-	1	-	1	1	1	1	**1**	1	9	pest
3006	1	9	9	1	-	1	1	1	1	1	1	1	2	9	NO3, pest
3007	1	9	9	1	1	1	-	1	1	1	1	1	2	9	NO3, pest
3008	1	1	1	1	-	1	-	1	1	1	1	1	0	1	
3101	9	**1**	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	9	pest, métaux
3102	1	9	9	1	1	9	1	**1**	1	1	**1**	1	3	9	NO3, pest, OHV
3103	1	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	9	NO3, pest
3104	9	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	9	métaux
3105	9	1	9	**1**	1	1	1	**1**	1	1	1	1	2	9	pest, métaux
3106	9	9	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	2	9	NO3, métaux
3107	1	**9**	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	9	NO3, pest
3201	1	**1**	**9**	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	pest
3202	1	**1**	1	**1**	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
3203	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
3204	1	1	1	1	-	9	-	1	1	1	1	1	1	9	OHV
3205	9	1	9	1	1	1	-	1	1	1	1	1	2	9	pest, métaux
3206	9	**1**	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	9	pest, métaux
3207	9	**9**	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	9	NO3, pest, métaux
3208	1	**1**	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	pest
3209	**9**	**9**	**9**	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	9	NO3, pest, métaux
3210	9	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	9	NO3, pest, métaux
3211	1	9	9	**1**	1	9	1	1	1	1	1	1	3	9	NO3, pest, OHV
3212	1	1	**9**	1	1	9	1	1	1	1	1	1	2	9	pest, OHV

Tableau 2 : Extrait du tableau illustrant l'état chimique global des MESO
(Réalisation : B. Laydet)

Nous remarquons que la majorité des déclassements sont dus aux nitrates, pesticides et métaux, malgré la prise en compte du fond géochimique. De plus, lorsqu'une MESO est déclassée par les nitrates, elle l'est aussi généralement par les pesticides (mais l'inverse n'est pas vérifié).

Au contraire la conductivité, les chlorures et les sulfates (traceurs d'intrusion saline) ainsi que les BTEX et les PCB ne sont jamais responsables de déclassements des MESO.

Le phosphore total déclasse la MESO 3003 qui est une masse d'eau alluviale. Cela est dû à la prise en compte des NQE des eaux superficielles.

L'état chimique global des masses d'eau souterraine est également représenté cartographiquement en attribuant la couleur vert à la surface de la masse d'eau lorsqu'elle est en bon état, et la couleur rouge lorsqu'elle est en état médiocre (Figure 12). Les paramètres déclassants sont également indiqués sur chaque MESO en état médiocre.

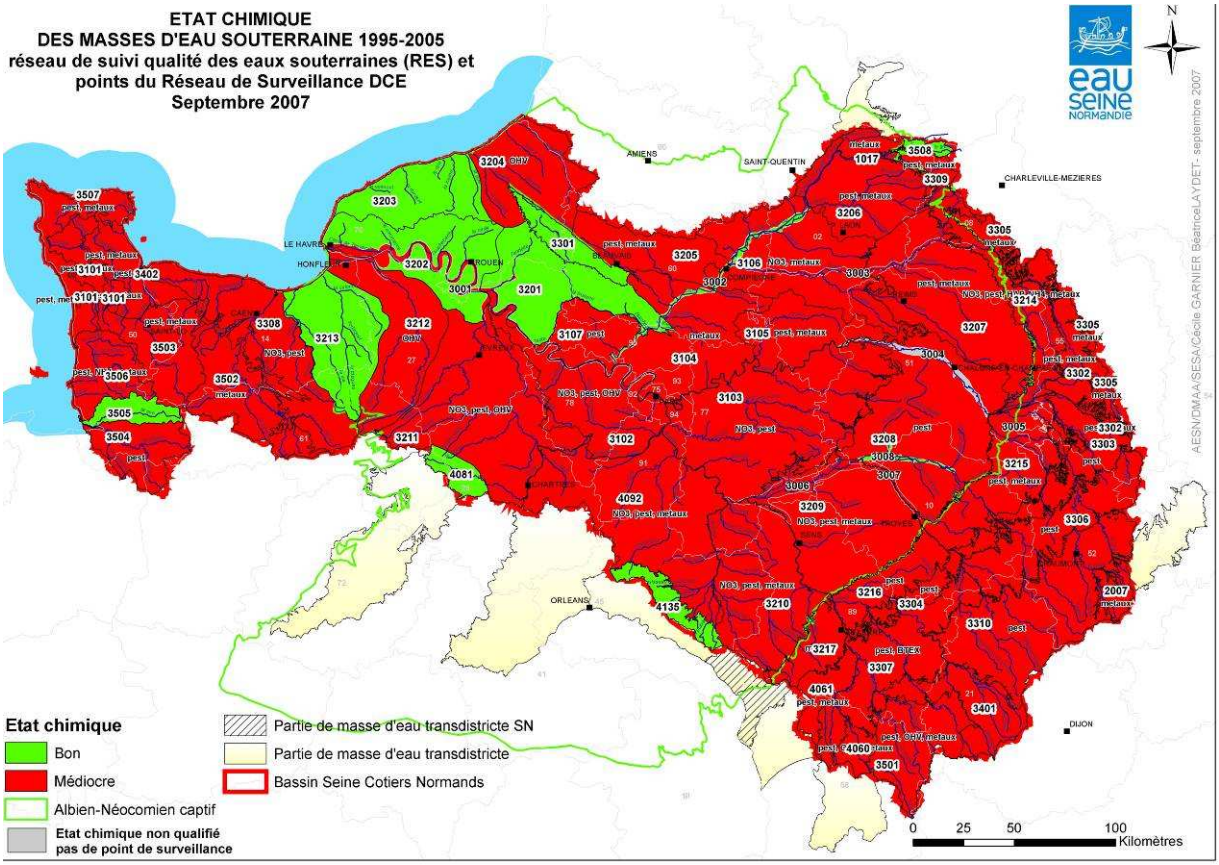


Figure 12 : Etat chimique des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie
(Réalisation : C. Garnier et B. Laydet)

Nous pouvons comparer l'état chimique obtenu avec la synthèse de l'état chimique des eaux souterraines réalisée dans l'état des lieux du bassin de décembre 2004 (Figure 13).

L'Albien-Néocomien captif (MESO 3218) et la Beauce captive (MESO 4235) apparaissent en bon état, comme c'était déjà le cas dans l'état des lieux de 2004. En effet ce sont des aquifères protégés car « sous couverture », ils ne subissent donc pas les pressions anthropiques de surface. Cependant, ces aquifères peuvent contenir de fortes teneurs en fer et manganèse de part leur caractère captif, mais du fait de la prise en compte du fond géochimique naturel dans l'évaluation de l'état, ils ne sont pas déclassés pour autant.

Les MESO 3002, 3213, 3508 et 4081 sont également restées en bon état depuis l'état des lieux de 2004. Mais la grande majorité des MESO qui étaient classées en bon état en 2004 ne le sont plus avec la méthodologie employée en application de la DCE.

Quant aux masses d'eau du Pays de Caux et du Pays de Bray (MESO 3201, 3202, 3203 et 3301) ainsi que la MESO 3505 située sur le socle du Massif Armoricain, elles apparaissent en bon état alors qu'elles étaient classées en état médiocre en 2004.

D'autre part, les concentrations actuelles des polluants ne reflètent pas les pressions anthropiques réellement appliquées. En effet, du fait des temps de transfert des polluants dans la zone non-saturée et de la dissipation au sein de la masse d'eau, la qualité du milieu souterrain n'a pas encore atteint un niveau stabilisé.

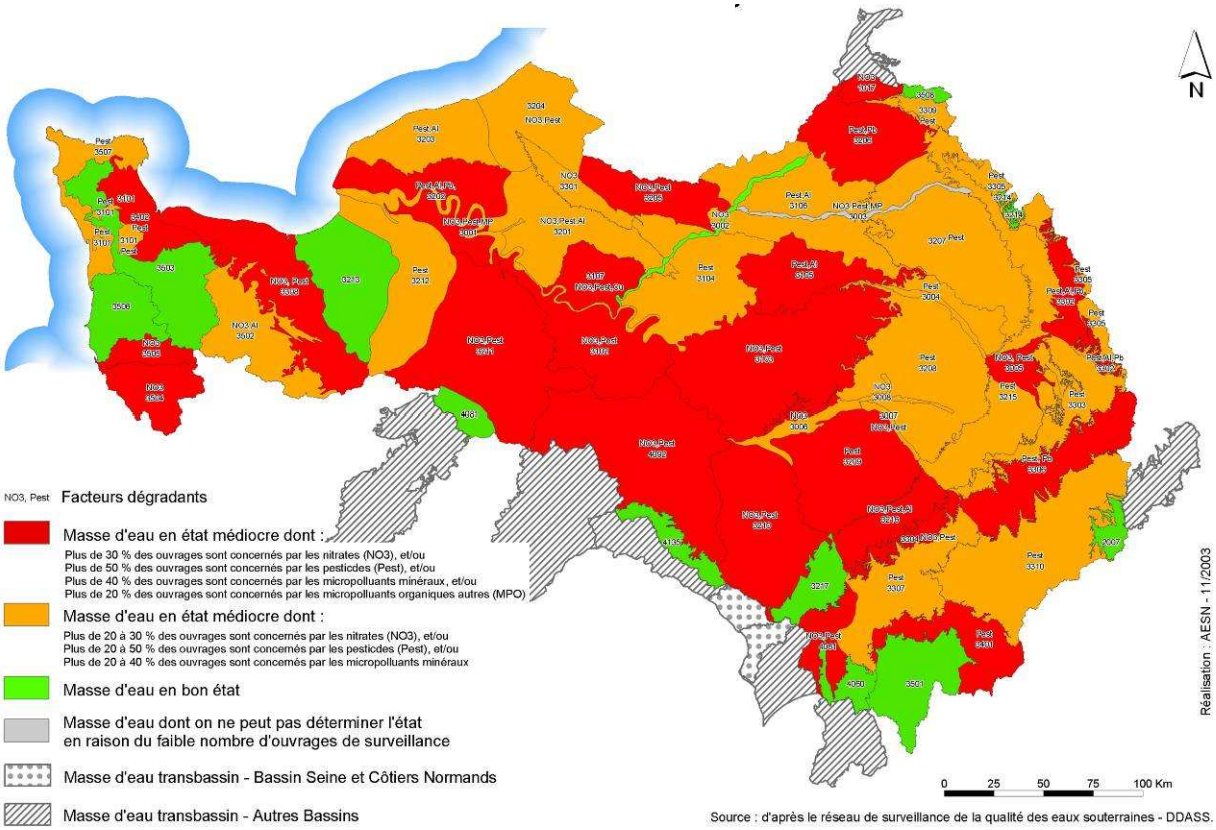


Figure 13 : Synthèse de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie ([7])

CONCLUSION

L'étude réalisée avait pour but d'évaluer l'état chimique des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie, en réponse aux exigences de la DCE.

Celui-ci a été estimé suivant une méthodologie nationale qui a quelquefois été adaptée suite à des décisions prises au niveau du bassin. Celle-ci se base sur des traitements statistiques effectués sur les données qualité concernant les points du RES et des réseaux de surveillance DCE entre 1995 et 2005. Des moyennes interannuelles sont réalisées par point et par paramètre et sont ensuite comparées à des valeurs seuils de bon état.

La méthodologie est ensuite complétée par une série de critères à vérifier correspondant à l'avis d'expert qui doit être émis sur certaines masses d'eau.

Des tableaux récapitulant l'état par point et par masse d'eau pour chaque paramètre ou groupe de paramètres ainsi que l'état global des masses d'eau tous paramètres confondus ont été produits, ceux-ci s'accompagnant de cartes.

Les différents résultats obtenus serviront à alimenter la synthèse de la qualité des eaux souterraines sur le RES entre 1997 et 2006 ainsi que la caractérisation détaillée des masses d'eau souterraine demandée par la DCE.

La présente étude fournira également des éléments à la rédaction du SDAGE, en partie élaboré par l'AESN, qui sera validé fin novembre 2007 par le Comité de bassin et présenté aux Commissions géographiques en 2008.

L'état chimique des masses d'eau n'est en effet que provisoire, l'avis d'expert nécessite des compléments d'informations demandés dans l'enquête appropriée et qui seront apportés lors des consultations locales.

L'étude réalisée amène également de nombreuses perspectives : la poursuite de l'évaluation du fond géochimique afin de prendre en compte de nouvelles valeurs seuils de bon état, la sectorisation des masses d'eau sur SIG en appliquant la méthode du BRGM déjà utilisée pour constituer le réseau de surveillance (afin d'évaluer la proportion dégradée de la masse d'eau prévue dans la méthodologie nationale) et l'identification des tendances d'évolution de la qualité demandée par la DCE.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

TEXTES REGLEMENTAIRES

[1] *Décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles* (Journal Officiel du 22/12/2001)

[2] Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de l'Eau, *Circulaire DCE 2003/03 du 25 juin 2003 relative à l'élaboration des documents de l'état des lieux en application des articles 5 et 6 de la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 du Parlement et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau* (Bulletin Officiel)

[3] Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de l'Eau, *Circulaire DCE 2005/12 du 28 juillet 2005 relative à la définition du « bon état » et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau, plans d'eau), en application de la directive européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000, ainsi qu'à la démarche à adopter pendant la phase transitoire (2005-2007)* (Bulletin Officiel)

[4] Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de l'Eau, *Circulaire DCE 2006/18 du 21 décembre 2006 relative à la définition du « bon état » pour les eaux souterraines, en application de la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 du Parlement et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, ainsi qu'à la définition de valeurs-seuils provisoires applicables pendant la phase transitoire* (Bulletin Officiel)

[5] Parlement européen et Conseil, *Directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau* (Journal Officiel n° L 327 du 22/12/2000)

[6] Parlement européen et Conseil, *Directive 2006/118/CE du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration* (Journal Officiel n° L 372 du 27/12/2006)

OUVRAGES

[7] Agence de l'Eau Seine-Normandie, *Etat des lieux du Bassin Seine et cours d'eau côtiers normands* (décembre 2004), Adopté par le Comité de Bassin Seine-Normandie le 1er décembre 2004, 171 p.

[8] Agence de l'Eau Seine-Normandie, *Réseau Eaux Souterraines - Suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie, synthèse 1997-2001* (mai 2003), 150 p.

[9] Bureau de Recherches Géologiques et Minières, *Qualité naturelle des eaux souterraines : méthodes de caractérisation des états de référence des aquifères français* (2006), BRGM éditions, 238 p.

SITES INTERNET

Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) : http://www.ades.eaufrance.fr/

Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN) : http://www.eau-seine-normandie.fr/

Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (Sandre) : http://sandre.eaufrance.fr/

INDEX DES ANNEXES

Annexe 1 : Liste des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie 40

Annexe 2 : Logigramme de la Circulaire « Bon Etat » des eaux souterraines..... 41

Annexe 3 : Annexe IV de la Circulaire DCE 2006/18 du 21 décembre 2006 de la Direction de l'Eau du MEDAD, relative à la définition du " bon état " pour les eaux souterraines..... 42

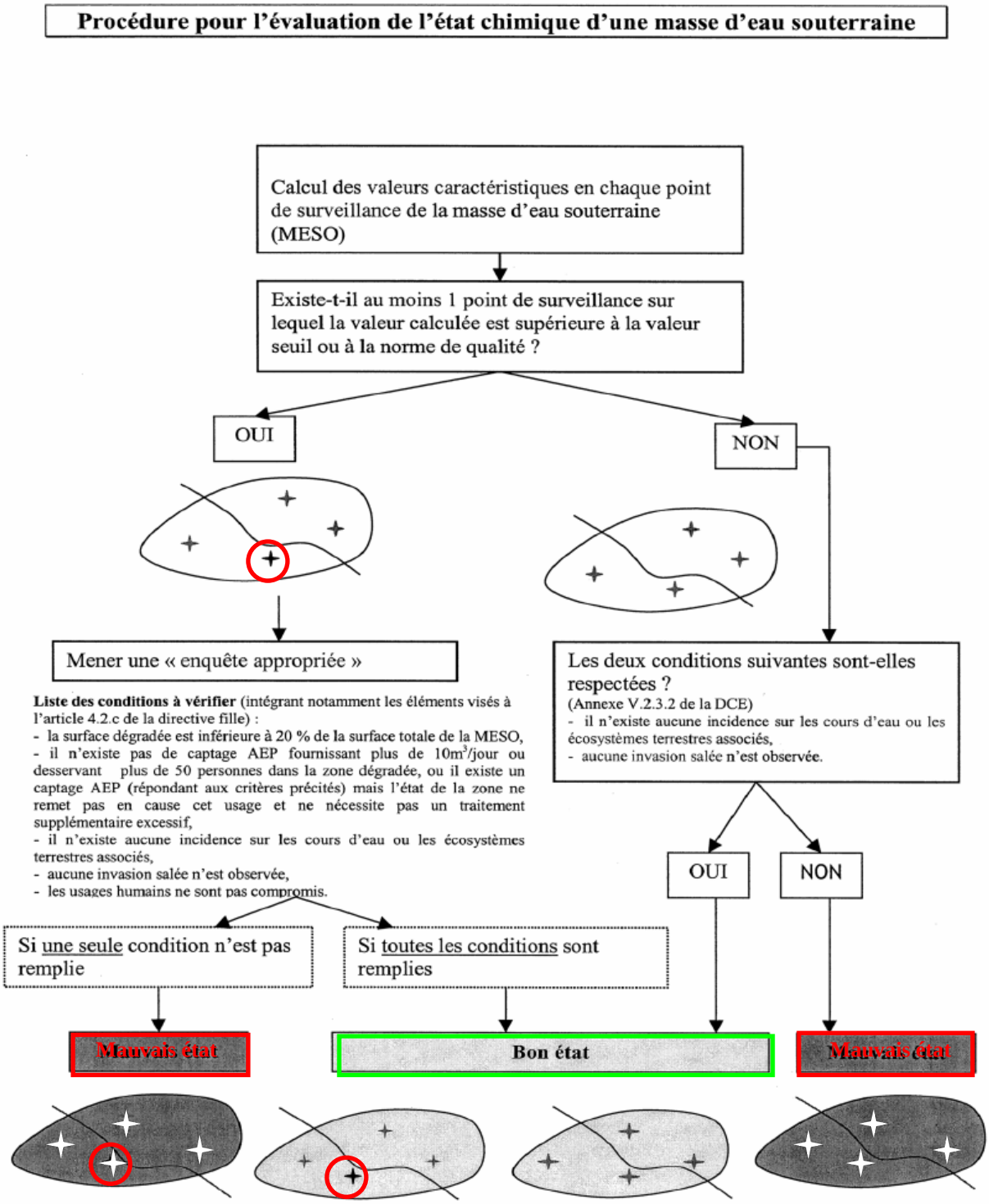
Annexe 4 : Liste des paramètres analysés accompagnés des valeurs seuils de bon état..... 43

Annexe 5 : Tableaux de résultats 50

ANNEXE 1 : Liste des masses d'eau souterraine du bassin Seine-Normandie

N° masse d'eau souterraine	Nom masse d'eau souterraine	Superficie (en km²)
1012	CRAIE DE LA MOYENNE VALLEE DE LA SOMME	1463
1017	BORDURE DU HAINAUT	885
2007	PLATEAU LORRAIN VERSANT MEUSE	1256
3001	ALLUVIONS DE LA SEINE MOYENNE ET AVALE	715
3002	ALLUVIONS DE L'OISE	276
3003	ALLUVIONS DE L'AISNE	232
3004	ALLUVIONS DE LA MARNE	191
3005	ALLUVIONS DU PERTHOIS	507
3006	ALLUVIONS DE LA BASSEE	400
3007	ALLUVIONS DE LA SEINE AMONT	111
3008	ALLUVIONS DE L'AUBE	122
3101	ISTHME DU COTENTIN	250
3102	TERTIAIRE DU MANTOIS A L'HUREPOIX	2423
3103	TERTIAIRE - CHAMPIGNY - EN BRIE ET SOISSONNAIS	5164
3104	EOCENE DU VALOIS	2963
3105	EOCENE DU BASSIN VERSANT DE L'OURCQ	1635
3106	LUTETIEN - YPRESIEN DU SOISSONNAIS-LAONNOIS	3424
3107	EOCENE ET CRAIE DU VEXIN FRANCAIS	1044
3201	CRAIE DU VEXIN NORMAND ET PICARD	2441
3202	CRAIE ALTEREE DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE	2588
3203	CRAIE ALTEREE DU LITTORAL CAUCHOIS	1712
3204	CRAIE DES BASSINS VERSANTS DE L'EAULNE, BETHUNE, VARENNE, BRESLE ET YERRES	2117
3205	CRAIE PICARDE	2543
3206	CRAIE DE THIERACHE-LAONNOIS-PORCIEN	3344
3207	CRAIE DE CHAMPAGNE NORD	4676
3208	CRAIE DE CHAMPAGNE SUD ET CENTRE	5935
3209	CRAIE DU SENONAIS ET PAYS D'OTHE	4332
3210	CRAIE DU GATINAIS	3628
3211	CRAIE ALTEREE DU NEUBOURG / ITON / PLAINE DE SAINT ANDRE	4607
3212	CRAIE DU LIEUVIN-OUCHE - Bassin versant de la Risle	2440
3213	CRAIE ET MARNES DU LIEUVIN-OUCHE/PAYS D'AUGE - Bassin versant de la Toucques	2198
3214	ALBIEN-NEOCOMIEN LIBRE entre Ornain et limite de district	1702
3215	ALBIEN-NEOCOMIEN LIBRE entre Seine et Ornain	2366
3216	ALBIEN-NEOCOMIEN LIBRE entre Yonne et Seine	1049
3217	ALBIEN-NEOCOMIEN LIBRE entre Loire et Yonne	1152
3218	ALBIEN-NEOCOMIEN CAPTIF	61021
3301	PAYS DE BRAY	640
3302	CALCAIRES TITHONIEN KARSTIQUE entre Ornain et limite du district	1738
3303	CALCAIRES TITHONIEN KARSTIQUE entre Seine et Ornain	3759
3304	CALCAIRES TITHONIEN KARSTIQUE entre Yonne et Seine	2156
3305	CALCAIRES KIMMERIDGIEN-OXFORDIEN KARSTIQUE Nord-Est du District (entre Ornain et limite de district)	3563
3306	CALCAIRES KIMMERIDGIEN-OXFORDIEN KARSTIQUE entre Seine et Ornain	5704
3307	CALCAIRES KIMMERIDGIEN-OXFORDIEN KARSTIQUE entre Yonne et Seine	3647
3308	BATHONIEN-BAJOCIEN DE LA PLAINE DE CAEN ET DU BESSIN	6565
3309	CALCAIRES DOGGER entre le Thon et limite de District	490
3310	CALCAIRES DOGGER entre Armançon et limite de district	15269
3401	MARNES ET CALCAIRES DE LA BORDURE LIAS TRIAS DE L'EST DU MORVAN	1424
3402	TRIAS DU COTENTIN EST ET BESSIN	1214
3501	SOCLE DU MORVAN	1704
3502	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SEULLES ET DE L'ORNE	1973
3503	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA DOUVE ET DE LA VIRE	2137
3504	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SELUNE	1124
3505	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SEE	198
3506	SOCLE DU BASSIN VERSANT DE LA SIENNE	1135
3507	SOCLE DU BASSIN VERSANT DES COURS D'EAU COTIERS	1138
3508	SOCLE ARDENNAIS DU BASSIN VERSANT DE L'OISE	153
4018	MAYENNE	4333
4060	GRES, ARGILES ET MARNES DU TRIAS ET LIAS DU BAZOIS	1525
4061	CALCAIRES ET MARNES DU DOGGER JURASSIQUE SUPERIEUR DU NIVERNAIS NORD	2215
4081	SABLES ET GRES DU CENOMANIEN SARTHOIS	3516
4092	CALCAIRES TERTIAIRES LIBRES ET CRAIE SENONIENNE DE BEAUCE	8216
4135	CALCAIRES TERTIARES CAPTIFS DE BEAUCE SOUS FORET D'ORLEANS	1520

<u>ANNEXE 2 :</u> Logigramme de la Circulaire « Bon Etat » des eaux souterraines



<u>ANNEXE 3 :</u> Annexe IV de la Circulaire DCE 2006/18 du 21 décembre 2006 de la Direction de l'Eau du MEDAD, relative à la définition du " bon état " pour les eaux souterraines

1. Normes de qualité impératives conformément aux termes de la directive fille sur la protection des eaux souterraines du 12 décembre 2006

PARAMÈTRES	CODES SANDRE	NORMES DE QUALITÉ VISÉES DANS LA DIRECTIVE FILLE
Nitrates	1340	50 mg/l
Pesticides		0,1 µg/l
Total pesticides		0,5 µg/l

2. Valeurs seuils provisoires retenues au niveau national pour la définition de l'état chimique des eaux souterraines

PARAMÈTRES	CODES SANDRE	VALEURS SEUILS PROVISOIRES RETENUES AU NIVEAU NATIONAL
Paramètres visés dans la directive fille		
Arsenic	1369	10 µg/l (*)
Cadmium	1388	5 µg/l
Plomb	1382	10 µg/l (**)
Mercure	1387	1 µg/l
Trichloréthylène	1977	10 µg/l
Tétrachloréthylène	1272	10 µg/l
Ammonium	1335	0,5 mg/l (*)

(*) Valeur seuil applicable uniquement aux aquifères non influencés pour ce paramètre par le contexte géologique.
(**) Dans le cas d'un aquifère en lien avec les eaux de surface et qui les alimente de façon significative, prendre comme valeur seuil celle retenue pour les eaux douces de surface (circulaire du 28 juillet 2005) en tenant compte éventuellement des facteurs de dilution et d'atténuation.

3. Valeurs seuils devant être définies au niveau local : prise en compte du contexte géologique (fond géochimique) ou de l'influence marine

PARAMÈTRES	CODES SANDRE	VALEURS SEUILS
Paramètres visés dans la directive fille		
Arsenic	1369	A définir localement pour les nappes dont le contexte géologique influence ce paramètre
Ammonium	1335	A définir localement pour les nappes dont le contexte géologique influence ce paramètre
Sulfates	1338	A définir localement pour les nappes sous influence marine ou sous influence d'évaporites
Chlorures	1337	A définir localement pour les nappes sous influence marine ou sous influence d'évaporites
Conductivité	1303	A définir localement pour les nappes sous influence marine ou sous influence d'évaporites

<u>ANNEXE 4 :</u> Liste des paramètres analysés accompagnés des valeurs seuils de bon état

Normes de qualité des eaux souterraines fixées dans la Directive fille			Valeurs seuils provisoires visées dans la Circulaire "Bon Etat" des eaux souterraines			
Normes de Qualité Environnementale (Circulaire "Bon Etat" des eaux douces de surface)			Normes AEP			
Famille	**Code paramètre**	**Libellé paramètre**	**Valeurs seuils**		**Valeurs seuils spécifiques retenues en fonction du fond géochimique**	**Unité**
			Alluviales	**Non alluviales**		
BTEX	1114	Benzène	1			µg/L
	1278	Toluène				
	1497	Ethylbenzène				
	1509	Mésitylène				
	1541	Styrène				
	1780	Xylène				
HAP	1082	Benzo(a)anthracène				
	1115	Benzo(a)pyrène	0,01			µg/L
	1116	Benzo(b)fluoranthène				
	1117	Benzo(k)fluoranthène				
	1118	Benzo(g,h,i)pérylène				
	1191	Fluoranthène				
	1204	Indéno (123cd) pyrène				
	1453	Acénaphtène				
	1458	Anthracène				
	1460	Benzo(e)pyrène				
	1476	Chrysène				
	1517	Naphtalène				
	1524	Phénanthrène				
	1537	Pyrène				
	1618	Méthyl-2-Naphtalène				
	1619	Méthyl-2-Fluoranthène				
	1622	Acénaphtylène				
	1623	Fluorène				
	1732	Benzo(a)fluorène				
	1733	Benzo(j)fluoranthène				
	1838	Benzo(b)chrysène				
	2033	HAP somme(4)	0,1			µg/L
Métaux	1362	Bore	1000	1000		µg/L
	1368	Argent	10	10		µg/L
	1369	Arsenic	10	10	MESO 4060 : 16	µg/L
	1370	Aluminium	200	200		µg/L
	1376	Antimoine	5	5		µg/L
	1382	Plomb	7,2	10	MESO 4060 : 27	µg/L
	1383	Zinc	5000	5000		µg/L
	1385	Sélénium	10	10	MESO 3103 : 28 MESO 3106 : 18 MESO 3207 : 12 MESO 3208 : 13 MESO 4092 : 15	µg/L
	1386	Nickel	20	20		µg/L
	1387	Mercure	1	1		µg/L
	1388	Cadmium	5	5		µg/L
	1389	Chrome	50	50		µg/L
	1390	Cyanures totaux	50	50		µg/L

	1392	Cuivre	1000	1000		µg/L
	1393	Fer	200	200	MESO 3218 : 8000 MESO 3308 sur points captifs uniquement : 252 MESO 4135 : 560	µg/L
	1394	Manganèse	50	50	MESO 3218 : 92 MESO 4135 : 55	µg/L
	1396	Baryum	700	700		µg/L
OHV	1122	Bromoforme				
	1135	Chloroforme				
	1158	Dibromomonochlorométhane				
	1160	Dichloroéthane 11				
	1161	Dichloroéthane 12	3			µg/L
	1162	Dichloroéthène 11				
	1163	Dichloréthène 12				
	1167	Dichloromonobromométhane				
	1168	Dichlorométhane				
	1196	Fréon 113				
	1270	Tétrachloréthane-1,1,1,2				
	1271	Tétrachloréthane-1,1,2,2				
	1272	Tétrachloréthène	10			µg/L
	1276	Tétrachl.Carbone				
	1284	Trichloréthane-1,1,1				
	1285	Trichloréthane-1,1,2				
	1286	Trichloréthylène	10			µg/L
	1456	Dichloroéthylène-1,2 cis				
	1621	Dibenzo(a,h)anthracène				
	1727	Dichloroéthène-1,2 trans				
	1753	Chlorure de vinyle	0,5			µg/L
	1754	Dioxyde de chlore				
	1755	Chlore combiné				
		Somme (Trichloréthylène + Tétrachloréthène)	10			µg/L
Physico-Chimie	1304	Conductivité à 20℃	2500			µS/cm
	1335	Ammonium	0,5		MESO 3218 : 1,7	mg/L
	1337	Chlorures	250			mg/L
	1338	Sulfates	250			mg/L
	1340	Nitrates	50			mg/L
	1350	Phosphore Total	0,2	5		mg/L
PCB	1089	PCB126	Chaque : 0,1 Total : 0,5			µg/L
	1090	PCB169				µg/L
	1091	PCB77				
	1239	PCB 28				
	1240	PCB 35				
	1241	PCB 52				
	1242	PCB 101				
	1243	PCB 118				
	1244	PCB 138				
	1245	PCB 153				
	1246	PCB 180				
	1249	PCBs A1242				
	1250	PCBs A1254				
	1251	PCBs A1260				
	1624	PCB 209				
	1625	PCB 194				

	1626	PCB 170			
	1627	PCB 105			
	1628	PCB 44			
	1730	PCBs A1232			
	1731	PCBs A1248			
	1884	PCB 128			
	1885	PCB 149			
	1886	PCB 31			
	2031	PCB 37			
	2032	PCB 156			
	2048	Polychlorobiphényle 54			
	2943	PCB 125			
	3024	PCB 205			
	3025	PCB 207			
Pesticides	1083	Chlorpyriphos-éthyl	Chaque : 0,1		µg/L
	1092	Prosulfocarbe	Total : 0,5		µg/L
	1093	Thiodicarbe			
	1094	Lambda-cyhalothrine			
	1101	Alachlore			
	1102	Aldicarbe			
	1103	Aldrine			
	1104	Amétryne			
	1105	Aminotriazole			
	1107	Atrazine			
	1108	Atrazine déséthyl			
	1109	Atrazine déisopropyl			
	1110	Azinphos éthyl			
	1111	Azinphos méthyl			
	1112	Benfluraline			
	1113	Bentazone			
	1119	Bifénox			
	1123	Bromophos éthyl			
	1124	Bromophos Méthyl			
	1125	Bromoxynil			
	1128	Captane			
	1129	Carbendazime			
	1130	Carbofuran			
	1131	Carbophénothion			
	1132	Chlordane			
	1133	Chloridazone			
	1136	Chlortoluron			
	1137	Cyanazine			
	1139	Cymoxanil			
	1140	Cyperméthrine			
	1141	2,4-D			
	1142	2,4-DB			
	1143	DDD 24'			
	1144	DDD 44'			
	1145	DDE 24'			
	1146	DDE 44'			
	1147	DDT 24'			
	1148	DDT 44'			
	1155	Desmétryne			
	1156	Diallate			
	1157	Diazinon			
	1169	Dichlorprop			
	1170	Dichlorvos			
	1171	Diclofop méthyl			

	1172	Dicofol			
	1173	Dieldrine			
	1175	Diméthoate			
	1176	Dinoterbe			
	1177	Diuron			
	1178	Endosulfan A			
	1179	Endosulfan B			
	1181	Endrine			
	1183	Ethion			
	1184	Ethofumésate			
	1185	Fénarimol			
	1187	Fénitrothion			
	1189	Fenpropimorphe			
	1190	Fenthion			
	1192	Folpel			
	1194	Flusilazole			
	1197	Heptachlore			
	1198	Heptachlore époxyde			
	1199	Hexachlorobenzène			
	1200	HCH alpha			
	1201	HCH bêta			
	1202	HCH delta			
	1203	HCH gamma			
	1205	Ioxynil			
	1206	Iprodione			
	1207	Isodrine			
	1208	Isoproturon			
	1209	Linuron			
	1210	Malathion			
	1212	2,4-MCPA			
	1213	2,4-MCPB			
	1214	Mécoprop			
	1215	Métamitrone			
	1216	Méthabenzthiazuron			
	1218	Méthomyl			
	1221	Métolachlore			
	1222	Métoxuron			
	1224	Méthoxychlore pp'			
	1225	Métribuzine			
	1226	Mévinphos			
	1227	Monolinuron			
	1228	Monuron			
	1231	Oxydéméton-méthyl			
	1232	Parathion éthyl			
	1233	Parathion méthyl			
	1234	Pendiméthaline			
	1235	Pentachlorophénol			
	1236	Phenmédiphame			
	1237	Phosalone			
	1238	Phosphamidon			
	1253	Prochloraz			
	1254	Prométryne			
	1255	Propargite			
	1256	Propazine			
	1257	Propiconazole			
	1258	Pyrazophos			
	1259	Pyridate			
	1260	Pyrimiphos-éthyl			

	1261	Pyrimiphos-méthyl			
	1262	Secbuméton			
	1263	Simazine			
	1264	2,4,5-T			
	1266	Terbuméton			
	1268	Terbuthylazine			
	1269	Terbutryne			
	1280	Triadiménol			
	1281	Triallate			
	1288	Triclopyr			
	1289	Trifluraline			
	1291	Vinclozoline			
	1333	Carbétamide			
	1353	Chlorsulfuron			
	1359	Cyprodinil			
	1360	Dichlofluanide			
	1402	Diéthofencarbe			
	1403	Diméthomorphe			
	1405	Hexaconazole			
	1407	Bénomyl			
	1432	Pyriméthanil			
	1463	Carbaryl			
	1464	Chlorfenvinphos			
	1473	Chlorothalonil			
	1474	Chlorprophame			
	1480	Dicamba			
	1487	Dichloropropène-1,3			
	1488	Diflubenzuron			
	1490	Dinitrocrésol			
	1491	Dinosèbe			
	1492	Disulfoton			
	1503	Flutriafol			
	1506	Glyphosate			
	1510	Mercaptodiméthur			
	1513	Dibromométhane			
	1515	Métobromuron			
	1519	Napropamide			
	1520	Néburon			
	1523	Perméthrine			
	1525	Phorate			
	1526	Glufosinate			
	1528	Pirimicarbe			
	1532	Propanil			
	1533	Propétamphos			
	1534	Prophame			
	1538	Quintozène			
	1540	Chlorpyriphos-méthyl			
	1542	Tébuthiuron			
	1544	Triadiméfone			
	1652	Hexachlorobutadiène			
	1654	Dichloropropane-1,3			
	1655	Dichloropropane-1,2			
	1660	Tetraconazole			
	1661	Tébutame			
	1662	Sulcotrione			
	1664	Procymidone			
	1666	Oxadixyl			
	1667	Oxadiazon			

	1668	Oryzalin			
	1669	Norflurazone			
	1670	Métazachlore			
	1675	Flurochloridone			
	1679	Dichlobenil			
	1680	Cyproconazole			
	1683	Chloroxuron			
	1686	Bromacil			
	1687	Benalaxyl			
	1688	Aclonifène			
	1694	Tébuconazole			
	1695	Imazaméthabenz			
	1699	Diquat			
	1700	Fenpropidine			
	1708	Piclorame			
	1711	Prométone			
	1712	Propachlore			
	1715	Thiofanox			
	1717	Thiophanate-méthyl			
	1742	Endosulfan sulfate			
	1744	Epoxiconazole			
	1756	Chlordane alpha			
	1763	Ethidimuron			
	1765	Fluroxypyr			
	1796	Métaldéhyde			
	1797	Metsulfuron méthyle			
	1806	Aldicarbe sulfoxyde			
	1807	Aldicarbe sulfone			
	1810	Clopyralide			
	1813	Chlorthiamide			
	1814	Diflufenicanil			
	1833	Haloxyfop-éthoxyéthyl			
	1860	Bromuconazole			
	1870	Dimefuron			
	1877	Imidaclopride			
	1883	Nuarimol			
	1888	Pentachlorobenzène			
	1891	Quinalphos			
	1893	Siduron			
	1903	Acétochlore			
	1905	Difénoconazole			
	1907	AMPA			
	1909	Haloxyfop-méthyl (R)			
	1911	Imazamethabenz-methyl			
	1912	Métosulame			
	1914	Triasulfuron			
	1939	Flazasulfuron			
	1942	Ioxynil octanoate			
	1951	Azoxystrobine			
	2008	Flurtamone			
	2011	2,6-Dichlorobenzamide			
	2013	Anthraquinone			
	2017	Clomazone			
	2045	Terbuthylazine désethyl			
	2046	HCH epsilon			
	2047	Haloxyfop			
	2051	Déséthyl-terbuméthon			
	2064	Tribenuron-Methyle			

	2737	Desmethylnorflurazon			
	2745	MCPA-1-butyl ester			
	2746	MCPA-2-ethylhexyl ester			
	2747	MCPA-butoxyethyl ester			
	2748	MCPA-ethyl-ester			
	2749	MCPA-methyl-ester			
	2750	Mecoprop-1-octyl ester			
	2751	Mecoprop-2,4,4-trimethylp			
	2752	Mecoprop-2-butoxyethyl			
	2753	Mecoprop-2-ethylhexyl est			
	2754	Mecoprop-2-octyl ester			
	2755	Mecoprop-methyl ester			
	2870	Mecoprop-n iso-butyl este			
	2871	Ioxynil methyl ether			

ANNEXE 5 : Tableaux de résultats

Code BSS	MESO	X L2E AESN	Y L2E AESN	DCE	RES	CS	CO	Code parametre	Libelle parametre	Valeur seuil alluviale	Valeur seuil non-alluviale	Classe de concentration	Minimum Moyennes Annuelles	Maximum Moyennes Annuelles	Moyenne Interannuelle	Nb années de suivi
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1362	Bore	1000	1000	1	12,5	28,33	23,19444444	6
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1368	Argent	10	10	1	5	5,00	5	1
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1369	Arsenic	10	10	1	0,5	2,50	1,166666667	5
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1370	Aluminium	200	200	1	0,005	30,50	6,479166667	6
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1376	Antimoine	5	5	1	1	1,50	1,25	2
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1382	Plomb	7,2	10	1	0,5	5,00	2,35	5
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1383	Zinc	5000	5000	1	0,0075	122,50	30,6215	5
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1385	Sélénium	10	10	1	0,5	2,50	1,566666667	5
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1386	Nickel	20	20	1	0,5	4,50	2,888888889	3
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1387	Mercure	1	1	1	0,01	0,50	0,216666667	5
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1388	Cadmium	5	5	1	0,15	0,50	0,43	5
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1389	Chrome	50	50	1	0,5	5,00	1,8125	4
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1390	Cyanures totaux	50	50	1	0,005	5,00	2,669	5
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1392	Cuivre	1000	1000	1	0,001	1,25	0,3572	5
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1393	Fer	200	200	1	7,5	200,00	37,01851852	9
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1394	Manganèse	50	50	1	5	5,00	5	7
00617X0038/F	1012	575579	2520669		O			1396	Baryum	700	700	1	0,03	21,50	7,19	3
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1362	Bore	1000	1000	1	11,5	30,00	18,33333333	6
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1368	Argent	10	10	1	5	5,00	5	1
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1369	Arsenic	10	10	1	0,5	2,50	1,041666667	4
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1370	Aluminium	200	200	1	5	184,25	64,75	3
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1376	Antimoine	5	5	1	1	1,50	1,25	2
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1382	Plomb	7,2	10	1	0,5	0,75	0,583333333	3
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1383	Zinc	5000	5000	1	0,005	5,00	3,335	3
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1385	Sélénium	10	10	1	0,5	2,50	1,166666667	4
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1386	Nickel	20	20	1	0,5	3,00	2	3
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1387	Mercure	1	1	1	0,01	0,50	0,255	4
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1388	Cadmium	5	5	1	0,175	0,50	0,391666667	3
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1389	Chrome	50	50	1	0,5	5,00	1,8125	4
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1390	Cyanures totaux	50	50	1	0,005	5,00	2,003	5
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1392	Cuivre	1000	1000	1	0,0035	1,25	0,5845	3
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1393	Fer	200	200	1	8	75,50	25,625	8
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1394	Manganèse	50	50	1	5	5,00	5	6
00801X0009/PC	1012	592761	2518869		O			1396	Baryum	700	700	1	44	44,00	44	1
00504X0112/F4	1017	713975,81	2555521		O			1362	Bore	1000	1000	1	5	25,00	10,5	6

Tableau I : Moyennes interannuelles par point pour les métaux

CODE_BSS	MESO	X L2E AESN	Y L2E AESN	DCE	RES	CS	CO	Parametres	Bon_Etat	Parametres declassants	Commentaire
03691X0031/FAEPE4	4060	683750	2254720		O			Métaux	9	Arsenic	
03693X0005/SAEP	4060	700230	2259360		O			Métaux	1		Fond géochimique naturel (Pb - 27 µg/L : origine Galène)
03694X0011/PAEP	4060	696870	2250320		O			Métaux	1		Fond géochimique naturel (As - 16 µg/L)
03703X0003/S1	4061	690269,97	2305974,99		O			Métaux	1		
03711X0001/AEP	4061	695970	2302990		O			Métaux	1		
03713X0024/SAEP4	4061	663610	2282900		O			Métaux	9	Nickel	
03725X0003/SAEPBU	4061	690110	2295070		O			Métaux	1		
03726X0045/SAEP	4061	668600	2274260		O			Métaux	1		
03727X0068/F2F0	4061	687850	2272950		O			Métaux	9	Nickel	
04004X0147/FAEP	4061	674520	2264930		O			Métaux	1		
04013X0011/FORAGE	4061	687230	2262470		O			Métaux	1		
04017X0001/SOURCE	4081	472678,28	2399441,25		O			Métaux	1		Fond géochimique naturel (Fe: 2350 µg/l): captif
04021X0034/SOURCE	4081	504509	2395242		O			Métaux	1		Fond géochimique naturel (Fe: 375 µg/l): captif
04024X0004/PUITS	4081	486826	2390561		O			Métaux	9	Fer	
04024X0082/PUITS	4081	501506	2386392		O			Métaux	1		
04025X0023/AEP	4081	511561	2379337		O			Métaux	1		
04025X0091/ETUDE	4092	603682	2405410		O			Métaux	1		
04028X0046/SOURCE	4092	586596	2392638		O			Métaux	1		
04032X0024/SOURCE	4092	564399,62	2388803,25		O			Métaux	1		
04035X0040/AEP	4092	572098	2388505		O			Métaux	1		
04036X0014/AEP	4092	575763,87	2383544,25		O			Métaux	1		
04038X0004/AEP	4092	580715,02	2385616,02		O			Métaux	1		
04041X0003/SOURCE	4092	611504	2390938		O			Métaux	1		Sélénium d'origine naturelle selon l'étude bibliographique (mesures spécifiques BRGM) ; [Se] = 15 µg/L
04043X0003/SOURCE	4092	589404	2387336		O			Métaux	1		
04051X0001/AEP	4092	597075	2383315		O			Métaux	1		
04057X0007/HY	4092	603010,68	2381016		O			Métaux	1		
04066X0014/AEP	4092	607752,31	2390128,25		O			Métaux	1		
04332X0001/SOURCE	4092	621265,93	2387135,75		O			Métaux	1		
04332X0002/SOURCE	4092	625886,81	2385114,5		O			Métaux	1		

Tableau II : Etat chimique des points pour les métaux