



Bilan national des efforts de surveillance des eaux souterraines à partir d'ADES. Indicateurs d'évaluation de l'état qualitatif et quantitatif des eaux souterraines: exemples de réalisations et recommandations.

Rapport final

Ariane BLUM (BRGM)
Benjamin LOPEZ (BRGM)
Maud GUILBERT (BRGM)
Yves NOEL (BRGM)
Laurence CHERY (BRGM)

Avril 2010

Contexte de programmation et de réalisation

Ce document a été préparé dans le cadre de la convention ONEMA – BRGM 2008-2009 n° 61/08.

Il a bénéficié de la relecture et des remarques du groupe national « DCE eaux souterraines » dont les membres sont ici vivement remerciés.

Les auteurs

Ariane Blum
BRGM - Service EAU
Orléans
a.blum@brgm.fr

Benjamin Lopez
BRGM - Service EAU
Orléans
b.lopez@brgm.fr

Maud Guilbert
BRGM – Service EAU (aujourd'hui Agence de l'eau Seine-Normandie)
Maud.GUILBERT@aesn.fr

Yves Noël
BRGM – Service EAU
Montpellier
y.noel@brgm.fr

Laurence Chery
BRGM - Service EAU
Orléans
l.chery@brgm.fr

Les correspondants

Onema : Janik Michon, DCIE, janik.michon@onema.fr
Référence du document :

Partenaire : Ariane Blum, BRGM, a.blum@brgm.fr
Référence du document : BRGM/RP-57943-FR

Droits d'usage :	<i>Accès libre</i>
Couverture géographique :	<i>National</i>
Niveau géographique	
Niveau de lecture	<i>Professionnels, experts</i>
Nature de la ressource	<i>Document</i>

**Bilan national des efforts de surveillance des eaux souterraines à partir d'ADES.
Indicateurs d'évaluation de l'état qualitatif et quantitatif des eaux souterraines:
exemples de réalisations et recommandations.**

Rapport final

Sommaire

1. INTRODUCTION	9
1.1. CONTEXTE DE L'ETUDE	9
1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE	10
2. PHASE 1 : BILAN NATIONAL DE LA SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES ET DE LA BANCARISATION DES DONNEES	11
2.1. INTRODUCTION. INFORMATIONS SUR LES DONNEES EXPLOITEES.....	11
2.2. RAPPEL DU CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET DE L'HISTORIQUE DE LA SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES.....	12
2.2.1. <i>Le Contexte réglementaire</i>	12
2.2.2. <i>Les réseaux de mesures</i>	14
2.2.3. <i>La bancarisation</i>	18
2.3. INDICATEURS D'EVOLUTIONS DES EFFORTS DE SURVEILLANCE ET DE BANCARISATION POUR LE SUIVI QUANTITATIF	20
2.3.1. <i>Indicateurs relatifs aux piézomètres</i>	21
2.3.2. <i>Indicateurs relatifs aux mesures piézométriques</i>	31
2.3.3. <i>Indicateurs relatifs aux producteurs de données</i>	40
2.3.4. <i>Conclusions sur les indicateurs d'évolution des réseaux de suivi quantitatif</i>	41
2.4. INDICATEURS DES EFFORTS DE SURVEILLANCE ET DE BANCARISATION POUR LE SUIVI QUALITATIF	42
2.4.1. <i>Indicateurs relatifs aux qualitomètres</i>	42
2.4.2. <i>Indicateurs relatifs aux analyses</i>	53
2.4.3. <i>Indicateurs relatifs aux paramètres</i>	62
2.4.4. <i>Indicateurs relatifs aux producteurs de données</i>	71
2.4.5. <i>Conclusions sur les indicateurs d'évolution des réseaux de suivi qualitatif</i>	73
2.5. CONCLUSIONS DE LA PHASE 1 ET PERSPECTIVES	74
3. PHASE 2 : INDICATEURS D'EVALUATION DE L'ETAT QUANTITATIF DES EAUX SOUTERRAINES. EXEMPLES DE REALISATIONS ET RECOMMANDATIONS.....	77
3.1. INTRODUCTION	77
3.2. DESCRIPTION DES INDICATEURS EXISTANTS	77
3.2.1. <i>Le Bulletin de Situation Hydrologique nationale</i>	77
3.2.2. <i>Les indicateurs de bassins et régionaux</i>	81
3.2.3. <i>Les indicateurs européens</i>	83
3.3. REFLEXIONS SUR LES AMELIORATIONS A APPORTER	85
3.4. CONCLUSIONS DE LA PHASE 2 ET PERSPECTIVES	90
4. PHASE 3 : INDICATEURS D'EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES ET DES TENDANCES D'EVOLUTION DES POLLUANTS. EXEMPLES DE REALISATIONS ET RECOMMANDATIONS.....	91
4.1. INTRODUCTION – ÉLÉMENTS DE DEFINITION	91
4.1.1. <i>Qualité de l'eau souterraine</i>	91
4.1.2. <i>Indicateur de la qualité de l'eau souterraine</i>	92
4.1.3. <i>Tendance d'évolution de la qualité de l'eau souterraine</i>	93
4.2. INDICATEURS DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES	93
4.2.1. <i>Méthodologie</i>	93
4.2.2. <i>Les indicateurs recensés</i>	95

4.3.	CONCLUSIONS DE LA PHASE 3 ET PERSPECTIVES	149
4.3.1.	<i>Constitution des réseaux de mesure de la qualité des eaux souterraines</i>	149
4.3.2.	<i>Choix des paramètres à suivre pour décrire la qualité des eaux souterraines</i>	150
4.3.3.	<i>Traitements et analyses des données de qualité des eaux souterraines</i>	151
4.3.4.	<i>Les nouveaux modes de représentation</i>	151
4.3.5.	<i>Perspectives</i>	152
5.	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	153
5.1.	PIEZOMETRIE	153
5.2.	CHIMIE DES EAUX SOUTERRAINES.....	154
5.3.	PERSPECTIVES.....	155
6.	BIBLIOGRAPHIE	157
6.1.	BIBLIOGRAPHIE GENERALE	157
6.2.	TEXTES REGLEMENTAIRES ET GUIDES EUROPEENS.....	158
6.3.	SITES INTERNET	159
7.	ANNEXES.....	160
7.1.	LISTE DES ABREVIATIONS	160
7.2.	LISTE DES FAMILLES DE PARAMETRES ADES	161
7.3.	TABLEAU RECAPITULATIF DES INDICATEURS	164

Index des illustrations

Illustration 1 : a) Evolution du nombre de piézomètres ayant été mesurés au moins une fois dans ADES de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES). B) Evolution du nombre de piézomètres mesurés par année de 1899 à 2008 (vue ADES du 08/04/2009)	21
Illustrations 2 : Evolution de la localisation des piézomètres en France métropolitaine et dans les DOM-TOM (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)	23
Illustration 3 : Evolution du nombre de nouveaux piézomètres suivis par bassin et par année de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)	25
Illustration 4 : Evolution du nombre de nouveaux piézomètres suivis par année dans les DOM de 1970 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)	26
Illustration 5 : Répartition des piézomètres qui appartiennent aux réseaux de surveillance de l'état quantitatif DCE et RNES (extraction ADES le 09/04/2009)	27
Illustration 6 : Répartition du nombre de piézomètres par type de masse d'eau dans le réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE (vue ADES le 08/06/2009). a) tous les piézomètres du réseau DCE, b) les piézomètres du réseau DCE ayant un code « masse d'eau ». c) répartition de la surface cumulée des masses d'eau souterraine par type	29
Illustration 7 : Evolution du nombre cumulé de mesures piézométriques disponibles par année dans ADES de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)	30
Illustration 8 : Evolution du nombre de mesures piézométriques réalisées par année par bassin de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)	32
Illustration 9 : Evolution du nombre de mesures piézométriques réalisées par année dans les DOM-COM (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)	33
Illustration 10 : Evolution du nombre de mesures piézométriques par année et par type de masse d'eau dans les stations du réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE de 1899 à 2008 (vue ADES le 09/04/2009)	34
Illustration 11 : Répartition nationale du nombre de points par nombre d'années de mesures piézométriques de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)	35
Illustration 12 : Répartition par district du nombre d'année de mesures piézométriques disponibles par point pour le réseau de contrôle de surveillance de l'état quantitatif DCE et tableau statistique (vue ADES le 08/04/2009)	36
Illustration 13 : Répartition en France métropolitaine du nombre de points par nombre d'années de mesures piézométriques par bassin de 1899 à 2008 (ensemble des piézométriques de la base ADES le 08/04/2009)	37
Illustration 14 : Répartition du nombre de points par nombre d'années de chroniques piézométriques par DOM-COM de 1970 à 2008 (ensemble piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)	37
Illustration 15 : Répartition du nombre de masses d'eau par nombres d'années de mesures piézométriques disponibles (piézomètres du réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE le 09/04/2009)	38
Illustration 16 : Evolution du nombre de producteurs et du nombre de mesures par type de producteurs par année de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 18/05/2009)	39
Illustration 17 : Producteurs de données piézométriques dans les DOM-COM (ensemble des piézomètres de la base ADES le 18/05/2009)	40
Illustration 18 : Evolution du nombre de qualitomètres mesurés par année de 1942 à 2008 (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 08/06/2009). a) nombre de nouveaux qualitomètres par année, b) nombre cumulé de qualitomètres par année	41
Illustration 19 : Evolution de la localisation des qualitomètres mesurés en France métropolitaine et dans les DOM-COM (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 18/05/2009)	43
Illustration 20 : Evolution du nombre de nouveaux qualitomètres suivis par bassin par année de 1942 à 2008 (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 08/06/2009)	45
Illustration 21 : Evolution du nombre de nouveaux qualitomètres suivis par année dans les DOM-TOM de 1990 à 2008 (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 08/06/2009)	46
Illustration 22 : Répartition des qualitomètres des réseaux de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines : RCS et RNES (RNES Qualité) et statistiques de répartition par bassin hydrographique (vue ADES le 04/06/2009)	47
Illustration 23 : Répartition des qualitomètres des réseaux de surveillance de l'état chimique du RCS et du RCO et statistiques de répartition par district DCE (vue ADES le 04/06/2009)	48
Illustration 24 : Répartition du nombre de qualitomètres par type de masse d'eau dans les réseaux de surveillance de l'état quantitatif DCE ; a) RCS, b) RCO et c) dans l'ensemble des réseaux de la base ADES (vue ADES le 08/06/2009)	50
Illustration 25 : Evolution du nombre d'analyses disponibles (valeurs cumulées) par année de 1900 à 2008 pour l'ensemble des qualitomètres de la base ADES (vue ADES le 24/04/2009)	51
Illustration 26 : Evolution du nombre d'analyses réalisées par année de 1900 à 2008 par bassin (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 24/04/2009)	53
Illustration 27 : Evolution du nombre d'analyses réalisées par année dans les DOM-COM de 1970 à 2008 (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 24/04/2009)	54
Illustration 28 : Répartition du nombre d'analyses par type de masse d'eau dans le réseau de contrôle de surveillance de l'état qualitatif (RCS, vue ADES le 08/06/2009)	55
Illustration 29 : Répartition du nombre d'années d'analyses disponibles au niveau national (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 08/06/2009)	56
Illustration 30 : Répartition du nombre d'années d'analyses disponibles par qualitomètres (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 08/06/2009) avec ou sans les données DDASS	57
Illustration 31 : Répartition du nombre de points par nombre d'années d'analyses par bassin de 1942 à 2008 (ensemble des qualitomètres de la base ADES hors DOM-COM le 08/06/2009)	58
Illustration 32 : Répartition du nombre de points par nombre d'années d'analyses par DOM-COM de 1990 à 2008 (vue ADES le 08/06/2009)	58

Illustration 33 : Evolution du nombre de prélèvements par année dans ADES de 1900 à 2008 (vue ADES le 08/06/2009).....	59
Illustration 34 : Nombre de prélèvements en 2007 pour les points du réseau de contrôle de surveillance RCS (vue ADES le 06/08/2009). Les points sont ceux du RCS mais les analyses prises en compte comprennent la totalité des producteurs de données intervenant sur ces points (agences de l'eau, DDASS, collectivités locales ou autres).....	60
Illustration 35 : Evolution par année depuis 1950 du nombre moyen de paramètres analysés par points du réseau de contrôle de surveillance (RCS) et sur le total des qualimètres dans ADES (vue ADES le 08/06/2009).....	61
Illustration 36 : Répartition du nombre moyen de paramètres analysés par point dans le réseau de contrôle de surveillance d l'état qualitatif (RCS) en 2007 (vue ADES le 08/06/2009).....	63
Illustration 37 : Nombre moyen de paramètres analysés par bassin (ensemble des qualimètres de la base ADES le 08/06/2009)	64
Illustration 38 : Variation du nombre d'analyses, du nombre de paramètres et du nombre de nouveaux paramètres créés dans ADES, par groupe de paramètres et par année de 1942 à 2007 (vue ADES le 08/06/2009).....	65
Illustration 39 : Evolution en France métropolitaine du nombre de paramètres et du nombre d'analyses par groupe de paramètres par année de 1942 à 2007 et par bassin (vue ADES le 08/06/2009).....	68
Illustration 40 : Evolution du nombre d'analyses par groupe de paramètres par année dans les DOM-COM (vue ADES LE 08/06/2009)	69
Illustration 41 : Evolution du nombre d'analyses par année (vue ADES le 08/06/2009). Focus sur les paramètres Nitrate (a), Simazine (b) et Atrazine et ses sous produits de dégradation (c).....	70
Illustration 42 : Evolution du nombre de producteurs avec les données DDASS (a) et sans les données DDASS (b) et du nombre d'analyses par type de producteurs avec les données DDASS (c) et sans les données DDASS (d) par année de 1942 à 2007 (vue ADES le 08/06/2009).....	71
Illustration 43 : Producteurs d'analyses dans les DOM-COM (ensemble des qualimètres de la base ADES)	72
Illustration 44 : Exemple de représentation de l'état des nappes sous forme d'histogrammes.....	76
Illustration 45 : Exemple de carte de situation des nappes dans le cadre du BSH	77
Illustration 46 : Tableau de répartition par région et par bassin des points pris en compte pour le BSH.....	77
Illustration 47 : Indicateur de niveau – Classes fréquentielles	78
Illustration 48 : Exemple de fonction de répartition des niveaux classés par ordre croissant	78
Illustration 49 : Indicateur de tendance	79
Illustration 50 : Indicateur d'état utilisés dans les bulletins de bassin et de région	80
Illustration 51 : Exemple de carte de situation des nappes pour la région Rhône-Alpes	81
Illustration 52 : Exemple de carte éditée dans l'Hydrological Summary for the United Kingdom.....	82
Illustration 53 : Tincques –Nord-Pas-de Calais (nappe de la craie) – Source ADES.....	83
Illustration 54 : Les masses d'eau au niveau national.....	86
Illustration 55 : Exemple de représentation surfacique – Interpolation sur l'ensemble du territoire et masquage des formations de socle et d'aquifères discontinus	87
Illustration 56 : Exemple de grands ensembles : les thèmes définis dans le BDRHF V2	87
Illustration 57 : Proposition de nouvelles classes fréquentielles	88

Bilan national des efforts de surveillance des eaux souterraines à partir d'ADES. Indicateurs d'évaluation de l'état qualitatif et quantitatif des eaux souterraines: exemples de réalisations et recommandations

Rapport final

RESUME

La mise en place du Système d'Information sur l'Eau (SIE) en 2004 et la publication de son référentiel technique fin 2009 (le SNDE, Schéma National des Données sur l'Eau) marquent des étapes importantes pour l'organisation de l'acquisition, de la bancarisation, de la diffusion et de la valorisation des données en France. Dans le domaine des eaux souterraines, la banque de données ADES (mise en place en 2001 et ouverte au public en 2003 via un portail Internet libre et gratuit) y figure comme la banque nationale de référence pour le stockage des données piézométriques et des analyses chimiques. La surveillance des eaux souterraines est pourtant une histoire ancienne (pour la piézométrie en particulier) et, sous l'impulsion de la législation, des changements majeurs sont survenus tout au long des quelques décades de surveillance. La mise en place des agences de l'eau en 1964, la loi sur l'eau de 1992 et la directive cadre sur l'eau de 2000 ont en particulier influencé l'organisation de la surveillance, ses objectifs et ses spécifications techniques (nombre de points, fréquences de prélèvements ou de relevé piézométrique, substances chimiques analysées, etc...). C'est pourquoi, **afin de rendre compte de ces évolutions et de mettre en valeur les efforts mis en œuvre pour améliorer la surveillance des eaux souterraines**, l'ONEMA a demandé au BRGM de réaliser ce bilan à partir des données enregistrées dans ADES. Ce bilan fait l'objet de la phase 1 de l'étude citée en objet (chapitre 2 du rapport ci-joint). Le même exercice a été réalisé pour la chimie des cours d'eau par l'OIE à partir de la BNDE.

La surveillance du niveau des nappes et de leurs caractéristiques chimiques (naturelles ou non) est importante mais insuffisante en soit. A chaque programme de surveillance correspond un objectif, une information particulière. Un programme d'exploitation des données, qu'il soit complexe ou non, est ainsi toujours associé à un réseau de surveillance (comparaison des analyses chimiques à des normes pour l'AEP, exploitation des données piézométriques pour situer le niveau des nappes par rapport à une situation « normale », etc...). L'inventaire des différentes méthodes d'exploitation des données n'était pas l'objet de cette étude. Toutefois, afin **d'alimenter les réflexions nationales sur la valorisation des données du SIE**, l'ONEMA a souhaité que des pistes de réflexion sur l'évolution des indicateurs relatifs au niveau des nappes (en lien avec le BSH) et à leurs niveaux de contamination soient ouvertes. Ce travail a fait l'objet des phases 2 et 3 de l'étude. Pour ce faire, une revue non exhaustive des indicateurs existants et pertinents (à l'étranger en particulier) a été menée. Elle a abouti à l'identification de modes de représentation qui, utilisés à l'étranger, pourraient être exploités en France. Le bulletin de situation hydrologique produit au Royaume-uni par le BGS pour rendre compte du niveau des nappes et le graphe en « radar » publié par l'Observatoire des eaux souterraines de Wallonie pour représenter les pesticides recherchés et quantifiés en sont des exemples. Des recommandations ont également été formulées sur l'amélioration des réseaux de surveillance actuels et sur la nécessité d'acquérir ou de faciliter l'accès à d'autres types de données (données climatiques, pratiques culturelles, etc...).

MOTS CLES (THEMATIQUE ET GEOGRAPHIQUE)

Eaux souterraines, ADES, réseaux de surveillance des eaux souterraines, analyses chimiques, piézométrie, qualité des eaux souterraines, état quantitatif des eaux souterraines, indicateurs.

1. Introduction

1.1. Contexte de l'étude

Il y a 30 ans, la création de la Banque Nationale de Données sur l'Eau (BNDE) marquait un pas important dans la mise en commun des données de surveillance des eaux de surface. Dans le domaine des eaux souterraines, les efforts d'harmonisation nationale de la surveillance comme de la bancarisation sont beaucoup plus tardifs.

La **surveillance** du niveau des nappes est pourtant une histoire ancienne puisque les plus anciennes mesures connues sont celles réalisées dans les forages de l'Albien en 1840 (d'après Roux, 2006). Ainsi, depuis le début du siècle, dans la perspective de gestion des ressources en eau souterraine, certains forages ont fait l'objet de mesures régulières du niveau des nappes. Mais c'est seulement dans les années 50-60 que les premiers réseaux d'observation ont été mis en place (sous l'impulsion des régions et des agences de l'eau).

Dans le domaine de la qualité, les mesures destinées à connaître l'état général des ressources¹ sont beaucoup plus tardives et les premiers réseaux de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines ont vu le jour dans les années 70 dans certaines régions contraintes de faire face à une pollution croissante des nappes par les nitrates (Alsace, Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais, etc...).

Dans les deux domaines (qualité et quantité), la surveillance s'est déclinée à différentes échelles (département, région, bassin) et avec différents objectifs (connaissance générale, usage, impact). Mais c'est seulement en 1999 que la question d'une harmonisation nationale de la surveillance de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines est fondée. Cette année-là, les 6 agences de l'eau signent avec le Ministère en charge de l'Environnement un protocole de surveillance (RNES), véritable cahier des charges commun de suivi des nappes.

Depuis, la publication de la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE (DCE) a renforcé cette nécessité de surveiller l'état quantitatif et chimique des eaux souterraines et d'adopter une stratégie commune à l'échelle nationale (MEDD, 2003 et 2005) mais également européenne (Commission Européenne 2003, 2005). Ce texte a été l'occasion pour l'État d'optimiser les nombreux réseaux existants (en particulier ceux de connaissance générale) et de faire évoluer les stratégies de surveillance des eaux souterraines.

En matière de **bancarisation**, en dehors des données acquises par les DDASS et enregistrées dans la banque nationale SISE-EAU, l'accès aux données sur les eaux souterraines n'a longtemps été possible qu'à la faveur des banques créées par chaque maître d'ouvrage de réseau (banques de bassin, banques régionales, BRGM, etc...). On citera toutefois la création en 1983, par le Ministère en charge de l'Environnement, de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines (ONQES) dont les principaux objectifs étaient de disposer d'un outil d'orientation de la politique nationale, de préservation de la qualité de l'eau et de lutte contre la pollution. En 1998, pour des raisons liées à la validité des données chargées et du fait d'un contenu ne permettant pas d'apprécier l'état général des eaux souterraines (absence de données piézométriques, données acquises pour la gestion de l'eau potable uniquement), l'observatoire est abandonné. Il faut ensuite attendre 2003 et la publication du site Internet de la banque ADES (Accès aux Données des Eaux Souterraines) pour voir naître une base de données nationale comprenant des données de piézométrie comme de qualité des eaux souterraines. La mise à disposition gratuite des données d'ADES via un site internet, son interopérabilité avec d'autres bases et son aspect fédérateur (rassemblement de tous les acteurs publics de l'eau) en ont fait le portail national « eaux souterraines » du Système d'Information sur l'Eau (SIE). A la date de rédaction du rapport, ce sont plus de 5.6 millions de niveaux d'eau et plus de 11.7 millions d'analyses d'eau qui sont consultables en ligne sur ADES (www.ad.es.eaufrance.fr).

¹ Par opposition au contrôle sanitaire réalisé par les DDASS qui constitue la source de données la plus importante dans le domaine de la qualité des eaux souterraines.

Malgré ces évolutions importantes au cours des dernières décennies, aucun **bilan sur les efforts mis en œuvre par les acteurs de l'eau pour surveiller l'état des nappes et partager les données** n'avait encore été réalisé.

C'est pourquoi, dans le cadre de la convention ONEMA – BRGM 2008-2009 n° 61/08, le BRGM a été mandaté par l'ONEMA pour réaliser un bilan national des efforts de surveillance des eaux souterraines et de bancarisation des données. Afin de soutenir une réflexion à moyen terme sur l'évolution des indicateurs de suivi de l'état des eaux, l'ONEMA a également souhaité qu'un bilan (non exhaustif) des indicateurs d'évaluation de l'état qualitatif et quantitatif des nappes soit réalisé et que ce bilan aboutisse à l'élaboration de recommandations.

Le projet a été mené en étroite collaboration avec l'OIEau, chargé par l'ONEMA de la réalisation d'une étude similaire sur la qualité des cours d'eau sur la base d'une exploitation de la Banque Nationale des Données sur l'Eau (BNDE). A travers cette coopération, une attention particulière a été portée à l'harmonisation des indicateurs choisis pour représenter l'évolution des réseaux de surveillance des eaux de surface et des eaux souterraines.

1.2. Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude est double :

- dresser le bilan, à partir de la banque ADES, des **efforts de surveillance** menés depuis plusieurs décennies dans le domaine de la surveillance.
- Etablir un bilan de l'usage des **indicateurs d'état chimique et quantitatif** des eaux souterraines (en lien avec le bulletin de situation hydrologique pour ce dernier point).

Le projet comprend 3 phases qui sont détaillées successivement dans le présent rapport :

- Phase 1 – Bilan de la surveillance et de la bancarisation: il s'agit de mettre en valeur les efforts de surveillance et de bancarisation menés depuis plusieurs décennies par les gestionnaires dans le domaine de l'eau souterraine (quantité et qualité).
- Phase 2 – L'état quantitatif des eaux souterraines: réflexions sur des indicateurs d'état et de tendances d'évolution, pistes de réflexion pour faire évoluer ces indicateurs: propositions méthodologiques pour passer de cartes par point à des cartes d'aplats; application de méthodes géostatistiques....
- Phase 3 – L'état chimique des eaux souterraines: réflexions sur des indicateurs d'état et de tendances d'évolution à partir d'un bilan non exhaustif des indicateurs existants en matière d'évaluation de l'état chimique des nappes et des tendances d'évolution.

2. Phase 1 : bilan national de la surveillance des eaux souterraines et de la bancarisation des données

2.1. Introduction. Informations sur les données exploitées

L'objectif de cette phase 1 est d'une part de retracer l'évolution de la législation en matière de gestion et de surveillance des eaux souterraines et son impact sur l'évolution des réseaux de surveillance et d'autre part de présenter des indicateurs permettant d'apprécier, pour la piézométrie comme pour la qualité, les évolutions en matière de surveillance et de bancarisation : nombre de sites, évolutions des paramètres analysés, nombre d'analyses et de niveaux piézométriques chargés dans ADES, etc. ...

Ce travail a été réalisé en étroite collaboration avec l'OIEau, chargé par l'ONEMA de la réalisation d'une étude similaire consacrée à la qualité des cours d'eau sur la base d'une exploitation de la Banque Nationale des Données sur l'Eau (BNDE). A travers cette coopération, une attention particulière a été portée à l'harmonisation des indicateurs choisis pour représenter l'évolution des réseaux de surveillance des eaux de surface et des eaux souterraines.

L'analyse de l'évolution de la surveillance des eaux souterraines n'a été réalisée **qu'à partir des données enregistrées dans ADES**. Malgré l'exhaustivité de cette dernière, tous les réseaux et les données acquises depuis 100ans n'y figurent pas. Par exemple les données du contrôle sanitaire acquises par les DDASS dont les plus anciennes ne sont pas encore toutes enregistrées dans ADES. Il en est de même de données historiques acquises par des collectivités locales. D'autre part une étude bibliographique aurait permis de compléter ce bilan. Mais celle-ci n'est pas prévue dans la présente étude dont l'objectif principal est de caractériser les données disponibles aujourd'hui dans ADES.

Ces dernières, qui comprennent de nombreux historiques, sont cependant suffisantes pour mettre en évidence l'évolution de la surveillance des eaux souterraines en France et les indicateurs produits dans ce rapport peuvent être considérés comme représentatifs.

Les données considérées sont à la fois des analyses chimiques mais également des niveaux d'eau. Ces dernières comprennent non seulement des niveaux piézométriques mais également des mesures du débit des sources (mesures issues de la banque HYDRO).

Au delà de l'appréciation de l'évolution de la surveillance des eaux souterraines en France, le lecteur pourra considérer ce document comme un état des lieux des données enregistrées dans ADES aujourd'hui.

Les indicateurs présentés dans ce rapport ont été établis à partir de **données extraites d'ADES en avril 2009 pour les aspects quantitatifs et début juin 2009 pour les aspects qualitatifs**. A ces dates, le chargement des données acquises en 2008 n'était pas complet pour tous les secteurs et pour tous les producteurs (y compris pour des données acquises dans le cadre du contrôle de surveillance de la DCE) si bien qu'il n'était pas possible de faire un état représentatif des données à fin 2008. Certains indicateurs (cartes et courbes d'évolution) offrent donc une vue de la situation à fin 2007, première année de fonctionnement des réseaux de surveillance de l'état chimique et de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine au titre de la DCE.

Dans certains cas, dans le souci de montrer des statistiques récentes, l'indicateur présente une situation à la date d'extraction des données. Dans tous les cas, pour chaque illustration, la date correspondant aux données utilisées et la date d'extraction sont rappelées.

Dans les prochaines versions d'ADES, pour certains réseaux, comme ceux qui sont mis en place pour les rapportages européens, des règles de périodicités minimales de mise à jour seront précisées et exigées pour faciliter une cohérence nationale des indicateurs.

Enfin, il est important de souligner que les statistiques présentées dans ce rapport ont été réalisées à partir des données chargées sur le « site producteurs » de la banque ADES. Ce dernier site est plus riche que le site public et met notamment à disposition les premières données d'autosurveillance des Installations Classées pour l'Environnement acquises par les industriels.

Aux dates d'extraction des données, seulement 43% des qualitomètres (ouvrage ou source sur le(la)quel(le) des analyses chimiques sont réalisées) disposaient d'une **information sur le code de la masse d'eau et de l'aquifère captés** (cf. §4.1). Pour les piézomètres, ce chiffre s'élève à 84%.

D'autre part, y compris dans les cas où l'aquifère et la masse d'eau sont renseignés, d'autres informations pourtant essentielles à l'interprétation des données, comme le mode de gisement du point (libre, captif, semi-captif), son usage ou encore sa nature (forage, source, etc...), ne sont que très rarement connus dans ADES. A titre d'exemple sur les 1750 points du réseau de contrôle de surveillance (RCS) mis en place au titre de la DCE, seulement 410 disposent d'une information sur le mode de gisement du point.

C'est pourquoi, afin de ne pas produire d'indicateurs biaisés, ces informations ne sont pas exploitées dans cette étude. Il est en particulier regrettable que les points captant des nappes libres et ceux captant des nappes captives ne soient pas différenciés.

Les évolutions de la banque ADES prévues en 2010 permettront cependant d'améliorer ce bilan et d'approfondir la question de la nature des masses d'eau et des aquifères captés. En effet, dans le cadre de la convention 2010 entre le BRGM et l'ONEMA, un travail visant à affecter pour chacun des points le code de l'aquifère, le code de la masse d'eau, le mode de gisement du point et sa nature est prévu.

2.2. Rappel du contexte réglementaire et de l'historique de la surveillance des eaux souterraines

2.2.1. LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE

La mise en place de la surveillance des eaux souterraines est principalement liée à l'évolution du contexte réglementaire.

Les premiers textes législatifs qui ont pu être retrouvés sur l'eau datent de l'époque napoléonienne et traitent du régime de propriété de l'eau. Suit une première loi sur le régime des eaux votée en 1898 qui réglemente la propriété, les droits et les usages de l'eau. Cette loi ne concernait alors que les eaux pluviales et les sources. Les premiers textes sur les eaux souterraines apparaissent plus tard avec le décret-loi de 1935 qui soumet à autorisation tous travaux sur la recherche en eau souterraine réalisés à plus de 80 m de profondeur.

C'est en 1964, avec la première loi sur l'eau en France, que la politique de gestion des eaux va considérablement évoluer.

Loi sur l'eau du 16 décembre 1964

L'article 1 de la **première loi sur l'eau du 16 décembre 1964** mettait en place « *la lutte contre la pollution des eaux et leur régénération, dans le but de satisfaire ou de concilier les exigences de l'alimentation en eau potable des populations et de la santé publique, de l'agriculture et de l'industrie, etc....* ».

La loi de 1964 a posé les bases d'une gestion de l'eau très décentralisée notamment avec la création des Agences de l'eau (décret d'application n°66-699 du 14 septembre 1966). Chacune de ces circonscriptions est gérée par un organisme consultatif, le comité de bassin, et un organisme exécutif, l'agence de l'eau. L'eau est désormais gérée par bassin versant et non par département.

Il s'en suit une action administrative coordonnée et un renforcement de la réglementation, pour protéger les ressources en eau et en particulier pour protéger le consommateur ; ceci en conciliant le développement économique et le respect de l'environnement. La compétence du service public de l'eau qui consiste d'une part à alimenter en eau potable des usagers et d'autre part à assurer l'assainissement des eaux usées est d'ailleurs transmise aux communes.

L'évolution de la démographie, la migration de la population vers les villes et le développement industriel ont nécessité un nouveau cadre législatif pour faire face à cette croissance des besoins. Ce cadre est établi dans la loi sur l'eau de 1992.

Loi sur l'eau du 3 janvier 1992

Article 1^{er} : « *L'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, sont d'intérêt général. L'usage de l'eau appartient à tous dans le cadre des lois et règlements ainsi que des droits antérieurement établis* ».

La loi sur l'eau de 1992 régissait le droit français sur l'eau. Elle a introduit la notion d'unicité de la ressource, on parle de l'eau au sens large et les mesures s'appliquent aux eaux superficielles et souterraines, et aux eaux marines dans les limites territoriales.

Une des principales mesures de cette loi est la mise en place des SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des eaux) et des SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux). La gestion des ressources en eau, les objectifs de qualité des eaux et de gestion quantitative sont désormais orientés et planifiés selon un programme d'actions et d'aménagements et gérés à l'échelle d'un bassin.

La loi sur l'eau et la mise en place des SDAGE ont alors suscité la création du **RNDE (Réseau National des Données sur l'Eau)**. Celui-ci instaura une gestion cohérente des données sur l'eau afin d'améliorer la production, la collecte, la conservation, la communication et la valorisation des données. Le RNDE était une organisation partenariale entre les principaux producteurs de données publiques relatives à l'eau.

La directive cadre sur l'eau du 23 octobre 2000 et la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006

La **directive cadre sur l'eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000 (DCE)** demande aux États membres de l'Union Européenne d'atteindre le bon état des milieux aquatiques sur le territoire européen d'ici 2015. Elle établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau et prévoit la mise en place d'un système de surveillance permettant de connaître l'état des milieux aquatiques et d'identifier les causes de leur dégradation, de façon à orienter puis évaluer les actions à mettre en œuvre pour que ces milieux atteignent le bon état.

Afin d'organiser efficacement les exigences de la DCE, le **Système d'Information sur l'Eau (SIE)** a alors succédé au RNDE en 2003. Également sous une forme partenariale, il vise à une gestion cohérente des données sur l'eau, notamment au travers d'un protocole d'accord : le protocole SIE. Il définit les obligations des acteurs de l'eau qui ont déclaré y adhérer, en matière de production, de conservation et de mise à disposition des données. Il précise également le mode d'organisation au niveau national et au niveau de chaque bassin.

La coordination technique et la mise en place du SIE ont été confiées à l'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) par la **loi n°2006-1772 sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 (LEMA)**. Une commission, établie au sein du comité national de l'eau, permet la représentation des utilisateurs du SIE. Dans chaque bassin, l'organisation du SIE fait l'objet d'un **schéma directeur des données sur l'eau (SDDE)**². Outre l'ONEMA, les services de l'État, les agences et les offices de l'eau, et des organismes techniques (BRGM, Ifremer, Cemagref, Ineris, OIEau ...) participent au SIE ; les collectivités territoriales peuvent y être associées à leur demande.

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 a deux objectifs fondamentaux :

- Donner les outils à l'administration, aux collectivités territoriales et aux acteurs de l'eau en général pour reconquérir la qualité des eaux et atteindre en 2015 les objectifs de bon état écologique fixés par la Directive Cadre Européenne ;
- Donner aux collectivités territoriales les moyens d'adapter les services publics d'eau potable et d'assainissement aux nouveaux enjeux en terme de transparence vis-à-vis des usagers, de solidarité en faveur des plus démunis et d'efficacité environnementale.

La directive européenne 2006/118/CE sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration complète la DCE; elle a été établie pour la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration. Elle fixe notamment des critères d'évaluation de l'état chimique des eaux et les règles d'identification des tendances.

2.2.2. LES RESEAUX DE MESURES

Définition

Un réseau ou dispositif de collecte de données correspond à un ensemble de stations de mesure répondant à au moins une finalité particulière. Chaque réseau respecte des règles communes qui visent à garantir la cohérence des observations, notamment pour la densité et la finalité des stations de mesure, la sélection de paramètres obligatoires et le choix des protocoles de mesure, la détermination d'une périodicité respectée. L'ensemble de ces règles est fixé dans un protocole (définition du SANDRE). Exemple : Réseau National des Eaux Souterraines pour la Quantité.

Pour les eaux souterraines, un réseau regroupe un ensemble de qualitomètres ou de piézomètres dont la composition peut évoluer dans le temps. Il comprend au minimum un qualitomètre ou un piézomètre. Les données sont acquises sur un qualitomètre (ou piézomètre) dans le cadre d'un ou plusieurs réseaux de mesures. Le rattachement d'un qualitomètre ou piézomètre à un (ou des) réseau(x) peut évoluer dans le temps mais à un instant donné, un qualitomètre ou piézomètre appartient en principe à au moins un réseau. Le code d'un réseau est attribué par le SANDRE qui est responsable de la codification avec l'appui des bassins.

² Depuis la rédaction du rapport en 2009, l'organisation du SIE a connu des changements importants. On notera en particulier la mise en place de son référentiel technique, le SNDE (Schéma National des Données sur l'Eau), par le décret n°2009-1543 du 11 décembre 2009.

Bref historique

Historiquement, la surveillance du niveau des nappes remonte au milieu du 19^{ème} siècle. Les plus anciennes mesures connues sont celles réalisées dans les forages de l'Albien en 1840. Les mesures concernant les eaux souterraines sont peu nombreuses avant les années 1960 -1970.

Les premiers réseaux de surveillance piézométrique s'inscrivaient dans des perspectives de gestion locale des ressources en eau souterraine ou pour des besoins spécifiques liés à des usages (réseaux de la SNCF ou d'EDF); par exemple, l'évaluation des réserves d'eau pour les locomotives à vapeur et le dimensionnement de l'impact de la construction de grands barrages.

Dans les années 1970, des financements spécifiques du Ministère de l'Industrie sont accordés aux projets de service public du BRGM pour suivre le niveau des nappes. Il s'en suit la création de nombreux réseaux de suivi piézométrique à différentes échelles mais plus particulièrement au niveau local (suivi spécifique d'une nappe).

Du point de vue de la qualité des eaux souterraines, dès 1960, **dans le cadre réglementaire du contrôle sanitaire des eaux destinées à l'alimentation en eau potable**, la DGS (Direction générale de la Santé) du Ministère en charge de la Santé, organise et pilote l'acquisition régulière de données sur les eaux (brutes et distribuées). Cette première ébauche du futur réseau national permet d'acquérir des informations sur les eaux prélevées dans les captages destinés à la consommation humaine (prélèvement eau brute). Ce réseau est alimenté à l'échelle départementale par les DDASS.

Sous l'influence des régions et des agences, les premiers réseaux de contrôle de la qualité des eaux souterraines sont mis en place au niveau local et régional à la fin des années 70 dans certaines régions contraintes de faire face à une pollution croissante des nappes par les nitrates (Alsace, Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais, etc...).

Dans la période 1970-1985, une vingtaine de réseaux de connaissance dite « patrimoniale » à différentes échelles (bassin, département, aquifère) sont créés. Ces réseaux avaient deux finalités : un outil de connaissance patrimoniale (acquisition des données sur l'état de la qualité et de son évolution dans le temps) et un outil de gestion impliquant des actions visant à la protection ou à la réhabilitation de la qualité de la ressource en eau (Martin, 1996).

Dans les deux domaines (qualité et quantité), la surveillance s'est déclinée à différentes échelles et s'est accrue depuis la création des agences de l'eau en 1964. La nécessité de disposer d'un réseau national de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines se fait sentir. C'est seulement en 1999 que les 6 agences de l'eau signent avec le Ministère en charge de l'Environnement un protocole de surveillance nationale : **le RNES (Réseau National de connaissance des Eaux Souterraines)**, véritable cahier des charges commun de suivi des nappes, à l'échelle nationale.

Le protocole fixe, entre autres, une densité minimale de points de mesure, une fréquence des prélèvements et des relevés piézométriques par type d'aquifère etc Il a pour objectif de parvenir à un maillage minimal et harmonisé des points composant le réseau national.

Pour chaque domaine (quantité et qualité), un réseau national correspondant à l'agrégation des points identifiés dans chacun des 6 bassins, est créé:

- le RNESP pour la piézométrie,
- le RNESQ pour la qualité.

Ce réseau et son protocole ne concernent alors que la métropole.

En 2006, en application de l'article 8 de la DCE, ces réseaux évoluent et aboutissent au remplacement du RNES par les réseaux suivants :

- **Le réseau de surveillance DCE de l'état quantitatif des eaux souterraines** (ou le débit des sources) destiné à fournir une estimation fiable de l'état quantitatif global de toutes les masses d'eau ou groupes de masses d'eau souterraine, y compris une évaluation des ressources disponibles.

Le réseau de surveillance DCE de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine débute au 1^{er} janvier 2007. Les objectifs fixés par la DCE pour ce réseau se rapprochent toutefois de ceux établis dans le protocole du RNES. C'est pourquoi la plupart des sites de surveillance du RNESP ont été repris dans le réseau DCE (cf. chapitre 3).

Il existe un réseau par district hydrographique DCE et un métaréseau national qui regroupe l'ensemble des 13 districts.

L'ensemble des spécifications à suivre pour construire ce réseau est inscrit dans le « cahier des charges national pour l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines en France » (MEDD – DE, Circulaire DCE 2003/07 du 8 octobre 2003) et dans son complément (circulaire DCE 2005/14 du 26 octobre 2005).

- **Les réseaux de surveillance DCE de la qualité** sont destinés à « fournir une image cohérente et globale de l'état chimique des eaux souterraines de chaque district hydrographique et permettre de détecter la présence de tendances à la hausse à long terme de la pollution induite par l'activité anthropogénique » (Annexe V.2 de la DCE).

En fonction du risque identifié de non respect des objectifs environnementaux de la DCE, un ou deux types de réseau, correspondant aux niveaux de contrôle exigés par la directive, sont mis en place sur les masses d'eau souterraine :

- un réseau de **contrôle de surveillance RCS** destiné à compléter et à valider les éléments de caractérisation (et notamment l'identification d'un risque potentiel de non atteinte du bon état), et à « fournir des informations pour l'évaluation des tendances à long terme ». Le réseau de contrôle de surveillance débute au 1^{er} janvier 2007. Il remplace le Réseau National de surveillance des Eaux Souterraines, Qualité (RNESQ) créé en 1999.
- des réseaux de **contrôle opérationnel RCO** (programmes définis suivant les résultats de la caractérisation des masses d'eau et du programme de contrôle de surveillance) afin « d'établir l'état chimique de toutes les masses d'eau, ou groupes de masses d'eau souterraine, recensés comme courant un risque, d'établir la présence de toute tendance à la hausse à long terme de la concentration d'un quelconque polluant suite à l'activité anthropogénique » et informer dès renversement de ces tendances à la hausse. Lorsqu'il est nécessaire, le réseau de contrôle opérationnel débute au 1^{er} janvier 2008.

Le contrôle de surveillance s'applique à toutes les masses d'eau ou groupes de masses d'eau tandis que le contrôle opérationnel n'est mis en place que sur les masses d'eau « à risque » de non atteinte du bon état chimique en 2015. Autrement dit, certaines masses d'eau ne disposent pas de contrôle opérationnel.

Le programme de surveillance de l'état chimique des masses d'eau souterraine au titre de la DCE est composé du contrôle (ou réseau) de surveillance et du contrôle (ou réseau) opérationnel lorsqu'il existe.

Il existe un réseau par district DCE et un métaréseau national qui regroupe l'ensemble des 13 districts.

Comme pour l'état quantitatif, sa mise en place est conforme aux exigences des circulaires du Ministère en charge de l'Environnement sur l'évolution des réseaux de surveillance (circulaires DCE 2003/07 du 8 octobre 2003 et DCE 2005/14 du 26 octobre 2005).

Les principaux réseaux et leurs finalités

Un réseau de mesure peut répondre à différents objectifs. Les principaux critères de distinction de ces réseaux sont les suivants :

- paramètres suivis : piézométrie, qualité (éléments minéraux, pesticides, ...)
- dimension géographique du réseau (national, bassin, régional, départemental, local) ;
- objectif du réseau: police de l'eau, veille sanitaire des captages AEP (DDASS), gestion de la ressource, bon état qualitatif et quantitatif en 2015, etc. ;
- densité des points;
- fréquence des mesures.

Comme il est rappelé dans la circulaire DCE 2003/18, il existe trois types de réseaux :

- les réseaux de connaissance générale : la finalité de ces réseaux est la connaissance pérenne de l'état qualitatif et quantitatif des eaux souterraines. L'échelle d'application de ces réseaux est variable (nationale, bassin, région, système aquifère);
- les réseaux d'usage: il s'agit de réseaux mis en place pour répondre à un besoin précis : police de l'eau (point d'eau situé en aval par exemple), contrôle sanitaire (réseau des DDASS), gestion locale d'un ou plusieurs aquifères, surveillance d'un paramètre, etc. ... Leurs objectifs ainsi que leurs dimensions (locale, départementale, bassin, etc.) sont donc très variables.
- les réseaux d'impacts: ces réseaux ont pour objectif d'évaluer les impacts de l'usage de produits polluants. Ils sont le plus souvent mis en place après l'identification d'une pollution et pourront être intégrés au réseau prévu par la DCE pour le contrôle opérationnel (MEDD, 2003). Les réseaux d'auto-surveillance des installations classées en font partie.

La problématique de la maîtrise d'ouvrage

Les finalités des réseaux de mesure évoluent principalement avec la législation et la réglementation mais également (et avec une part non négligeable) en fonction des politiques locales et des changements de maîtrise d'ouvrage, des financeurs et des gestionnaires.

Un changement de maîtrise d'ouvrage n'entraîne pas automatiquement la création de nouveaux points mais parfois la création de nouveaux réseaux. Cependant dans certains cas et selon les finalités des réseaux, la création de nouveaux points est inévitable.

La circulaire du 26 mars 2002 précise alors que les DIREN et le BRGM assurent la maîtrise d'ouvrage des réseaux concernant la piézométrie et les Agences de l'eau la maîtrise d'ouvrage des réseaux en charge de la qualité.

Deux années plus tard, la circulaire DE/MSIE/1 – DCE 2004/9 traite de l'élaboration du **schéma directeur des données sur l'eau (SDDE)** par bassin. Son objectif prioritaire est la préparation du programme de surveillance prescrit par la DCE qui devra être opérationnel en 2006. Ce texte définit la répartition des rôles pour les dispositifs d'observation. Pour les eaux souterraines, la responsabilité des réseaux de surveillance des niveaux piézométriques est attribuée aux DIREN déléguée de bassin et la responsabilité des réseaux qualité est attribuée aux Agences de l'eau.

En 2007, une note officielle de la Direction de l'eau (DE/SDEAGF/BAFCG/CS/CB/n°043) stipule que « la piézométrie sera à terme complètement transférée au BRGM et financée par l'ONEMA ». Le réseau national de suivi du niveau des nappes a donc été confié au BRGM, excepté pour la DIREN Centre, et quelques points gérés par les collectivités locales. La responsabilité de la cohérence de ce réseau reste aux DIREN et leur coordination aux DIREN déléguée de bassin (courrier de la Direction de l'Eau en cours de rédaction).

Devant la multiplicité des réseaux de surveillance de la qualité et de la quantité des eaux souterraines (réseaux patrimoniaux, réseaux de surveillance de la qualité des eaux brutes destinées à l'alimentation en eau potable, etc.), un schéma des données sur l'eau a été mis en place.

Le **SDDE** est un instrument de planification des actions relatives aux données sur l'eau dans le bassin. C'est un document public de référence permettant à chacun de trouver les réponses aux questions concernant les données sur l'eau du bassin :

- qui produit quelle donnée, à quel endroit, à quelle fréquence, avec quelle finalité ?
- qui collecte cette donnée, qui la valide ?
- où est conservée telle donnée produite et comment peut-on y accéder ?

Un portail a été mis en place pour faciliter l'aide à la recherche des réseaux de données sur l'eau, [http:// www.sandre.eaufrance.fr/disceau](http://www.sandre.eaufrance.fr/disceau).

Le **Schéma National des Données sur l'Eau (SNDE)**, référentiel technique du Système d'Information sur l'Eau (SIE) publié par la décret n°2009-1543 du 11 décembre 2009, précise, à un niveau national, les responsabilités de chaque acteur et les moyens nécessaires et il établit les partenariats nécessaires à son application, notamment avec les collectivités locales, bien que non signataires du protocole SIE, quand elles jouent un rôle significatif. Le SNDE sera suivi d'un plan d'actions.

2.2.3. LA BANCARISATION

Comme pour les réseaux de surveillance, les objectifs d'une base de données sont multiples et évoluent principalement avec la législation et les politiques mises en place. Ces objectifs peuvent être :

- Stocker des données ;
- Contrôler les données ;
- Être un lieu d'accès simple aux informations sur les eaux souterraines ;
- Faciliter les travaux des différents partenaires concernés par la gestion de l'eau souterraine et leur permettre de mettre en commun leurs données ;
- Favoriser le suivi de l'état des ressources à travers la production et la mise à disposition d'indicateurs ;

- Promouvoir au niveau national un principe de transparence et d'accessibilité aux données sur les eaux souterraines.

Au début des années 80, le besoin d'un outil de gestion des eaux souterraines au niveau national est identifié afin de mieux connaître et préserver la ressource et diffuser l'information. A la demande du ministère en charge de l'Environnement, le BRGM crée la banque de données sur la qualité des eaux souterraines **ONQES (Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines)**. Cet observatoire renferme des données provenant essentiellement du contrôle sanitaire réglementaire effectué sur les captages d'eau destinés à la consommation humaine. Cette banque était publique mais n'était pas consultable depuis un portail d'accès. Des problèmes de validité et de représentativité des données conduisirent à l'abandon de cette banque en 1998.

En parallèle, des banques se créent soit au niveau des bassins, soit à un niveau plus local (région, département).

En 1993, afin de faciliter l'échange de données, le Ministère en charge de l'environnement impose à tous les organismes gestionnaires de l'eau le format **SANDRE (Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau)**. Le SANDRE élabore un langage commun des données sur l'eau. Il permet d'établir la normalisation des données afin de rendre compatibles et homogènes la définition et l'échange de données entre les producteurs, les utilisateurs et les banques de données. Il facilite l'interopérabilité des bases de données, assure un langage commun entre tous les acteurs de l'eau.

La DGS crée en 1997 la base **SISE-Eaux (Système d'Information Santé Environnement - Eaux)**. SISE-Eaux est un Système d'Information mis en place par les services du Ministère chargé de la Santé dans le cadre de la gestion du programme annuel d'analyses de contrôle sanitaire des eaux de consommation. Il s'agit d'un système intégré constitué d'une base nationale alimentée par des bases réparties à l'échelle départementale et gérées localement par les services Santé-Environnement au sein des Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales.

En 1998, la **convention internationale d'Aarhus** fait de l'accès à l'information environnementale un droit fondamental. Cette convention est entrée en vigueur en France en 2002. Au vu des changements de politique de bancarisation et surtout d'une volonté nationale et européenne de développer l'accès à l'information, la base de données **ADES** est créée en 2000. Elle sera ouverte et accessible au public en 2003 via le site Internet : www.ades.eaufrance.fr

ADES est la **banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines** qui rassemble sur un portail public des données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines. Ces informations portent sur les réseaux, les points de mesure, les résultats de mesures quantitatives (niveaux piézométriques) et qualitatives (concentrations dans les eaux de différents paramètres).

Les objectifs de cette banque sont de constituer un outil de collecte et de conservation des données sur les eaux souterraines, d'être mobilisable par un large ensemble de partenaires, de permettre les traitements nécessaires à l'action de chacun des partenaires, d'être un guichet national d'accès aux informations sur les eaux souterraines, d'adopter au niveau national un principe de transparence et d'accessibilité aux données sur les eaux souterraines.

C'est un outil privilégié pour répondre aux enjeux de la politique des eaux souterraines dans le cadre de la Directive Cadre européenne sur l'eau et de la directive sur la protection des eaux souterraines.

C'est le volet « eaux souterraines » du portail EauFrance (<http://www.eaufrance.fr>), vitrine web du SIE.

Le **Système d'Information sur l'Eau (SIE)** est conçu pour répondre aux besoins des parties prenantes en matière d'information environnementale publique dans le domaine de l'eau :

- surveiller l'état de la ressource et des milieux aquatiques ;
- contrôler les activités ayant des impacts sur l'état de l'environnement ;

- évaluer les politiques publiques, les plans et programmes qui ont une incidence sur l'environnement ;
- présenter au Parlement, à la Commission européenne ou à des organismes d'évaluation (OCDE, Agence Européenne de l'Environnement, Eurostat, OSPAR) les données requises par ceux-ci ;
- informer les populations des risques naturels auxquels elles sont exposées ;
- bancariser les données pour les conserver de manière pérenne et en permettre le partage ;
- diffuser l'information environnementale publique.

Dans le cadre du développement du SIE, plusieurs portails internet ont été mis en place au cours de ces dernières années par la Direction de l'Eau au sein du MEEDDM afin de donner l'accès aux informations et aux données relatives à l'eau et aux milieux aquatiques. Le portail EauFrance est créé en 2004. L'ONEMA en assure la coordination technique, mission qui lui a été confiée au travers de la loi sur l'eau du 30 décembre 2006.

Le portail EauFrance est le point d'entrée du SIE. Ce portail parent multi-thématique facilite différents points d'entrée :

- des portails nationaux multi-thématiques : plans d'eau, cours d'eau, eaux littorales, eaux souterraines (ADES), hydrologie, données piscicoles. A terme s'ajouteront les données sur l'assainissement, les prélèvements, les usages et les pressions, les données économiques, les données rapportées à la Commission Européenne, ...
- des portails de bassin multi-thématiques.

Ces portails offrent une cohérence de présentation et de navigation pour l'internaute afin que celui-ci identifie bien le SIE comme contexte commun, avec le portail EauFrance comme point d'entrée, tout en permettant à chacun des portails de présenter une identité propre.

Cette identification passe notamment par la mise en œuvre d'une charte graphique et ergonomique déclinable pour l'ensemble des portails nationaux thématiques et des portails de bassin multi thématiques.

Ces portails ont la particularité de pouvoir s'inscrire dans le cadre conceptuel, largement utilisé par l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE), connu comme modèle D-P-S-I-R (« Driving forces – Pressures – State – Impacts – Responses », soit « Forces motrices – Pressions – État – Impacts – Réponses »). Ce modèle permet de présenter les acteurs et leurs activités, leurs impacts sur l'environnement et sur les personnes mais aussi les réactions de la société pour mieux gérer les ressources, limiter les nuisances environnementales et protéger le cadre de vie. Il permet enfin de préciser les interdépendances entre tous ces éléments, qu'il s'agisse de synergies ou d'oppositions, et d'analyser les performances par rapport aux objectifs fixés par les directives européennes ou les lois nationales.

2.3. Indicateurs d'évolutions des efforts de surveillance et de bancarisation pour le suivi quantitatif

Les indicateurs qui suivent ont été produits à partir des données extraites du « site producteurs » de la banque nationale de données sur les eaux souterraines, ADES. Ce portail est plus complet que le site public. Un outil spécifique pour l'interrogation de la base ADES a été développé pour l'étude. Il permet d'avoir une vue en temps réel sur la base de donnée en s'affranchissant d'extractions longues et fastidieuses. Les indicateurs présentés dans le rapport s'appuient ainsi sur **les données disponibles dans ADES en avril 2009 pour les indicateurs quantitatifs et début juin 2009 pour les indicateurs qualitatifs**. Les dates précises de création des différents indicateurs sont notées pour chacune des représentations. Le bilan des efforts de surveillance inclut donc toutes les données acquises en 2007, première année de fonctionnement des réseaux de surveillance de l'état chimique

et de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine au titre de la DCE. Il permet d'apprécier au mieux les évolutions liées à la DCE.

Dans ce chapitre, seront traités distinctement les indicateurs liés aux réseaux de suivi de la quantité et ceux liés aux réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines. Le tableau de l'annexe 7.2 rassemble les indicateurs qui sont présentés dans ce rapport.

2.3.1. INDICATEURS RELATIFS AUX PIEZOMETRES

Définition d'un piézomètre (SANDRE, 2005a) : « au sens strict, un piézomètre est un dispositif servant à mesurer la hauteur piézométrique en un point donné d'un système aquifère, qui indique la pression en ce point, en permettant l'observation ou l'enregistrement d'un niveau d'eau libre ou d'une pression (Castany et Margat, 1977). Au sein [du] dictionnaire [du SANDRE], le concept de piézomètre a été étendu à l'ensemble des ouvrages artificiels (puits, forages, ...) ou naturels (sources, résurgences, avens, grottes,...) qui permettent l'accès aux eaux souterraines ».

Indicateur n°1 : Évolution du nombre de piézomètres

a) Au niveau national

L'illustration 1 représente l'évolution du nombre de piézomètres (valeur cumulée) par année pour l'ensemble des piézomètres de la base ADES.

Les plus anciennes mesures disponibles dans ADES datent de 1899. Depuis cette date, le nombre de piézomètres est en constante augmentation en France.

Quatre augmentations significatives du nombre de piézomètres sont observées en 1970, 1974, 1993 et 2004.

Les pics des années 1970 et 1974 sont liés à la mise en place des premiers réseaux piézométriques à l'échelle locale en France. Des financements spécifiques du Ministère de l'Industrie sont accordés à l'époque aux projets de service public du BRGM pour créer et suivre des réseaux piézométriques.

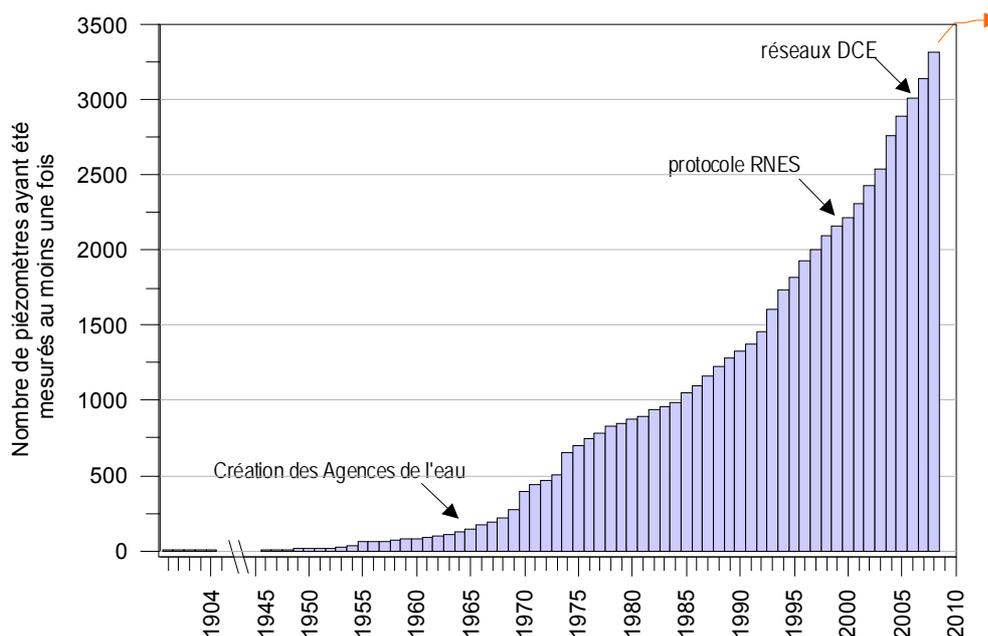
L'augmentation de 1993 est vraisemblablement liée à la mise en place de nombreux réseaux de collectivités locales au début des années 90. A cette période, les financements accordés aux collectivités locales ont été accrus par la loi de décentralisation de 1982 et le sixième programme de financement des agences de l'eau.

Avec la création du réseau national de surveillance de l'état quantitatif DCE et sa mise en fonction en 2007, de nouveaux piézomètres ont été ajoutés à partir de 2004 afin de suivre le niveau des masses d'eau souterraine ne disposant pas de point de surveillance et de renforcer la surveillance sur les masses d'eau souterraine qui n'étaient pas assez suivies.

A partir de l'année 2004, le nombre de nouveaux piézomètres est en baisse. Les réseaux sont désormais optimisés et harmonisés. Il n'y a pas nécessairement de nouveaux points créés lors de la mise en place d'un nouveau réseau. Par exemple entre le réseau RNES de 1999 et le réseau DCE de 2006, environ 50 % des points du RNES ont été conservés dans le réseau DCE (Illustration 5).

Le nombre de nouveaux piézomètres mesurés par année continue d'augmenter en 2007, première année du réseau quantitatif DCE mais de manière moins significative. Dans les prochaines années, avec le fonctionnement en routine du réseau DCE, cet indicateur devrait se stabiliser.

Les nouveaux piézomètres ne sont pas nécessairement de nouveaux ouvrages réalisés et forés mais plutôt des points d'eau nouvellement sélectionnés et intégrés aux réseaux.



Les nouveaux piézomètres ne sont pas nécessairement de nouveaux ouvrages réalisés et forés mais plutôt des points d'eau nouvellement sélectionnés et intégrés aux réseaux.

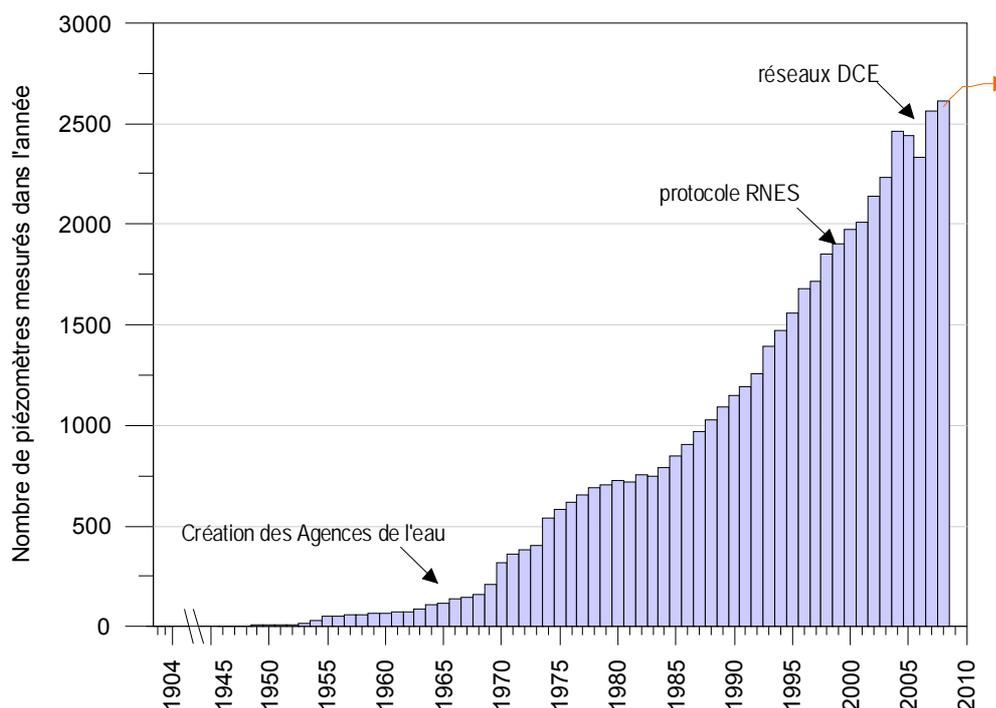


Illustration 1 : a) Évolution du nombre de piézomètres ayant été mesurés au moins une fois dans ADES de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES). b) Évolution du nombre de piézomètres mesurés par année de 1899 à 2008 (vue ADES du 08/04/2009)

A la date d'extraction d'ADES (le 08/04/2009) le nombre de piézomètres ayant été mesurés au moins une fois était de 3296 (Illustration 1a). Ce nombre correspond aux piézomètres qui appartiennent ou ont appartenu à un réseau de suivi quantitatif. Les piézomètres sont au nombre de 3037 en métropole et 259 dans les DOM-COM. Sur les 3370 piézomètres totaux déjà mesurés au moins une fois, 2612 l'ont été en 2008 (illustration 1b).

b) Répartition spatiale

L'illustration 2 représente l'évolution de la localisation des piézomètres en France métropolitaine et dans les DOM-COM.

En 1970 les premiers piézomètres étaient localisés dans les bassins sédimentaires et alluvionnaires, dans les bassins Artois-Picardie, Rhin-Meuse, Seine-Normandie et Adour-Garonne.

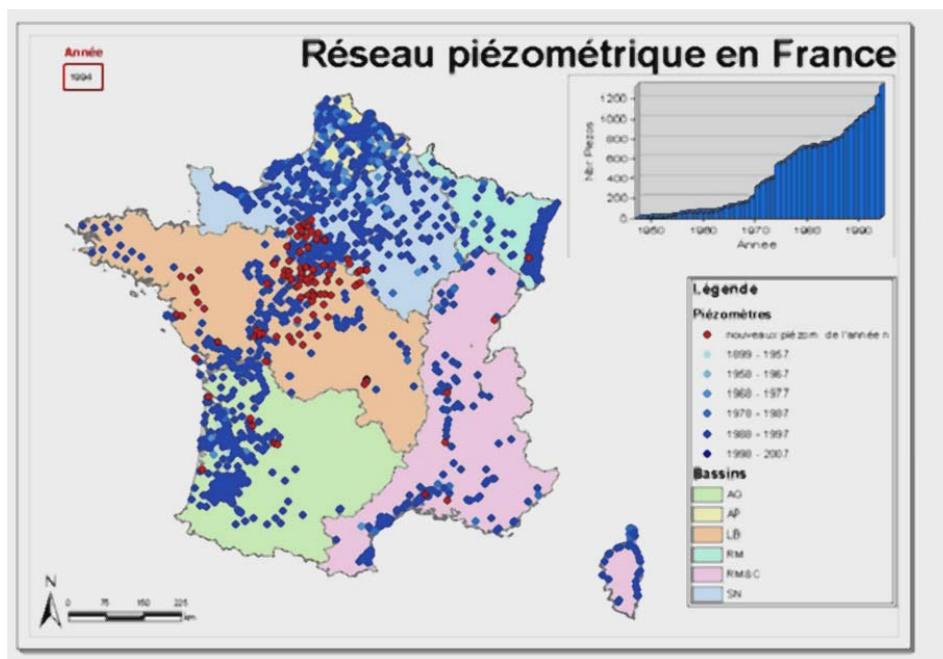
En 1992, de nouveaux piézomètres sont apparus principalement dans les aquifères de type « socle » dans les bassins Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée et Corse. En 1999, cette tendance est à nouveau observée.

En 2008, les piézomètres sont globalement bien répartis sur l'ensemble de la France métropolitaine.

Les premiers piézomètres implantés en outre-mer se situent dans les départements de la Guadeloupe, de la Réunion et de la Martinique. Les plus anciens piézomètres dont les données sont chargées dans ADES, se situent en Guadeloupe et en Martinique et datent de 1971.

La Guyane a commencé à suivre ses ressources en eau souterraine en 2007.

Pour compléter ce panorama pour la France métropolitaine, une vidéo est disponible sur le CDROM annexé à ce rapport. Cette vidéo montre pour chaque année, de 1950 à 2007, les nouveaux piézomètres (points rouges) et l'ensemble des piézomètres disponibles (points bleus).



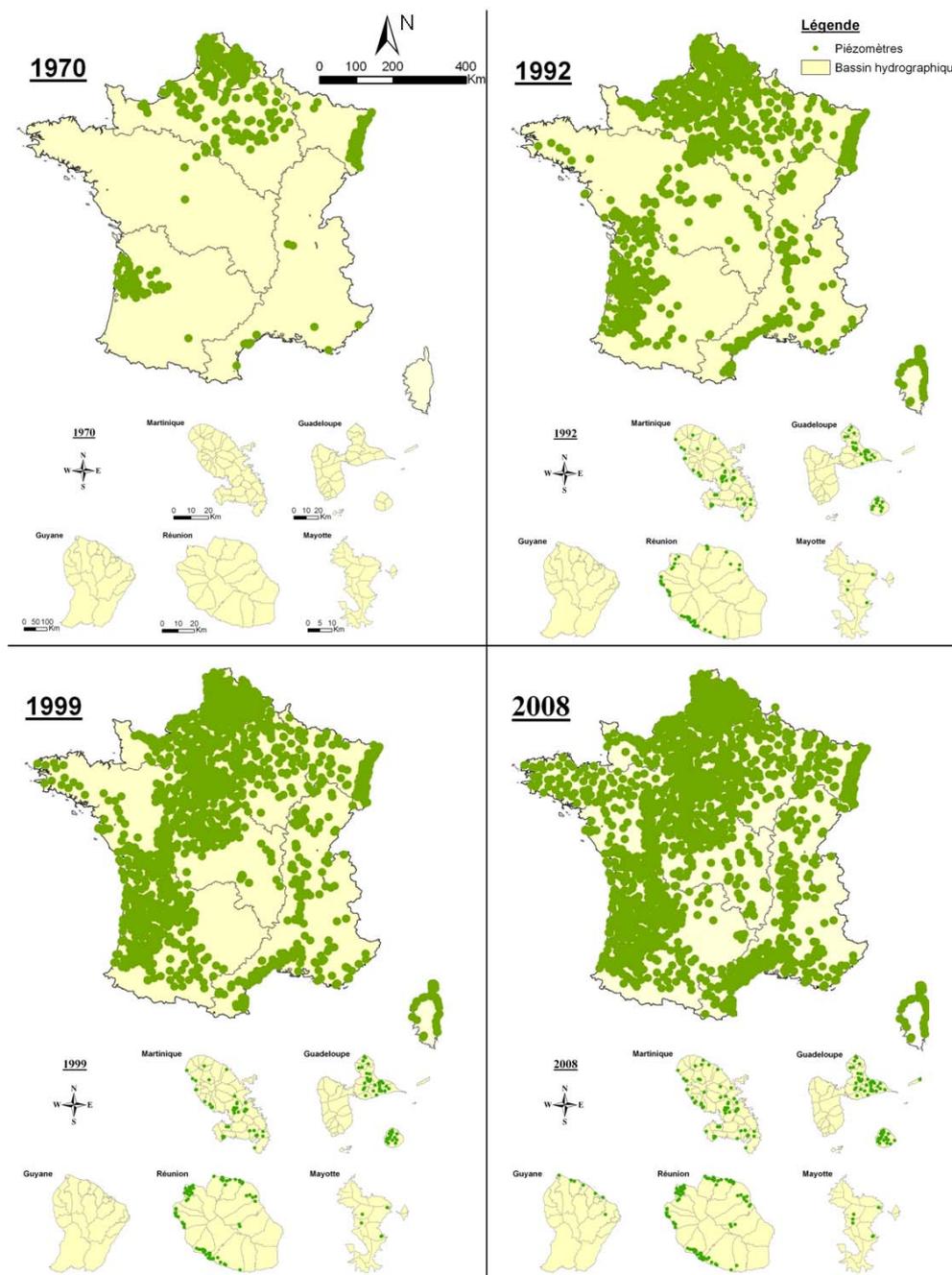


Illustration 2 : Évolution de la localisation des piézomètres en France métropolitaine et dans les DOM-COM (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)

Les illustrations 3 et 4 représentent l'évolution du nombre de nouveaux piézomètres suivis par année dans ADES pour chaque bassin hydrographique et dans les DOM-COM.

Pour la majorité des bassins, les premiers piézomètres sont apparus dans les années 50.

Les plus anciens piézomètres se situent majoritairement dans les grands bassins sédimentaires et alluvionnaires, Artois-Picardie, Adour-Garonne et Rhin-Meuse. Ces grands ensembles aquifères ont été exploités bien avant les aquifères de type «socle» des bassins Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée et Corse.

Les plus anciens piézomètres de la base ADES sont ceux du bassin Artois-Picardie qui datent de 1899 et de 1903.

Rappel important : comme il est indiqué en introduction, cet état ne reflète que les données enregistrées dans ADES et n'est donc pas exhaustif. Beaucoup de lecteurs constateront ainsi que des données historiques ne figurent pas sur ces cartes. Citons par exemple la Gironde où le suivi de la qualité des eaux souterraines a démarré en 1981. Ce suivi ne figure malheureusement pas sur la carte car les données ne sont, à ce jour, pas enregistrées dans ADES.

Pour les départements d'outre-mer, la surveillance quantitative des eaux souterraines s'est mise en place plus tardivement qu'en métropole, à partir des années 1970.

La Guadeloupe et la Martinique sont les premiers départements à avoir exploité leur ressource en eau souterraine. La Réunion et la Guyane ont commencé l'exploitation de leurs ressources plus tard. En Guadeloupe et en Martinique, les masses d'eau sont de type sédimentaire et volcanique (nappes du littoral en Martinique), à la Réunion elles sont principalement de type volcanique. En Guyane les masses d'eau sont de type sédimentaire et socle.

Comme en métropole, les DOM-COM ont dans un premier temps exploité les ressources en eau de surface. Plus récemment, face à la dégradation de ces dernières, l'exploitation s'est orientée vers les ressources en eau souterraine en domaine sédimentaire et alluvial, puis vers les ressources en contexte de socle et/ou volcanique.

La Guyane a achevé la mise en place des réseaux DCE de surveillance de l'état quantitatif en 2007.

La collectivité de Mayotte a mis en place ses réseaux de surveillance DCE en 2008.

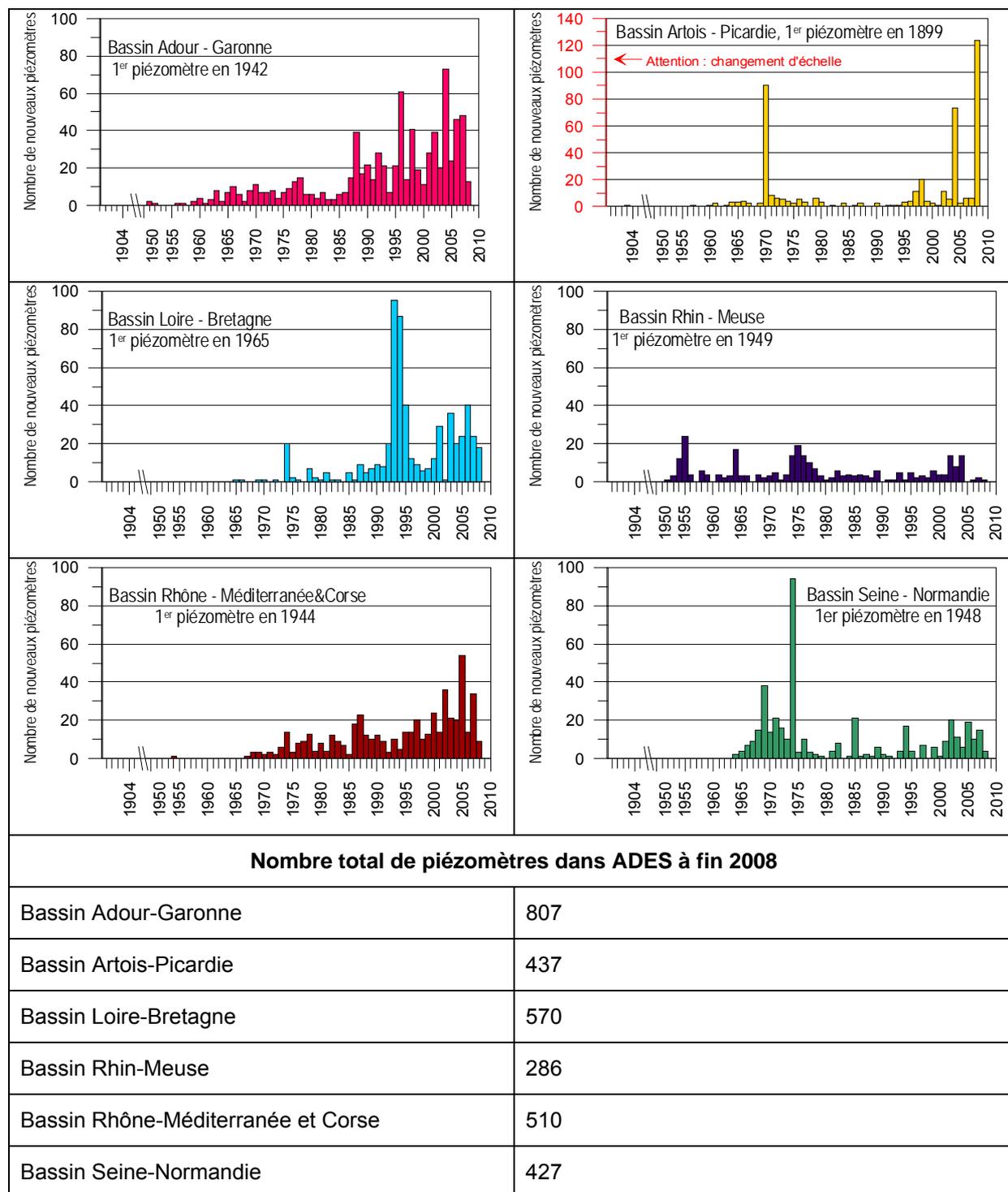


Illustration 3 : Évolution du nombre de nouveaux piézomètres suivis par bassin hydrographique et par année de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)

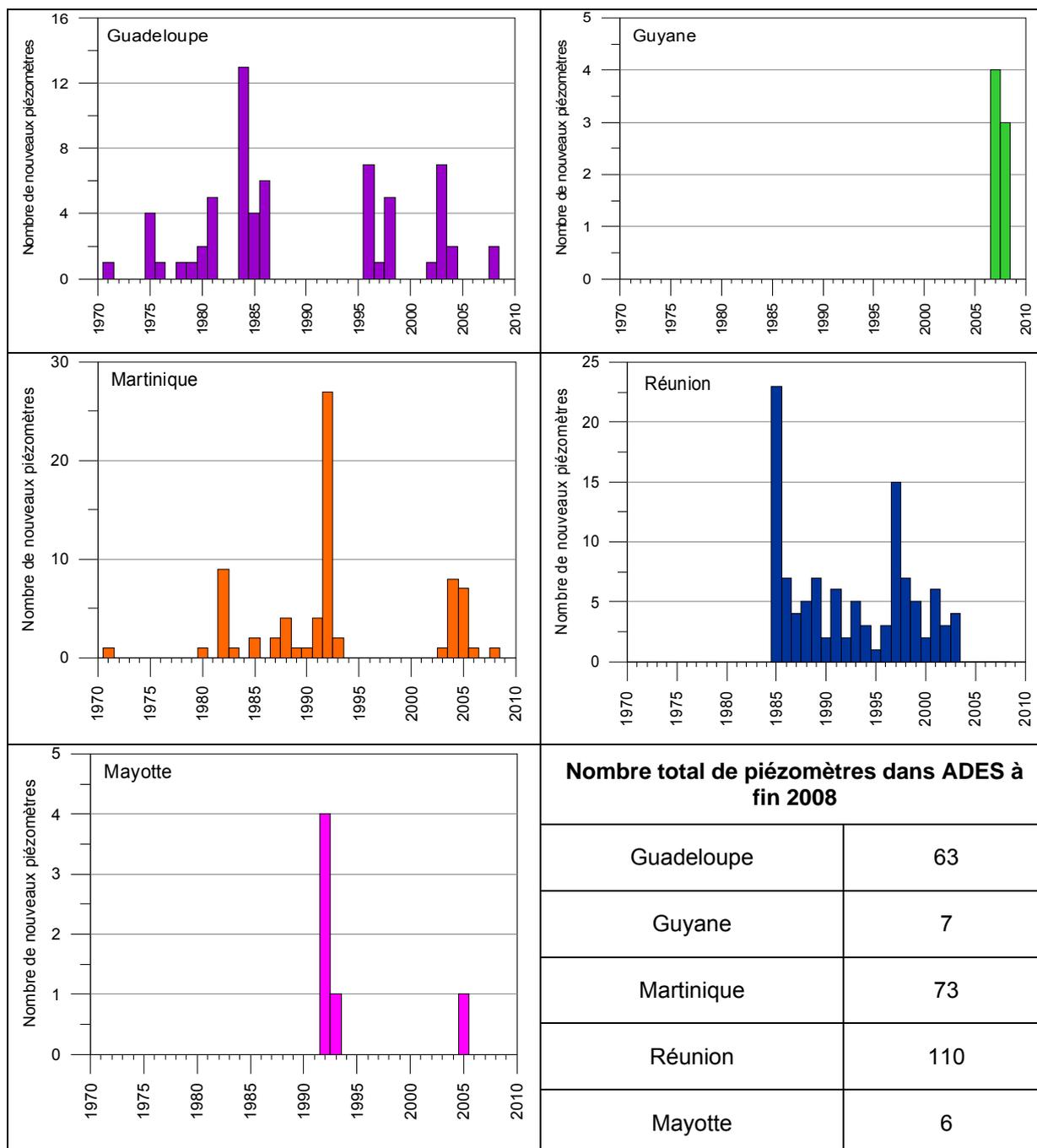


Illustration 4 : Évolution du nombre de nouveaux piézomètres suivis par année dans les DOM de 1970 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)

c) Passage du RNES au RCS

L'illustration 5 présente la répartition des points de suivi quantitatifs des réseaux RNES et DCE (niveaux piézométriques et débit des sources).

D'après cette carte 58 % des points du RNES ont été redistribués dans le réseau DCE. Dans les districts où la densité des points du RNES était élevée, ces zones ont été allégées dans le réseau DCE. 29 % des points du réseau RNES n'ont pas été conservés dans le réseau DCE : ceci se voit particulièrement dans le district de l'Escaut et dans le Nord-Ouest du district Adour-Garonne.

Les densités de piézomètres sont plus importantes dans les bassins de type sédimentaire où l'existence d'aquifères captifs et d'aquifères multicouches explique ce constat.

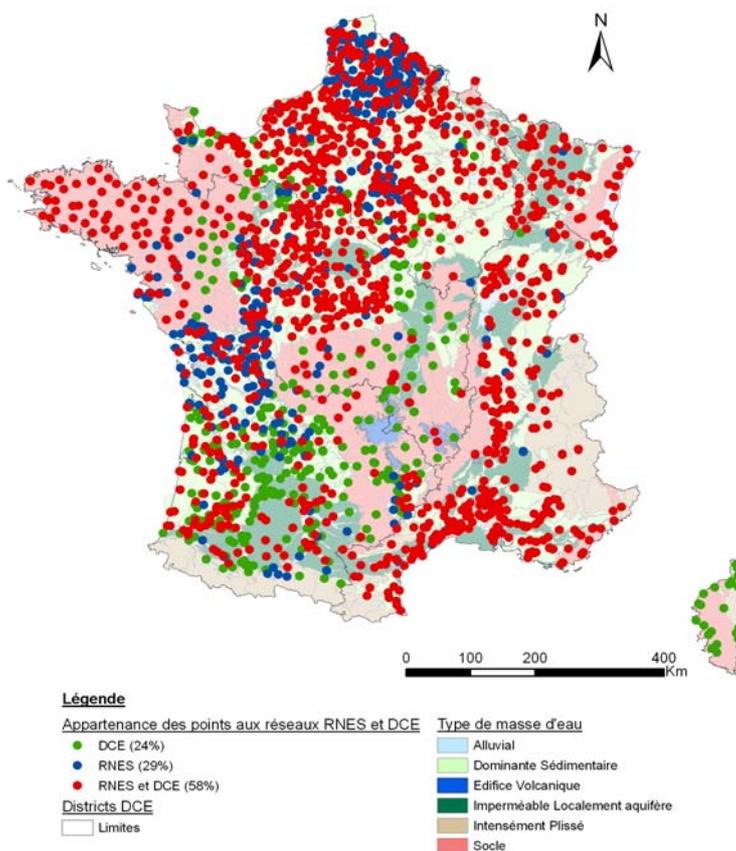


Illustration 5 : Répartition des piézomètres qui appartiennent aux réseaux de surveillance de l'état quantitatif DCE et RNES (extraction ADES le 09/04/2009)

De nouveaux points ont été ajoutés ou créés au sens du réseau DCE, dans les bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne, principalement dans les masses d'eau de type «socle» (fissuré, métamorphisé, plissé). La reconnaissance et l'exploitation de ces types d'aquifères a commencé bien plus tard que dans les aquifères sédimentaires et alluviaux.

Remarque importante : la comparaison entre le RNES et le réseau DCE de suivi quantitatif des masses d'eau souterraine est légèrement biaisé. En effet, parmi les points identifiés dans ADES comme appartenant au RNES, figurent des points des réseaux complémentaires de bassin. Ainsi, dans certains bassins, comme Artois-Picardie, le passage du RNES au réseau DCE fait faussement apparaître une diminution du nombre de points. D'autre part, les métadonnées concernant ce réseau RNES et ses réseaux de bassin associés dans DISCEAU (outil de saisie des différents dispositifs de collecte, dont les réseaux de mesures) et ADES ne sont pas forcément actualisées. Certains réseaux de bassin ont évolué depuis leur arrêt officiel et reflètent *in fine* l'image des futurs réseaux DCE. En ce sens, il a été demandé à chaque agence d'actualiser dans ADES ce qu'était le réseau RNES initial avant qu'il n'évolue vers le réseau DCE.

d) Par type de masse d'eau

Les diagrammes de l'illustration 6 représentent la répartition du nombre de piézomètres en fonction du type de masse d'eau dans le réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE et la répartition de la surface cumulée des masses d'eau par type.

Dans ADES, début juin 2009, seulement 84% de tous les piézomètres disposaient d'une information sur la masse d'eau captée. Pour le réseau DCE de suivi de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine, ce chiffre est de 86%. Ces proportions devraient cependant atteindre 100% d'ici 2010 grâce à un travail de rattrapage des codes masses d'eau et des codes aquifères réalisés dans le cadre des conventions 2009 et 2010 entre l'ONEMA et le BRGM. Ce travail permettra d'attribuer à chaque piézomètre le code de la masse d'eau, le code de l'aquifère, le mode de gisement (captif, libre, semi-captif) et l'usage.

Avec plus de 58% des piézomètres, la surveillance des masses d'eau à dominante sédimentaire est conforme à leur importance en terme de volumes. Celles-ci couvrent en effet 64% du territoire et représentent la majorité des volumes d'eau souterraine disponibles.

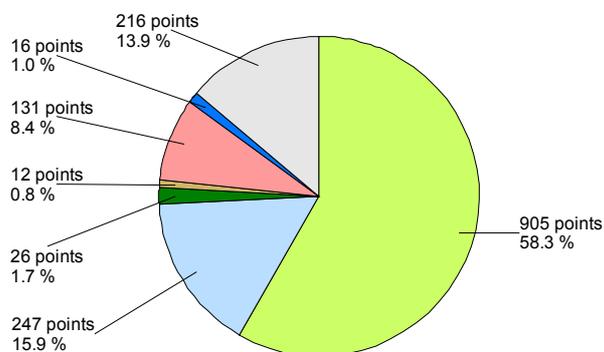
En revanche, avec moins de 9% des piézomètres, les masses d'eau de socle, qui totalisent 21% du territoire national, sont encore insuffisamment surveillées. Ce constat est d'autant plus critique que leur hétérogénéité nécessite une surveillance particulièrement renforcée.

En accueillant près de 16% des piézomètres, les masses d'eau alluviales semblent « sur-représentées ». Ce chiffre n'est pourtant pas aberrant. Les aquifères alluvionnaires sont en effet très hétérogènes et leur surveillance nécessite à ce titre un nombre important de stations. En outre, les pressions anthropiques y sont fortes (concentrations des zones urbaines et des industries à proximité des cours d'eau) et expliquent également les efforts mis en œuvre.

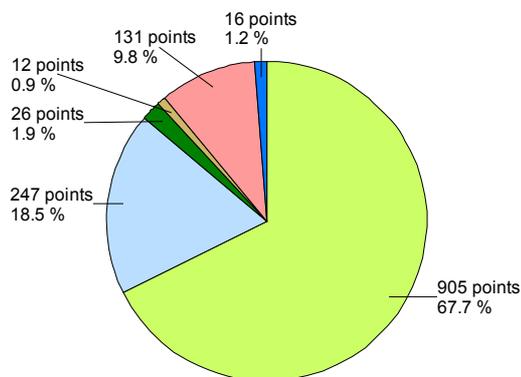
Avec seulement 1% des piézomètres, les masses d'eau de type édifice volcanique restent peu représentées. En effet ce type de masse d'eau représente une faible proportion par rapport à la totalité des masses d'eau en terme de surface comme de volume. De même les enjeux quantitatifs sont moindres en contexte volcanique. Ce sont plutôt des sources qui ont été identifiées en 2008 pour ce type de masse d'eau.

Nombre de piézomètres par type de masse d'eau souterraine dans le réseau DCE

a) Tous les piézomètres du réseau DCE



b) Les piézomètres du réseau DCE ayant un code "masse d'eau"



Nombre total de piézomètres (a) : 1553

Nombre total de piézomètres avec un code "masse d'eau" (b) : 1337

Rmq : Hors DOM COM

c) répartition de la surface cumulée des masses d'eau souterraine par type

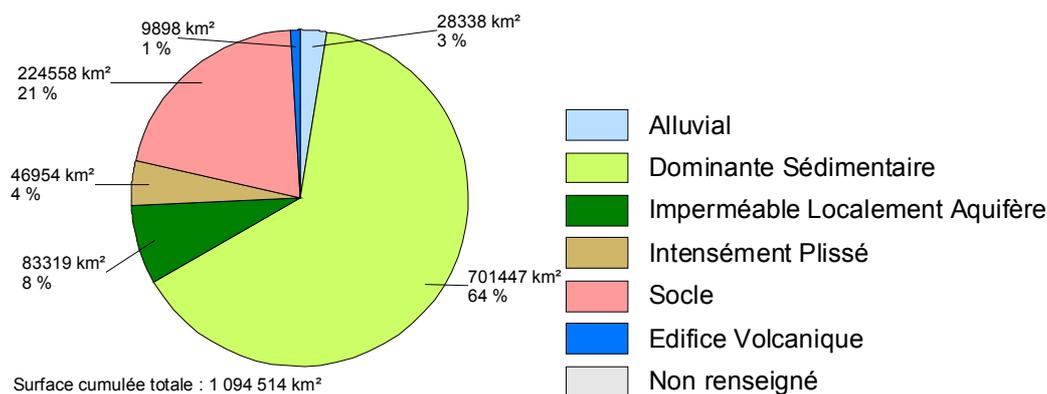


Illustration 6 : Répartition du nombre de piézomètres par type de masse d'eau dans le réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE (vue ADES le 08/06/2009). a) tous les piézomètres du réseau DCE, b) les piézomètres du réseau DCE ayant un code « masse d'eau ». c) répartition de la surface cumulée des masses d'eau souterraine par type.

2.3.2. INDICATEURS RELATIFS AUX MESURES PIEZOMETRIQUES

Indicateur n°2 : Évolution du nombre de mesures effectuées

a) Au niveau national

L'illustration 7 présente l'évolution du nombre de mesures piézométriques disponibles dans ADES par année (valeur cumulée).

Le nombre de niveaux d'eau bancarisés dans la banque ADES par année a considérablement augmenté de 1899 à 2008. Plusieurs facteurs expliquent cette évolution :

- l'augmentation du nombre de piézomètres (Illustration 1) ;
- le déploiement de l'équipement des piézomètres avec des sondes à acquisition automatique et par voie de conséquence l'augmentation des mesures continues.

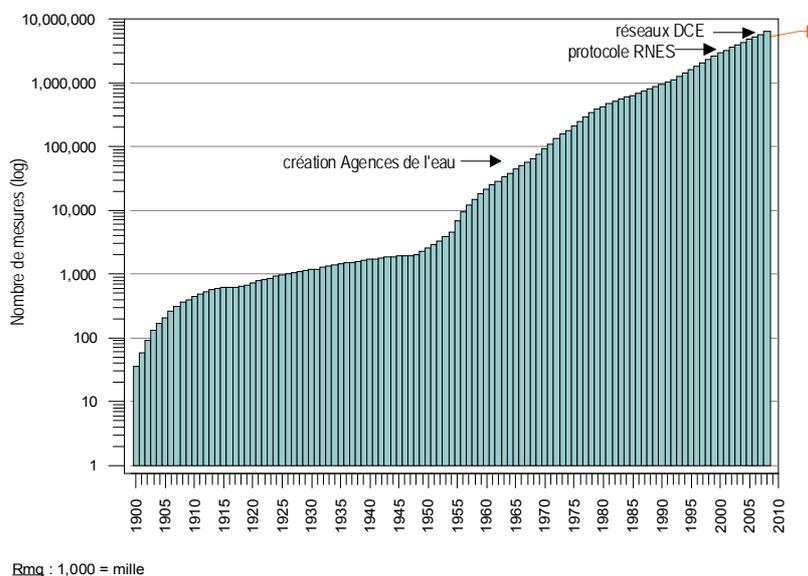


Illustration 7: Évolution du nombre cumulé de mesures piézométriques disponibles par année dans ADES de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)

Pour quelques points (une soixantaine), plus de 100 années de chroniques piézométriques sont disponibles dans ADES.

Quelques augmentations significatives du nombre de mesures piézométriques sont observées sur le graphique au début des années 1950, 1970 et 1990. Comme il l'a été expliqué précédemment pour l'illustration 1, cette tendance est liée à la mise en place des premiers réseaux piézométriques à l'échelle locale en France. Des financements spécifiques du Ministère de l'Industrie sont accordés à l'époque aux projets de service public du BRGM pour créer et suivre des réseaux piézométriques.

Au début des années 1990, la deuxième augmentation significative du nombre de mesures piézométriques s'explique par l'équipement progressif des piézomètres avec des capteurs à acquisition automatique du niveau des nappes et les fréquences de mesures continues.

Dans la base de données ADES, il ne peut y avoir qu'un niveau d'eau enregistré par jour et par point (excepté pour les aquifères karstiques ou très réactifs où il peut y avoir 2 mesures enregistrées par jour). Ce niveau correspond le plus souvent au maximum journalier. En 2007, avec la mise en place du réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE, dont les stations sont plus nombreuses que celles du RNES-Piézométrie et plus souvent équipées de capteurs à acquisition automatique, le nombre de mesures piézométriques continue d'augmenter. A plus long terme cet indicateur se stabilisera.

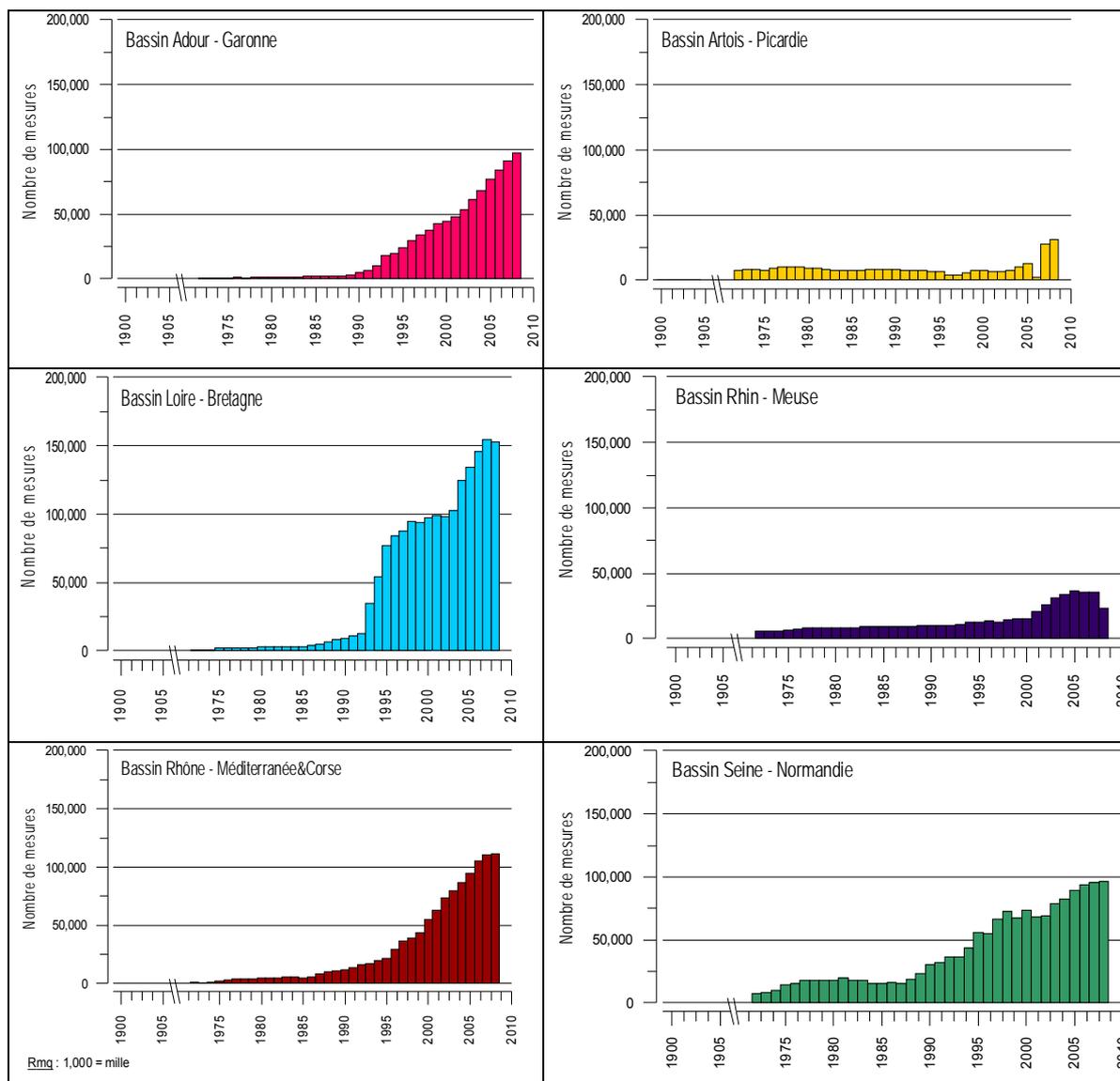
b) Répartition spatiale

Les illustrations 8 et 9 représentent l'évolution du nombre de mesures piézométriques réalisées par année pour chaque bassin hydrographique et dans les DOM-COM.

Pour l'ensemble des bassins et des départements d'Outre-Mer, le nombre annuel de mesures piézométriques augmente chaque année.

Le début de la surveillance du niveau des nappes n'a pas commencé au même moment pour chacun de ces bassins mais elle s'est accrue au début des années 1990 pour l'ensemble. Ceci peut être mis en relation avec la loi sur l'eau de 1992 et le début de la mise en œuvre des premiers programmes d'actions des agences de l'eau pour le suivi du niveau des nappes avec les SAGE et les SDAGE.

Pour les départements d'Outre-Mer, le nombre de mesures piézométriques augmente de manière beaucoup plus significative à partir de 2000, avec la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau.



Nombre total de mesures disponibles dans ADES début 2009

Bassin Adour-Garonne	873 966
Bassin Artois-Picardie	352 790
Bassin Loire-Bretagne	1 721 918
Bassin Rhin-Meuse	587 852
Bassin Rhône-Méditerranée Corse	1 115 961
Bassin Seine-Normandie	1 545 558

Illustration 8 : Évolution du nombre de mesures piézométriques réalisées par année par bassin de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)

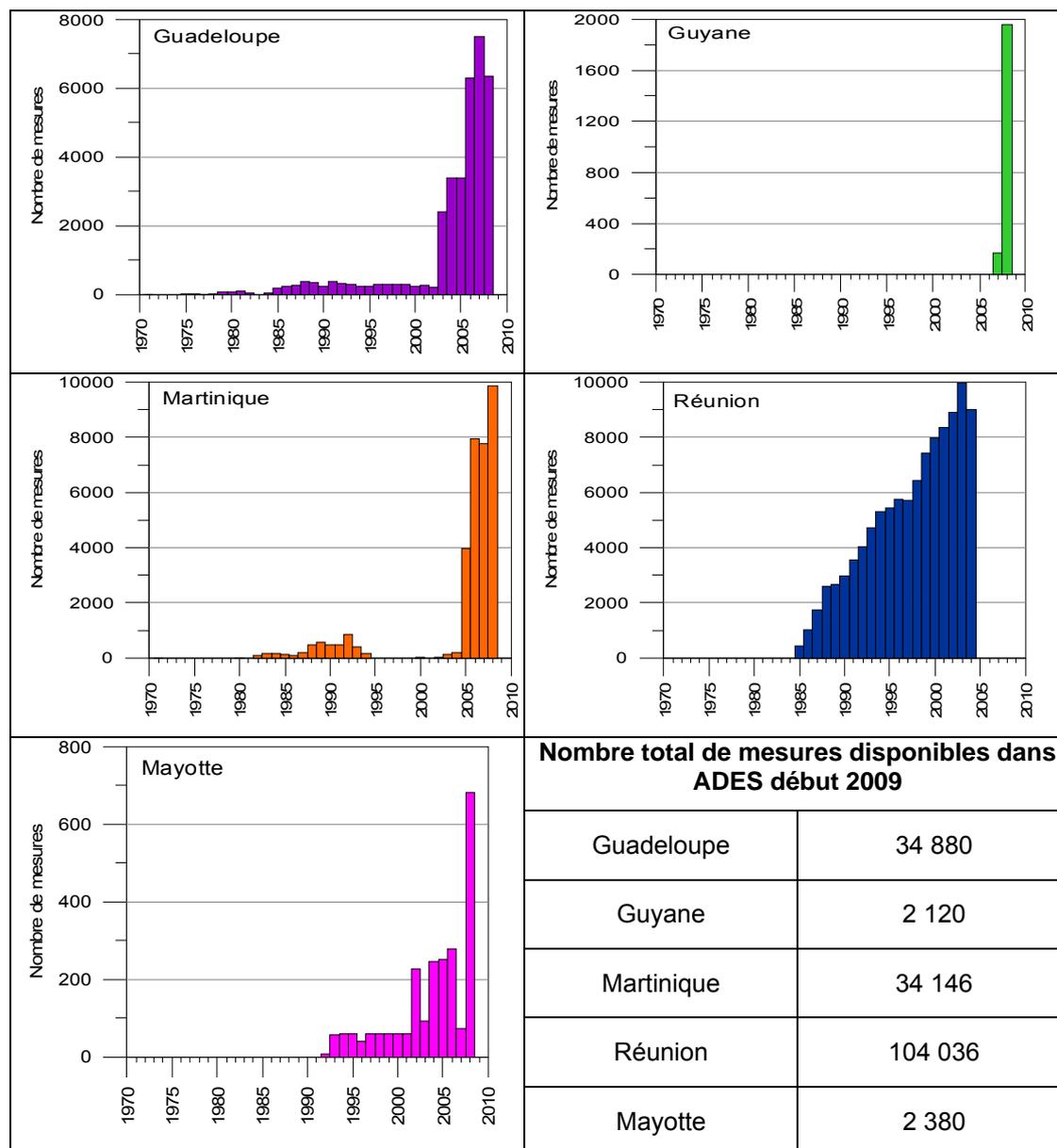


Illustration 9 : Évolution du nombre de mesures piézométriques réalisées par année dans les DOM-COM (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009)

c) Par type de masse d'eau

L'illustration 10 représente l'évolution du nombre de mesures piézométriques par an et par type de masse d'eau dans les stations du réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE.

En France métropolitaine, 533 masses d'eau souterraine ont été identifiées. A fin avril 2009, 385 d'entre elles, soit 72 %, disposaient de mesures piézométriques et étaient donc considérées comme surveillées.

Sur le graphique, la surveillance quantitative des masses d'eau de type sédimentaire et alluviale apparaît plus importante que pour les autres types de masse d'eau. Cependant, le nombre de mesures dans les masses d'eau de type « socle » et de type imperméable localement aquifère a augmenté significativement depuis 2000.

Les raisons de ce constat sont en partie les suivantes:

- les masses d'eau sédimentaires représentent en France des volumes importants,
- les pressions anthropiques sont généralement plus fortes sur les masses d'eau alluviales et les masses d'eau sédimentaires. Les villes et les industries se sont en effet développées en priorité le long des cours d'eau et exercent par conséquent une pression plus forte sur les aquifères alluviaux. C'est également dans les grands bassins sédimentaires (bassin Parisien et bassin Aquitain) que l'agriculture s'est le plus développée.

Conformément aux prescriptions de la DCE reportées dans le cahier des charges national du Ministère en charge de l'Environnement (MEDD, 2003) toutes les masses d'eau doivent être surveillées. C'est pourquoi, par rapport au RNES, des efforts importants ont du être entrepris pour suivre le niveau dans les masses d'eau de socle (malgré leur hétérogénéité).

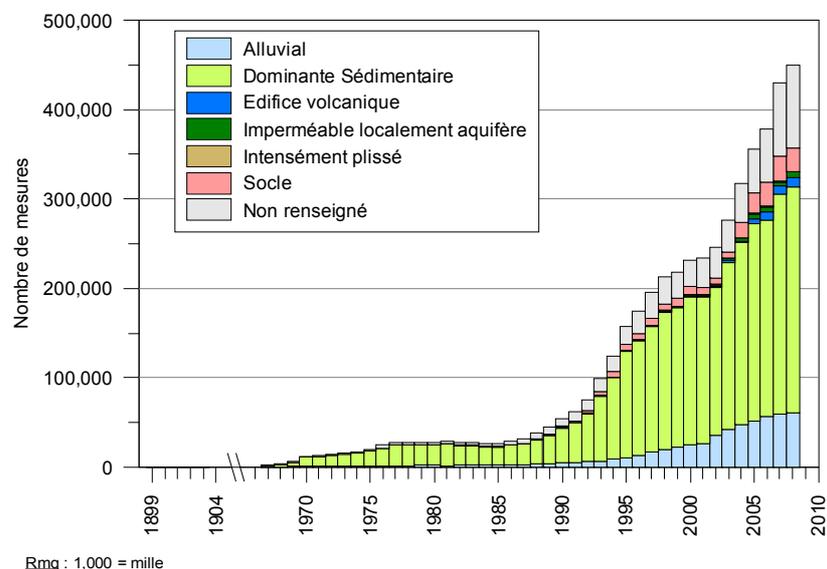


Illustration 10 : Évolution du nombre de mesures piézométriques par année et par type de masse d'eau dans les stations du réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE de 1899 à 2008 (vue ADES le 09/04/2009)

Indicateur n°3 : Nombre d'années de mesures effectuées

a) Au niveau national

L'illustration 11 montre le nombre de piézomètres en métropole répartis en fonction du nombre d'années de mesures, c'est à dire en fonction de la longueur des chroniques piézométriques.

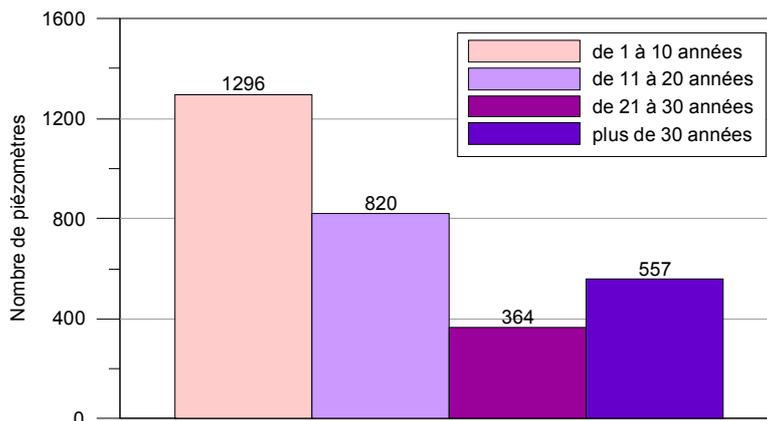


Illustration 11 : Répartition nationale du nombre de points par nombre d'années de mesures piézométriques de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009).

A la date d'extraction d'ADES (le 08/04/2009) le nombre de piézomètres mesurés en métropole était de 3037, avec une majorité de chroniques de longueurs inférieures à 20 ans (2116 chroniques soit 70 % des piézomètres). Le nombre de chroniques supérieures à 30 ans représente presque 20 % du nombre total de suivi alors que se sont les chroniques piézométriques longues de 20 à 30 ans qui sont le moins représentées en métropole.

b) Répartition spatiale

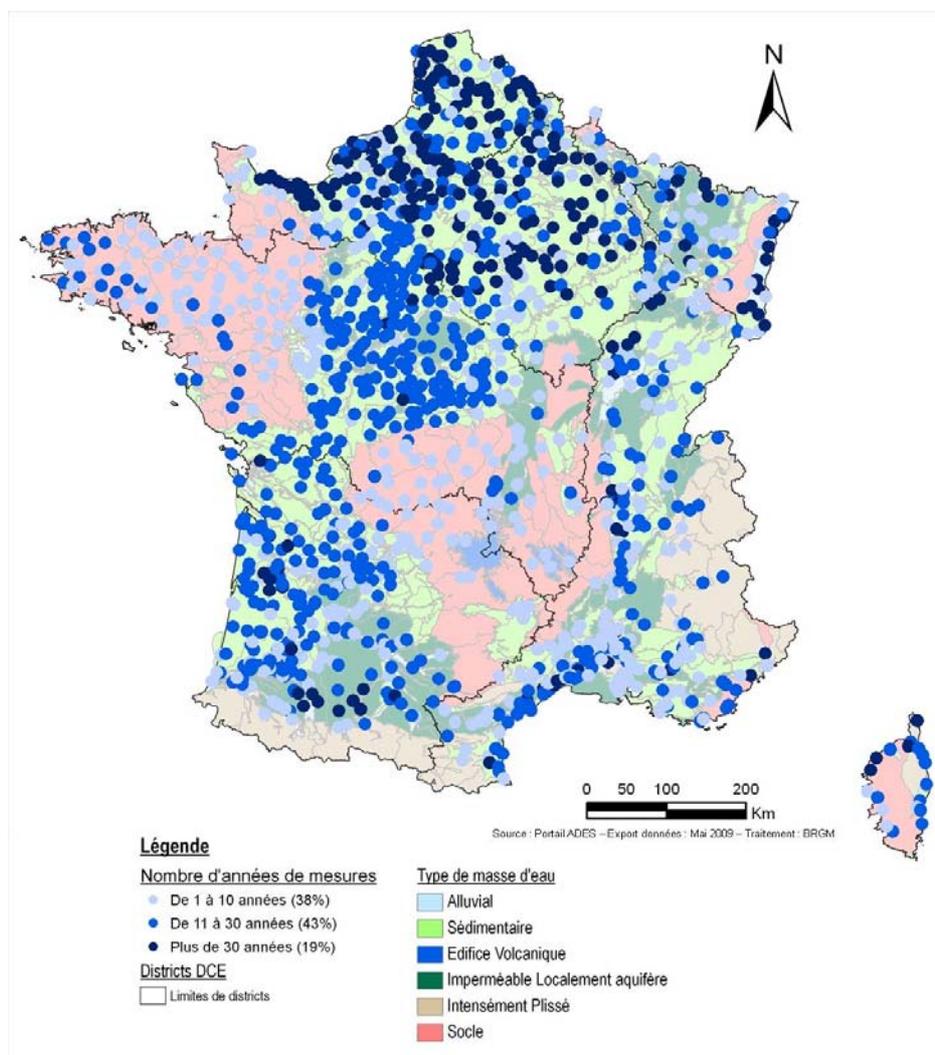
L'illustration 12 représente la répartition du nombre d'années de mesures disponibles par point et le tableau de la répartition de ce nombre par district hydrographique.

Cet indicateur montre un lien entre l'importance des chroniques et le district hydrographique et illustre la politique de gestion et de surveillance des eaux souterraines par grand bassin hydrographique.

En effet, les zones où le nombre d'années de mesures piézométriques est le plus élevé se situent dans les bassins Artois-Picardie, à l'ouest du bassin Adour-Garonne, dans le bassin Rhin-Meuse et enfin le bassin Seine-Normandie. Les historiques les plus courts se situent dans les bassins Loire-Bretagne, Adour-Garonne et au sud du bassin Rhône-Méditerranée et Corse.

Mais c'est également la nature des systèmes aquifères et leur utilisation que cette carte illustre. D'une manière générale les masses d'eau de type « socle » disposent d'un nombre d'années de mesures piézométriques plus courtes (1 à 10 années) que les masses d'eau de type alluvial ou sédimentaire. Ces dernières, prédominantes en Seine-Normandie, en Artois-Picardie et en Adour-Garonne, offrent en effet historiquement une ressource en eau importante, facilement accessible et de qualité. Après la sécheresse exceptionnelle de 1976, les systèmes de surface ne suffisent plus pour subvenir aux usages humains et l'exploitation des aquifères de socle se développe. Ce développement est

également motivé par la nécessité de disposer d'une ressource de meilleure qualité que les cours d'eau, de plus en plus pollués par les nitrates, ne parviennent plus à offrir.



Répartition en % du nombre de points du réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE par nombre d'années de mesures piézométriques disponibles					
District	Nombre de points	Nombre d'années de mesures			
		De 1 à 10 années	De 11 à 20 années	De 21 à 30 années	Plus de 30 années
L'Escaut, la Somme et les cours d'eau côtiers de la Manche et de la Mer du Nord	66	12%	17%	9%	62%
La Meuse et la Sambre	26	38%	19%	23%	19%
Le Rhin	58	41%	14%	12%	33%
Le Rhône et les cours d'eau côtiers méditerranéens	273	52%	25%	14%	10%
Les cours d'eau côtiers de la Corse	19	21%	21%	37%	21%
L'Adour, la Garonne, la Dordogne, la Charente et les cours d'eau côtiers charentais et aquitains	276	40%	45%	8%	6%
La Loire, les cours d'eau côtiers vendéens et bretons	364	41%	53%	4%	2%
La Seine et les cours d'eau côtiers normands	301	23%	14%	14%	48.2%
Total	1383				

Illustration 12 : Répartition par district du nombre d'années de mesures piézométriques disponibles par point pour le réseau de contrôle de surveillance de l'état quantitatif DCE et tableau statistique (vue ADES du 08/04/2009)

Les illustrations 13 et 14 présentent la répartition du nombre de piézomètres par bassin et par DOM par nombre d'années de mesures piézométriques.

Les proportions au niveau national (Illustration 11), ne se retrouvent pas forcément à l'échelle des bassins, sauf pour Adour–Garonne et Rhône–Méditerranée et Corse. Les bassins Rhin–Meuse, Artois–Picardie et Seine–Normandie disposent de plus de piézomètres avec 21 à 50 années de mesures que de piézomètres avec 1 à 10 années de mesures. Le bassin Loire–Bretagne possède lui une majorité de points disposant de 11 à 20 années de mesures. Comme évoqué précédemment, le contexte hydrogéologique et en particulier l'importance de aquifères sédimentaires explique en partie ce constat.

Seuls les bassins Artois–Picardie, Rhin–Meuse et Seine–Normandie disposent de points d'eau avec plus de 50 années de mesures.

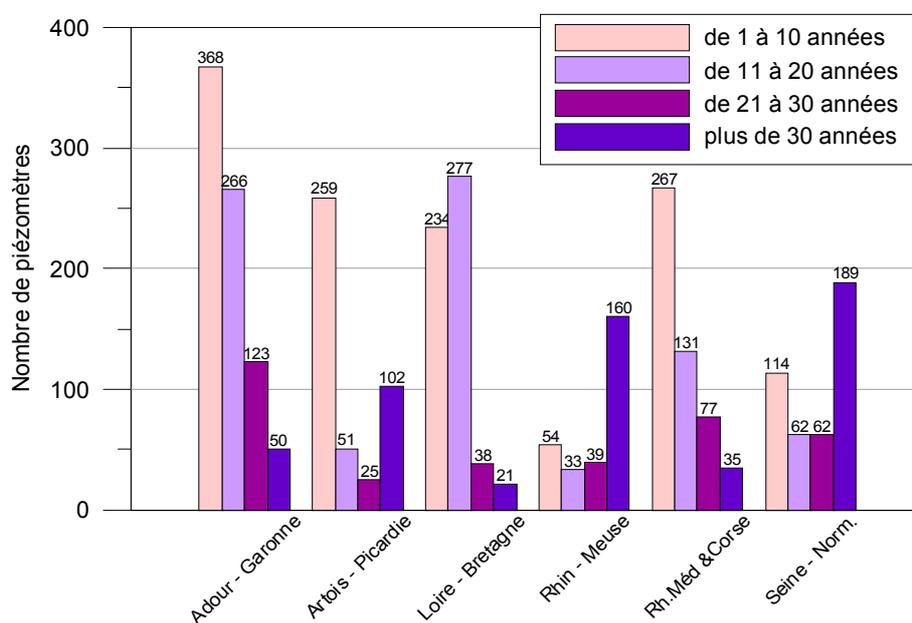


Illustration 13: Répartition en France métropolitaine du nombre de points d'eau par nombre d'années de mesures piézométriques par bassin de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009).

Dans les DOM-COM, la majorité des piézomètres disposent de 1 à 10 années de mesures. Aucun département ne dispose de points ayant plus de 30 années de mesures. La Guadeloupe et la Martinique possèdent quelques points qui ont entre 21 et 30 années de mesures.

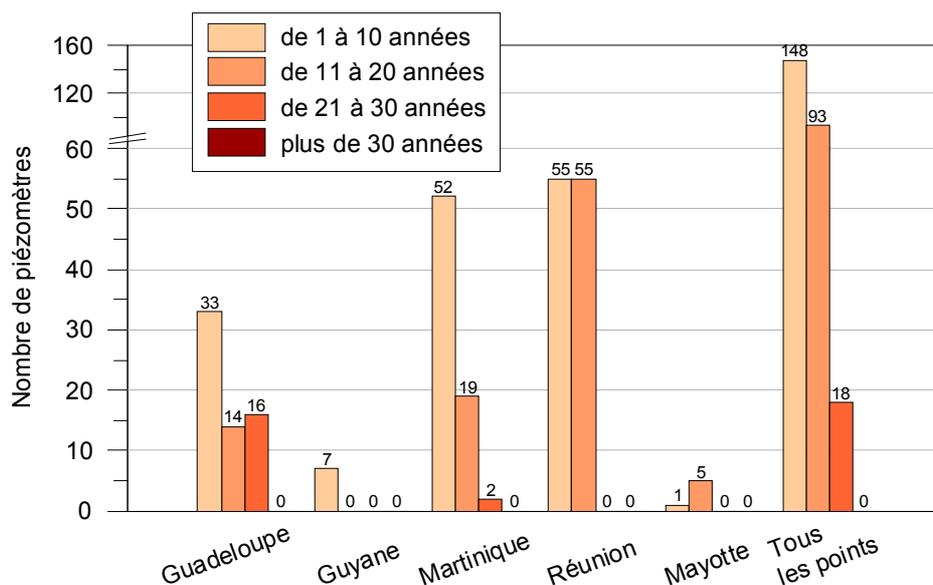
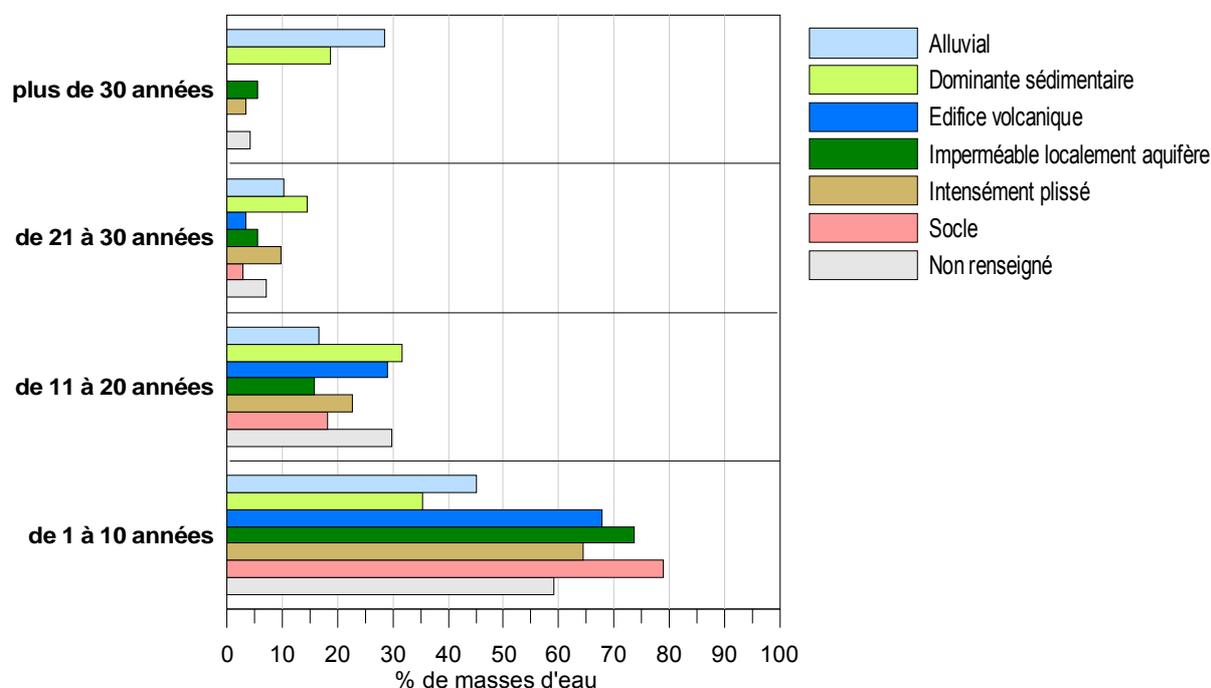


Illustration 14 : Répartition du nombre de points d'eau par nombre d'années de chroniques piézométriques par DOM-COM de 1970 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 08/04/2009).

Indicateur n°4 : Nombre d'années de mesures piézométriques disponibles

L'illustration 15 représente la répartition du nombre de masses d'eau par type en fonction du nombre d'années de mesures piézométriques disponibles pour les piézomètres du réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE.



Exemple de lecture : près de 10% des masses d'eau de type "intensément plissé" disposent de 20 à 30 années de mesures piézométriques

Illustration 15 : Répartition du nombre de masses d'eau par nombre d'années de mesures piézométriques disponibles (piézomètres du réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE le 09/04/2009).

Bien que les mesures soient plus fréquentes dans les masses d'eau de type alluvial et sédimentaire (cf. Illustration 10), ces masses d'eau ne disposent pas obligatoirement d'historiques de mesures plus longs. Le graphique ci-dessus (cf. Illustration 15) met en évidence ce fait. Les masses d'eau de type imperméable localement aquifère possèdent également des chroniques de mesures relativement longues, supérieures à 30 ans pour 5% de ce type de masse d'eau, et les masses d'eau de type «socle» ont des chroniques de mesures pouvant atteindre 30 ans.

Ceci permet de constater que lors de l'évaluation de l'état qualitatif des masses d'eau, chaque type de masse d'eau disposera de chroniques de mesures de longueur à peu près équivalente.

2.3.3. INDICATEURS RELATIFS AUX PRODUCTEURS DE DONNEES

Indicateur n°5 : Évolution du nombre de producteurs effectuant des mesures piézométriques

L'illustration 16 présente l'évolution annuelle du nombre de producteurs de mesures piézométriques et l'évolution annuelle du nombre de mesures piézométriques par type de producteur.

Le tableau de l'illustration 17 présente les producteurs de mesures piézométriques dans les DOM-COM.

Le nombre de producteurs de données piézométriques augmente chaque année depuis 1970. Cette tendance est également observée pour le nombre de mesures réalisées par année par type de producteurs. A partir de 2005, le nombre de producteurs tend à se stabiliser de sorte qu'en 2007 et 2008, le nombre de producteurs est identique. Pour le nombre de mesures, la tendance devrait suivre à plus long terme, celle de l'indicateur "Nombre de producteurs", à savoir une augmentation moins significative puis une stabilisation.

Après 1992, il apparaît que seul le nombre de producteurs de type "collectivités locales" augmente significativement. Cette tendance s'expliquerait en partie par la loi sur l'eau de 1992 qui instaure une gestion quantitative de l'eau par bassin et établit la mise en place des SAGE et des SDAGE. L'acquisition des données piézométriques se fait alors de plus en plus à l'échelle locale avec les délégations de maîtrise d'ouvrage nationale à l'échelle locale pour l'acquisition des données. Néanmoins il faut également prendre en compte que les mesures réalisées par les collectivités locales sont en partie financées par les agences de l'eau.

A partir de 2007, suite au transfert de la maîtrise d'ouvrage du réseau quantitatif DCE au BRGM, on observe une augmentation du nombre de mesures piézométriques réalisées par le BRGM. Cette augmentation est d'autant plus importante que, conformément au cahier des charges national, les piézomètres des réseaux DCE sont équipés de dispositifs de mesures continues.

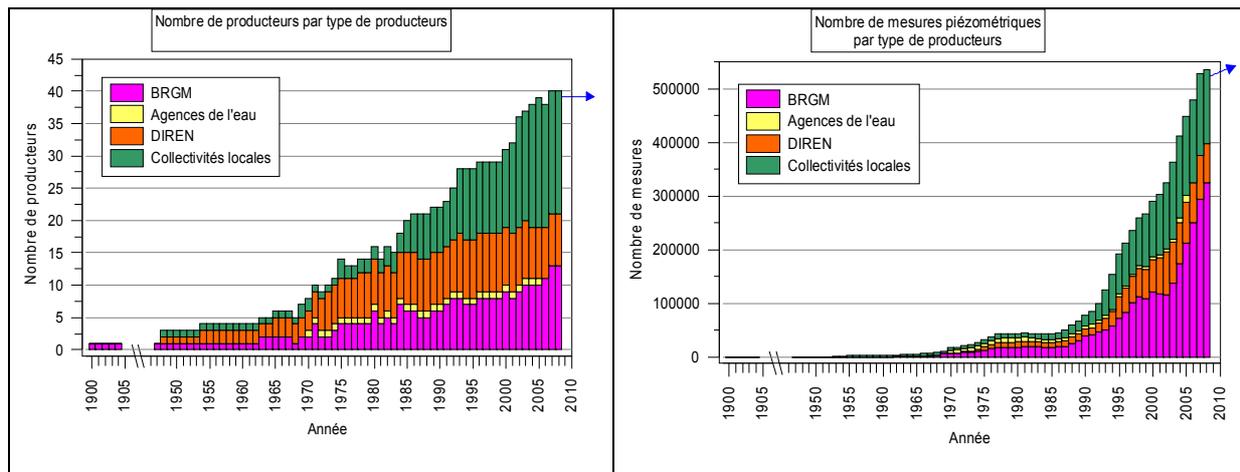


Illustration 16 : Évolution du nombre de producteurs et du nombre de mesures par type de producteurs par année de 1899 à 2008 (ensemble des piézomètres de la base ADES le 18/05/2009)

Dans les départements d'outre-mer (illustration 17), il n'existe qu'un seul producteur de données piézométriques: le Service Géologique Régional du BRGM. Une exception existe à la Réunion où historiquement deux organismes, le BRGM et l'Office de l'Eau de la Réunion, ont acquis des données piézométriques.

	Producteurs de données	Période
Guadeloupe	BRGM Guadeloupe	1971-2008
Guyane	BRGM Guyane	2008
Martinique	BRGM Martinique	1971-2008
Réunion	Office de l'Eau de la Réunion	1985-2008
	BRGM Réunion	1992-2008

Illustration 17 : Producteurs de données piézométriques dans les DOM – COM (ensemble des piézomètres de la base ADES le 18/05/2009)

2.3.4. CONCLUSIONS SUR LES INDICATEURS D'ÉVOLUTION DES RESEAUX DE SUIVI QUANTITATIF

D'après cet aperçu de l'évolution de la surveillance du niveau des nappes en France, plusieurs faits sont à retenir :

- La surveillance du niveau des nappes est une histoire ancienne puisqu'elle a débuté dès la fin du 19^{ème} siècle. Jusqu'en 2007, par le nombre de piézomètres comme par le nombre de mesures du niveau des nappes réalisées, la surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines était en constante augmentation. Cette tendance est en accord avec l'évolution de la législation française et européenne (création des agences de l'eau en 1964, loi sur l'eau

de 1992, publication de la directive cadre sur l'eau en 2000, nouvelle loi sur l'eau en 2006). Une stabilisation de la surveillance est cependant à prévoir à partir de 2008.

- Jusqu'à la fin des années 90, la surveillance du niveau des nappes des eaux souterraines dépendait principalement de décisions locales. Avec la signature du protocole du RNES en 1999 et la mise en place des réseaux DCE fin 2006, un réseau national harmonisé s'est progressivement mis en place. Aujourd'hui, quasiment toutes les masses d'eau sont suivies.
- Des historiques importants sont donc disponibles sur un grand nombre de piézomètres et mériteraient d'être d'avantage exploités pour caractériser le comportement hydrodynamique des nappes. Dans le Bassin Parisien et le Bassin Aquitain, la plupart des piézomètres retenus dans le réseau DCE de suivi de l'état quantitatif des masses d'eau offre des séries de données supérieures à 10 ans (plus de la moitié des points) et parfois même supérieures à 30 ans (19% des points principalement situés dans les bassins Artois-Picardie et Seine-Normandie).
- Longtemps la surveillance du niveau des nappes s'est contentée de 2 relevés annuels dans les nappes libres et d'un relevé annuel dans les nappes captives (même si localement et ponctuellement des mesures mensuelles ont été réalisées). Ces dernières années, les évolutions technologiques ont permis de disposer de mesures en continu des niveaux piézométriques.

2.4. Indicateurs des efforts de surveillance et de bancarisation pour le suivi qualitatif

2.4.1. INDICATEURS RELATIFS AUX QUALITOMETRES

Définition d'un qualitomètre (SANDRE, 2005b) : « la station de mesure de la qualité des eaux souterraines (ou qualitomètre) est un point d'eau ou un ensemble de points d'eau où l'on effectue des mesures ou des prélèvements en vue d'analyses physico-chimiques, bactériologiques..., pour déterminer la qualité de l'eau qui en est issue. ».

Indicateur n° 6 : Évolution du nombre de qualitomètres

a) Au niveau national

L'illustration 18 représente l'évolution du nombre de qualitomètres mesurés par année dans ADES (valeurs brutes et cumulées), de 1942 à 2008 pour l'ensemble des qualitomètres de la base ADES.

Le graphique montre que le nombre total de qualitomètres a augmenté depuis 1942 et de manière plus significative depuis les années 90. Trois augmentations significatives du nombre de nouveaux qualitomètres sont observées en 1983, 1991 et en 1996.

L'augmentation brutale de 1996 est liée aux données des réseaux de surveillance de la qualité des eaux brutes destinées à l'AEP des DDASS. Pour la plupart des ces qualitomètres, la première année de disponibilité des données est 1996. Pour la bancarisation dans ADES des données issues de la banque nationale SISE-EAUX, gérée par la Direction Générale de la Santé (DGS), l'année 1995 a été retenue arbitrairement pour distinguer les données récentes et valides de données plus anciennes et considérées comme non valides.

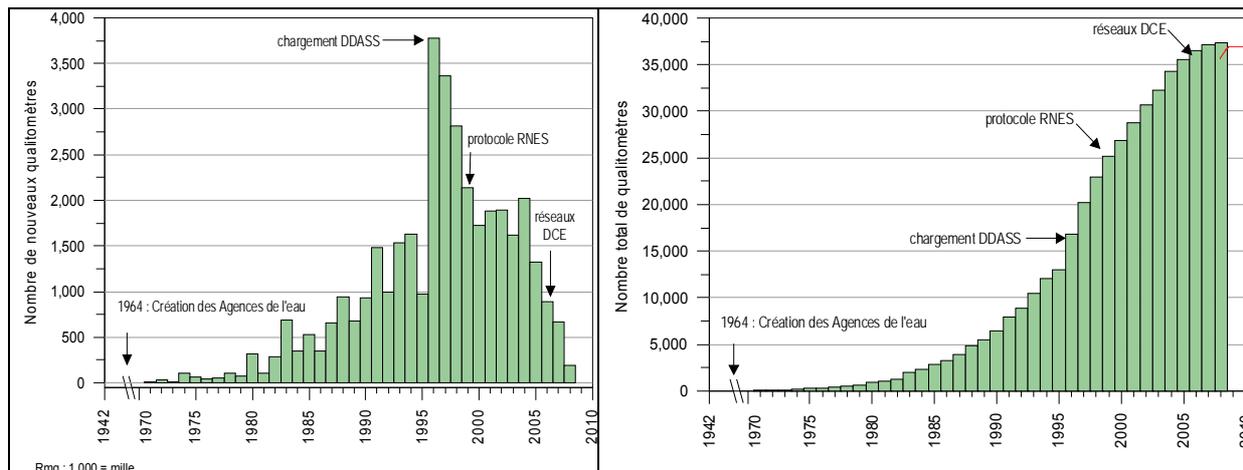


Illustration 18 : Évolution du nombre de qualitomètres mesurés par année de 1942 à 2008 (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 08/06/2009). a) nombre de nouveaux qualitomètres par année, b) nombre cumulé de qualitomètres par année.

Avec la rationalisation des réseaux de surveillance qui, sous l'impulsion de la DCE, s'achève en 2007, cette tendance à la hausse devrait progressivement s'estomper et une stabilisation du nombre total de qualitomètres dans ADES est à prévoir à partir de 2008 et de 2009.

L'augmentation du nombre de qualitomètres est également liée à la bancarisation des données des industriels acquises dans le cadre de l'autocontrôle des sites industriels (Installation Classées et Sites Pollués). Plus de 20000 qualitomètres seront bancarisés à la fin de l'opération de rattrapage de bancarisation des données historiques, opération réalisée dans le cadre des conventions entre le MEEDDM/DGPR, les agences de l'eau et le BRGM. Ensuite les industriels poursuivront l'alimentation régulière de ces données à l'aide d'un outil mis à leur disposition (GIDAF – Gestion Informatisée des Données d'Auto-surveillance Fréquente).

A la date du 8 juin 2009, 42 959 qualitomètres étaient bancarisés dans ADES, dont 37 399 possédaient au moins une analyse chimique.

b) Répartition spatiale

L'illustration 19 représente l'évolution de la localisation des qualitomètres en France métropolitaine et dans les DOM-COM.

En 1970, les premiers qualitomètres étaient localisés dans les bassins Rhin–Meuse et Artois-Picardie.

En 1992, l'ensemble du réseau national se densifie avec une meilleure répartition spatiale des mesures. Quelques zones ne sont cependant pas couvertes en 1992 lorsqu'on interroge ADES, notamment la Bretagne, une grande partie du Massif Central, la zone centre et Est du bassin Adour-Garonne ainsi que le centre du bassin Seine-Normandie.

En 2006, les qualitomètres se répartissent sur l'ensemble de la France métropolitaine.

Les premiers qualitomètres implantés en Outre-Mer se situent dans les départements de la Réunion et de la Martinique en 1993. En 2007, l'ensemble des départements d'Outre–Mer dispose de points de suivi de la qualité des eaux souterraines.

La collectivité de Mayotte a créé son réseau de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines en 2008, ce qui explique pourquoi aucun point ne figure sur la carte.

Pour compléter cet aperçu de l'évolution de la surveillance de la qualité des eaux souterraines en France métropolitaine, une vidéo est disponible sur le CDROM annexé à ce rapport. Cette vidéo montre pour chaque année, de 1950 à 2007, les nouveaux qualitomètres (points rouges) et l'ensemble des qualitomètres disponibles (points bleus).

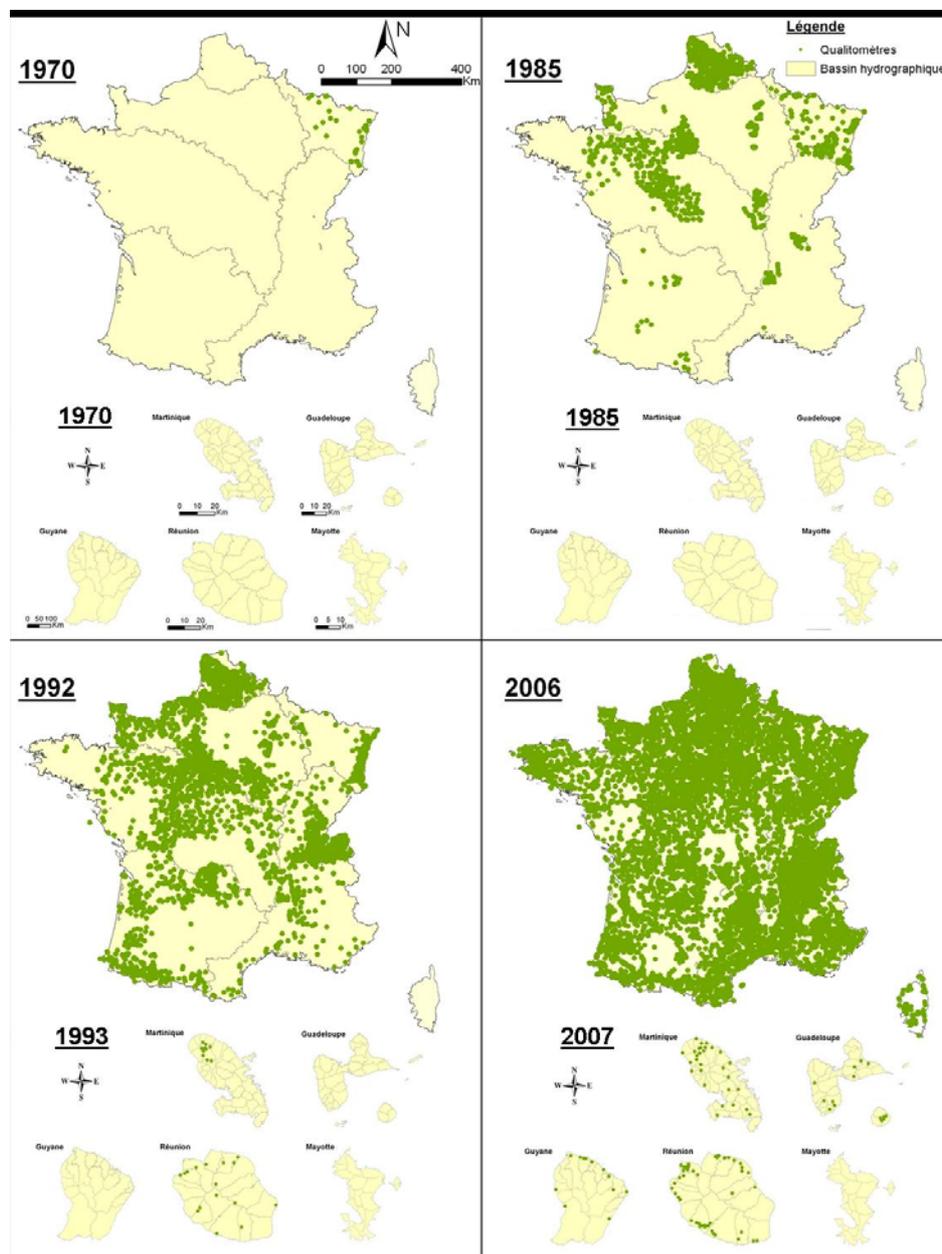


Illustration 19 :Évolution de la localisation des qualitomètres en France métropolitaine et dans les DOM-COM (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 18/05/2009).

Remarque : des années de référence différentes ont été retenues pour les DOM afin de tenir compte des années charnière de chaque territoire. Le RCS s'est mis en place avec une année de retard dans la plupart des DOM. L'année 2006 ne pouvait donc pas être retenue pour montrer une situation récente de la surveillance.

Les diagrammes des illustrations 20 et 21 représentent l'évolution du nombre de nouveaux qualitomètres enregistrés par année dans ADES pour chaque bassin hydrographique et dans les DOM-COM.

Pour la majorité des bassins, les premiers qualitomètres sont suivis à partir des années 80.

Les plus anciens qualitomètres de la base ADES sont ceux du bassin Rhin–Meuse qui datent de 1942 et de 1955 et ceux du bassin Artois-Picardie qui datent de 1967 et de 1978. Face à une pollution croissante des nappes par les nitrates, ces bassins ont été les premiers à implanter des réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines.

Pour les autres bassins, les premiers qualitomètres sont apparus en 1985.

Pour les départements et les collectivités d'Outre-Mer, la surveillance qualitative des eaux souterraines s'est mise en place plus tardivement qu'en métropole, à partir des années 1990.

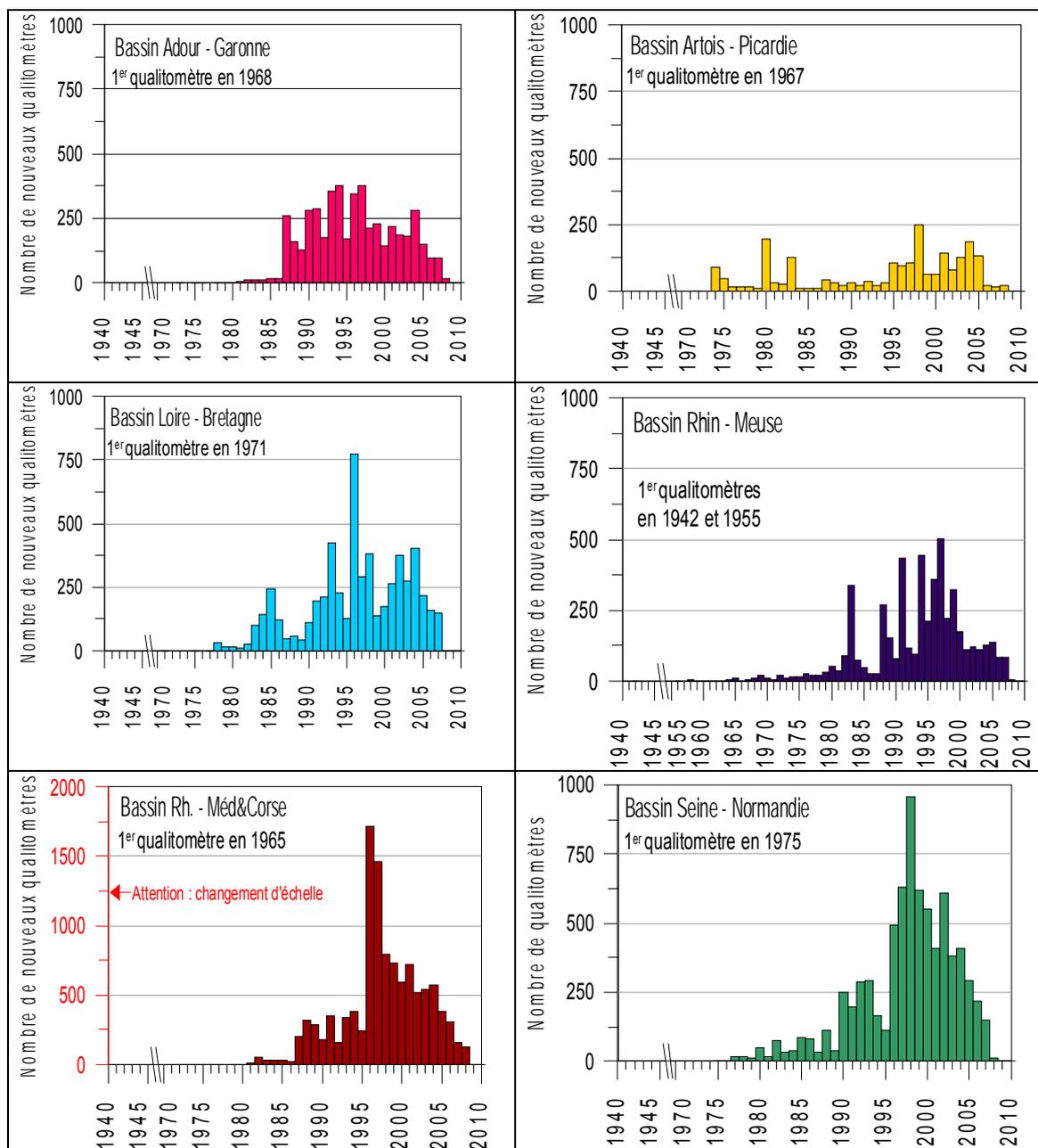
La Réunion et la Martinique sont les premiers départements à avoir surveillé la qualité de leur ressource en eau souterraine.

Depuis les directives européennes de 1998 et 2000³, de nombreux financements sont accordés aux départements d'Outre-Mer pour soutenir la mise en place de réseaux de surveillance. Plus récemment, sous l'impulsion de l'ONEMA, il a été clairement demandé de mettre en œuvre les dispositifs nécessaires dans les DOM-COM pour appliquer les obligations de la directive 2000/60/CE.

La Guyane et la Guadeloupe ont achevé la mise en place des réseaux DCE de surveillance de l'état qualitatif en 2007.

La collectivité de Mayotte a mis en place le réseau de contrôle de surveillance de l'état chimique DCE en 2008. Des analyses ont récemment été chargées dans ADES ce qui explique pourquoi Mayotte ne figure pas sur ces indicateurs à la date de rédaction du rapport.

³ Directive 98/83/CE sur la qualité des eaux brutes destinées à la consommation humaine et Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE



Nombre total de qualitomètres dans ADES début 2009	
Bassin Adour-Garonne	4 793
Bassin Artois-Picardie	2 278
Bassin Loire-Bretagne	5 769
Bassin Rhin-Meuse	5 140
Bassin Rhône-Méditerranée et Corse	11 276
Bassin Seine-Normandie	7 624

Illustration 20 : Évolution du nombre de nouveaux qualitomètres suivis par bassin par année de 1940 à 2008 (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 08/06/2009)

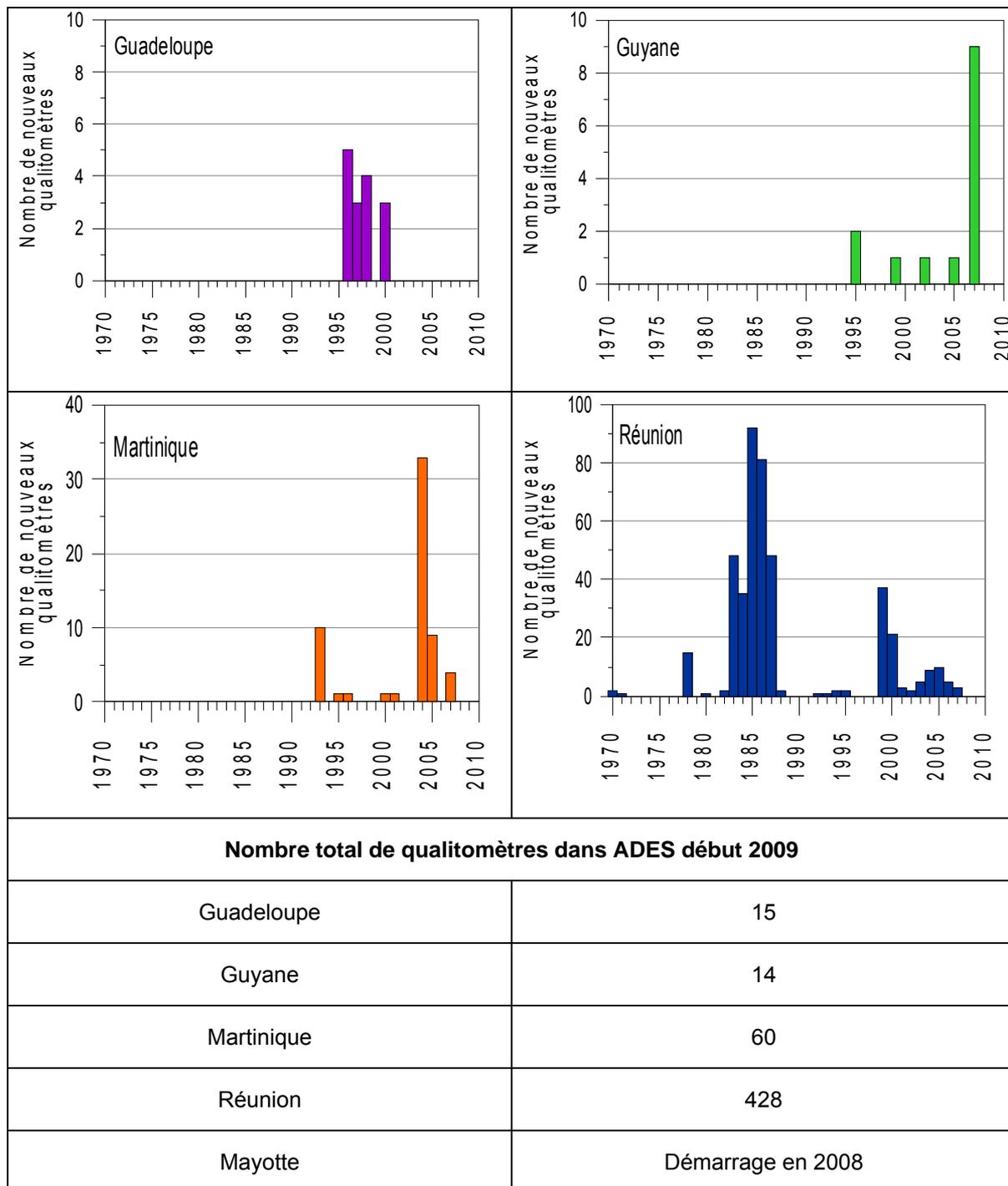


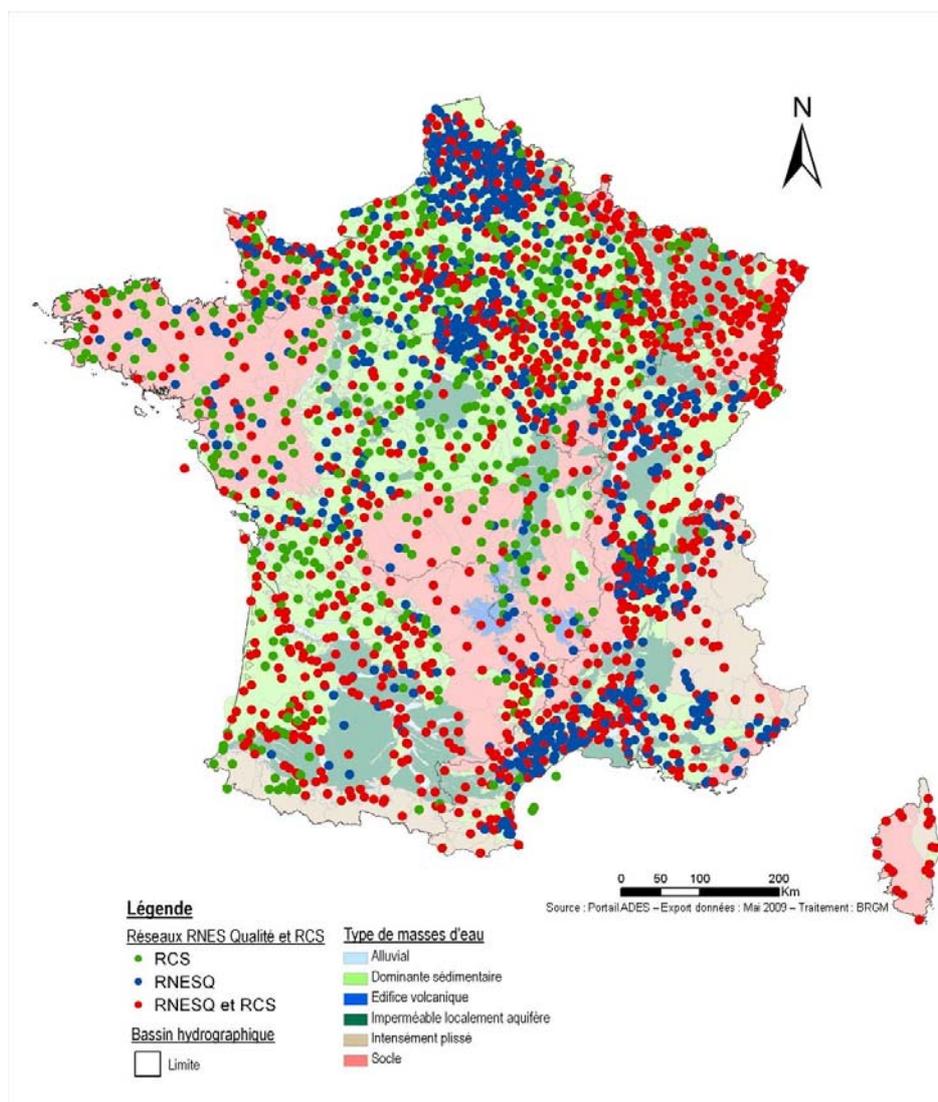
Illustration 21 : Évolution du nombre de nouveaux qualitomètres suivis par année dans les DOM-COM de 1970 à 2008 (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 08/06/2009)

L'illustration 22 présente la répartition des qualitomètres entre les réseaux de surveillance RNES et le Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS).

Malgré des objectifs similaires entre le RNESQ et le RCS (suivi patrimonial des nappes), on constate que seulement 57% des points du RNES ont été repris dans le RCS. Pourtant, dans le souci de disposer de chroniques de mesures longues, les agences de l'eau se sont attachées à pérenniser les sites du RNES dès lors que ceux-ci étaient représentatifs. Avec l'amélioration des connaissances, certains points du RNES sont cependant apparus comme non représentatifs de l'état des eaux souterraines. D'autre part, avec l'introduction du référentiel « masses d'eau », les unités à suivre ont évolué. Le RNESQ visait à suivre l'état des principaux aquifères tandis qu'avec la publication de la DCE, le RCS a pour objectif de donner une image de l'état des masses d'eau souterraine. Bien que celles-ci reposent le plus souvent sur des limites hydrogéologiques, les limites des masses d'eau diffèrent des limites des aquifères (cf. MEDD, 2003a et Normand et Gravier, 2005 pour en savoir plus).

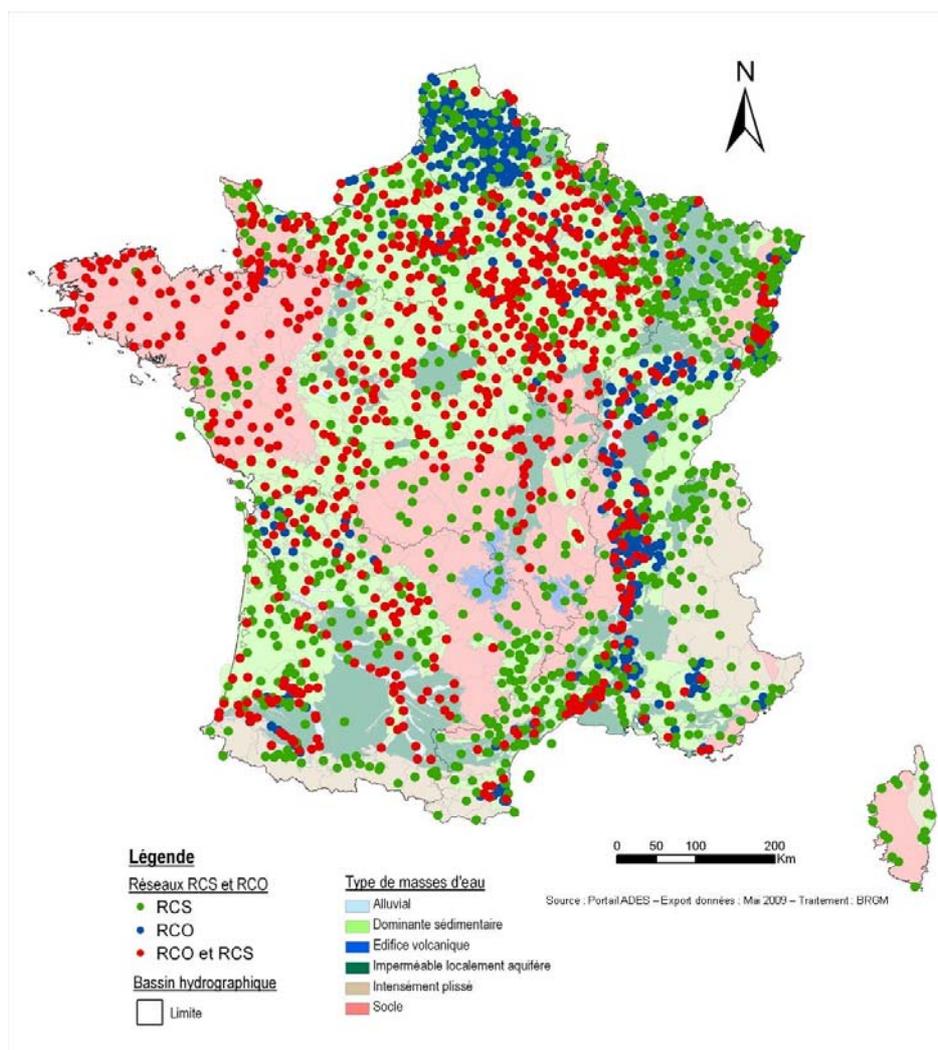
Remarque : les métadonnées du RNES ne sont pas à jour dans ADES. Certains bassins ont mis à jour leur réseau de contrôle de surveillance DCE dans l'ancien RNES. Ce qui entraîne un artefact de répartition et de densité des points du RNES sur les représentations cartographiques. En ce sens, il a été demandé à chaque agence d'actualiser dans ADES ce qu'était le réseau RNES initial avant qu'il n'évolue vers le réseau DCE. A la date de la rédaction de ce rapport, plusieurs agences ont déjà actualisé leur ancien RNES. Fin 2009, l'ensemble des anciens réseaux RNES a été mis à jour.

L'illustration 23 représente les relations entre les deux réseaux mis en place au titre de la DCE : le réseau de contrôle de surveillance (RCS) et les stations du réseau de contrôle opérationnel (RCO). Bien que les RCO mis en place sur les masses d'eau à risque ne soient pas achevés dans tous les bassins (Adour-Garonne par exemple), la comparaison entre ces derniers et le RCS met en évidence des stratégies de surveillance différente d'un bassin à l'autre. Alors que les bassins Artois-Picardie et Rhône-Méditerranée ont identifié un grand nombre de points spécifiquement dédiés au RCO, le bassin Loire-Bretagne a opté pour des points communs et une concentration des efforts financiers sur l'augmentation des fréquences de prélèvement lorsque la masse d'eau est à risque de non atteinte du bon état en 2015. L'agence de l'eau Loire-Bretagne qui doit majoritairement faire face aux pollutions diffuses d'origine agricole, espère ainsi mieux caractériser la tendance d'évolution de la contamination des nappes par les nitrates et les pesticides.



Bassin hydrographique	Nombre de points			Points du RNESQ repris dans le RCS
	RCS	RNESQ	RNESQ et RCS	
Adour - garonne	309	247	215	87%
Artois - Picardie	56	207	53	26%
Loire - Bretagne	337	208	121	58%
Rhin - Meuse	199	185	180	97%
Rhône - Méditerranée&Corse	359	727	347	48%
Seine Normandie	460	486	263	54%
Nombre total	1720	2060	1179	57%

Illustration 22 : Répartition des qualimètres des réseaux de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines: RCS et RNES (RNES Qualité) et statistiques de répartition par bassin hydrographique (vue ADES le 04/06/2009)



Remarque : au moment de l'extraction des données, le RCO du bassin Adour-Garonne n'était pas achevé. Cette carte est donc incomplète et devra être actualisée.

Districts DCE métropolitains	Nombre de points			Points du RCS repris dans le RCO
	RCS	RCO	RCS et RCO	
L'Escaut, la Somme et les cours d'eau côtiers	51	139	6	12%
La Meuse et la Sambre	57	19	7	12%
Le Rhin	143	90	21	15%
Le Rhône et les cours d'eau côtiers méditerranéens	340	347	105	31%
Les cours d'eau côtiers de la Corse	19	0	0	0%
L'Adour, la Garonne, la Dordogne, la Charente	310	177	130	42%
La Loire, les cours d'eau côtiers vendéens et bretons	338	224	224	66%
La Seine et les cours d'eau côtiers normands	462	351	306	66%
Nombre total de points	1720	1347	799	46%

Illustration 23 : Répartition des qualimètres des réseaux de surveillance de l'état chimique du RCS et du RCO et statistiques de répartition par district DCE (vue ADES le 04/06/2009)

Indicateur n° 7 : Répartition des qualitomètres par type de masse d'eau

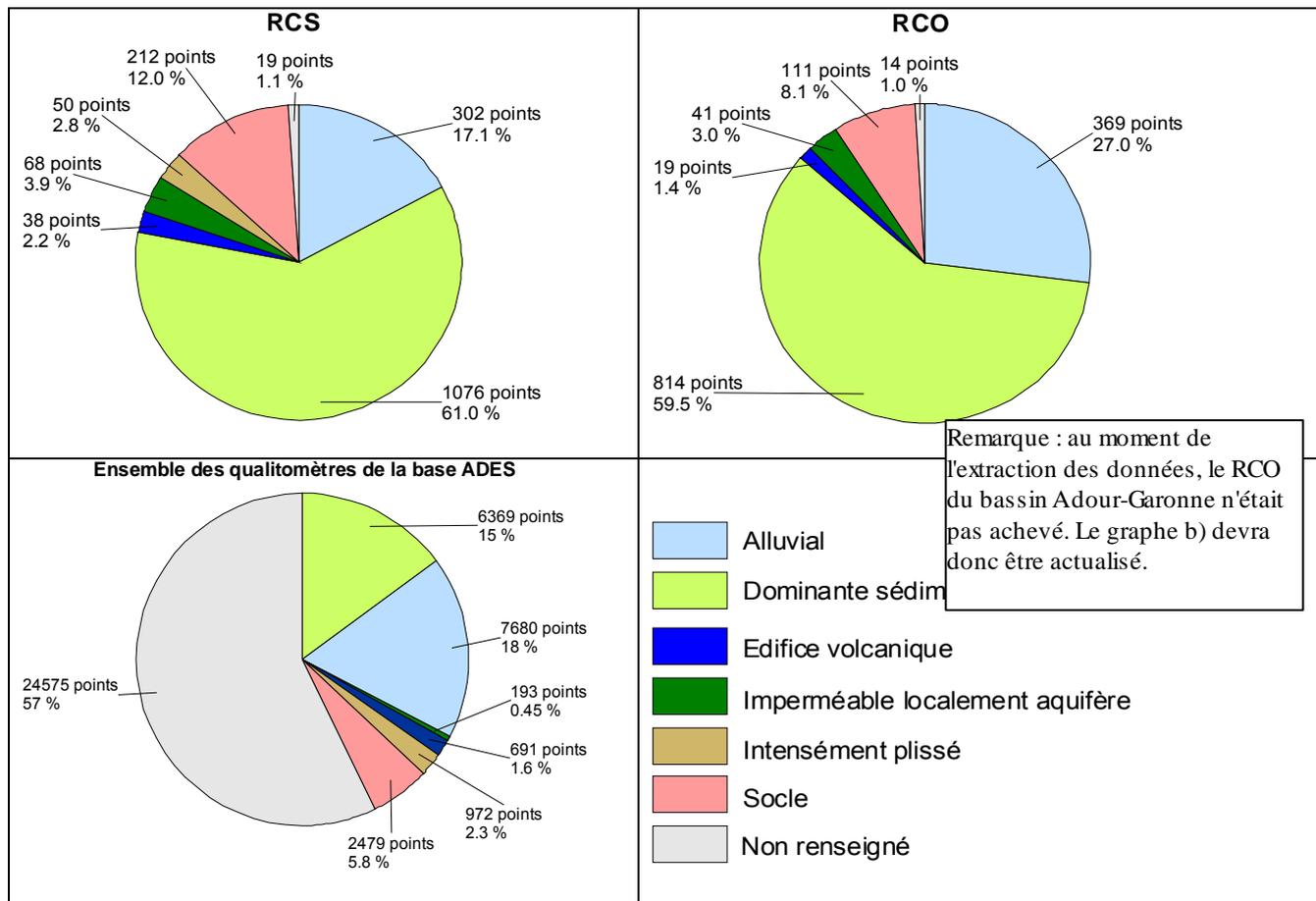
L'illustration 24 représente la répartition des qualitomètres par type de masse d'eau pour le RCS, les RCO et l'ensemble des qualitomètres d'ADES. L'illustration qui suit précise ces statistiques en donnant un aperçu de la répartition du RCS.

Comme pour la piézométrie, les masses d'eau les plus surveillées sont les masses d'eau en domaine sédimentaire ou alluvial. Ce constat est principalement lié à deux facteurs :

- le volume important que représentent les masses d'eau sédimentaires en France,
- les pressions anthropiques généralement plus fortes sur ce type de systèmes. Les villes et les industries se sont en effet développées en priorité le long des cours d'eau et exercent par conséquent une pression plus forte sur les aquifères alluviaux. C'est également dans les grands bassins sédimentaires (bassin Parisien et bassin Aquitain) que l'agriculture s'est le plus développée. C'est précisément ce facteur qui explique que pour les RCO, mis uniquement en place dans les masses d'eau à risque de non atteinte du bon état, la proportion de sites de surveillance soit plus importante dans ces deux types de masses d'eau.

L'hétérogénéité des systèmes alluviaux est également un facteur à prendre en compte. Il n'est cependant pas suffisant pour expliquer de telles différences puisque d'autres types de masses d'eau (masses d'eau de socle en particulier) se caractérisent par de fortes hétérogénéités et devraient à ce titre bénéficier d'une surveillance accrue.

L'illustration 24 montre également que pour 57% des qualitomètres d'ADES, la masse d'eau n'est pas connue (l'aquifère non plus). Les données enregistrées ne peuvent donc pas être mises en relation avec une masse d'eau ou un aquifère et être exploitées correctement. Un travail est cependant en cours pour combler cette lacune. En effet, dans le cadre des conventions 2009 et 2010 entre l'ONEMA et le BRGM, un travail visant à attribuer à chaque captage destiné à l'alimentation en eau potable le code de la masse d'eau, le code de l'aquifère, le mode de gisement (captif, libre, semi-captif) et l'usage, est en cours.



Remarque : au moment de l'extraction des données, le RCO du bassin Adour-Garonne n'était pas achevé. Le graphe b) devra donc être actualisé.

Illustration 24 : Répartition du nombre de qualimètres par type de masse d'eau dans les réseaux de surveillance de l'état quantitatif DCE ; a) RCS, b) RCO et c) dans l'ensemble des réseaux de la base ADES (vue ADES le 08/06/2009)

2.4.2. INDICATEURS RELATIFS AUX ANALYSES

Indicateur n° 8 : Évolution du nombre d'analyses effectuées

Le terme "analyse" signifie "un paramètre mesuré à une date donnée". Ce terme sera utilisé en ce sens dans ce rapport.

a) Au niveau national

Le graphique de l'illustration 25 présente l'évolution du nombre d'analyses disponibles dans ADES par année (valeur cumulée).

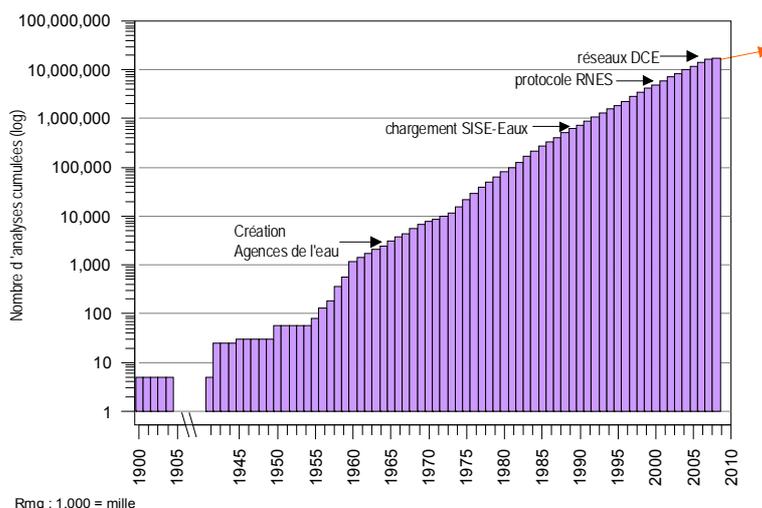


Illustration 25 : Évolution du nombre d'analyses disponibles (valeurs cumulées) par année de 1900 à 2008 pour l'ensemble des qualitomètres de la base ADES (vue ADES le 24/04/2009)

Au moment de la rédaction de ce rapport, plus de 18 millions d'analyses sont enregistrées dans ADES. Ce nombre a considérablement augmenté depuis 1942.

En 50 ans, de 1955 à 2005, le nombre d'analyses dans ADES a été multiplié par 10 000.

Deux augmentations significatives sont observées sur ce diagramme. La première en 1955 et l'autre en 1995. L'augmentation de 1955 peut être mise en relation avec les premières mesures réalisées dans les bassins Artois-Picardie et Rhin-Meuse qui ont dû très tôt faire face aux pollutions des eaux souterraines par les nitrates.

L'augmentation de 1995 est un artefact lié aux données les plus anciennes issues de la base SISE-Eaux dans ADES. En effet, pour des raisons de validité des données historiques, la plupart des données DDASS chargées dans ADES sont des données acquises à partir de 1995.

Il faut également prendre en compte, dans l'augmentation du nombre d'analyses par année, les campagnes photographiques réalisées par les agences de l'eau. Avec le RNES ces campagnes étaient réalisées tous les 5 ans (mais sur des années différentes d'un bassin à l'autre). Aujourd'hui avec la DCE, elles ont lieu tous les 6 ans à partir de 2007.

Aussi, depuis peu, les données acquises par les industriels dans le cadre de l'auto-surveillance des Installations Classées sont bancarisées dans ADES. La plupart de ces données sont saisies à partir de 1998 mais de nombreux Services Géologiques Régionaux ont bancarisé des données avant cette date.

b) Répartition spatiale

Les illustrations 26 et 27 représentent l'évolution du nombre d'analyses réalisées par année pour chaque bassin hydrographique et dans les DOM-COM.

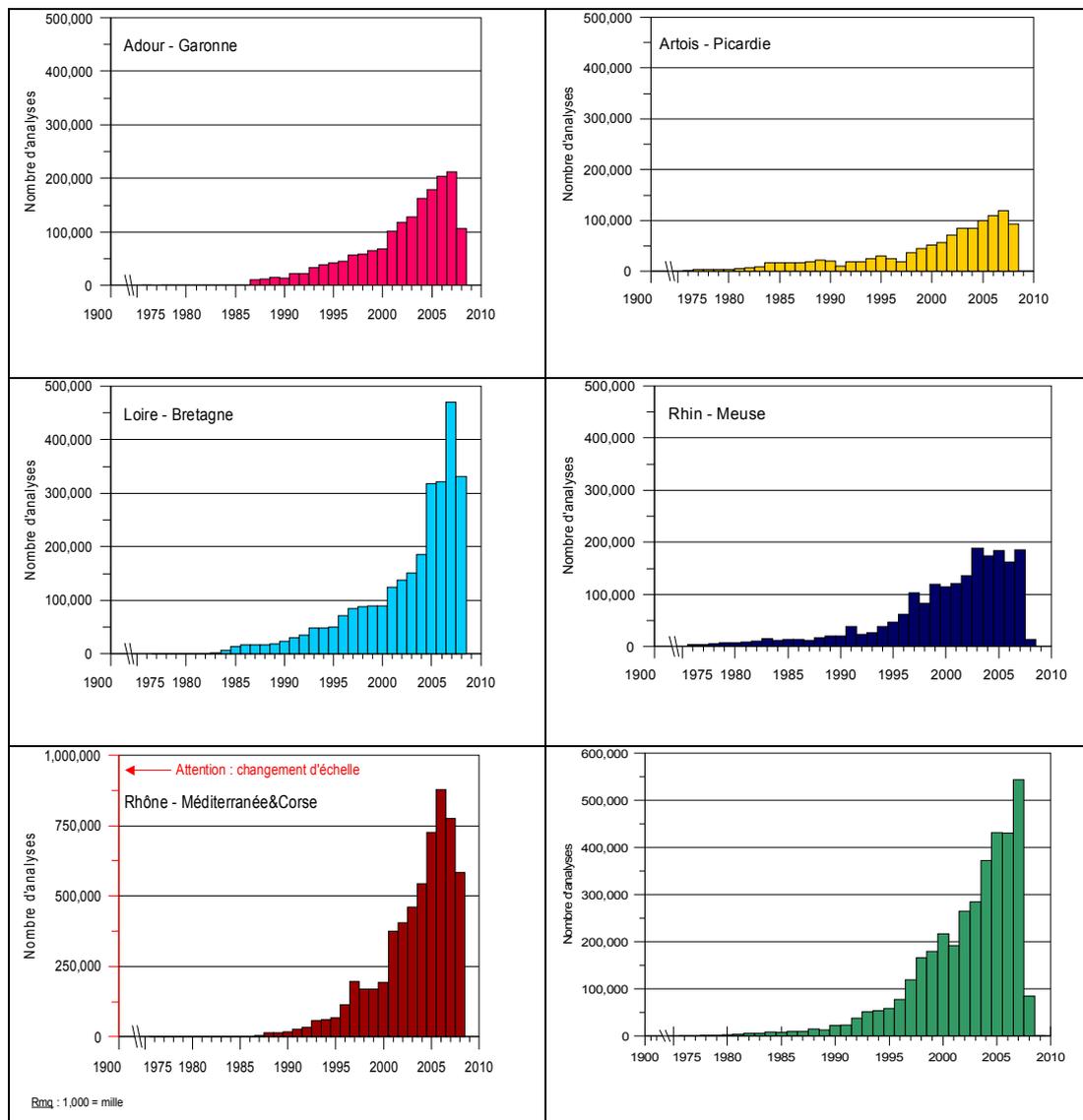
Pour l'ensemble des bassins et des départements d'Outre-Mer, le nombre d'analyses réalisées par année augmente régulièrement.

Le début de la surveillance de la qualité des eaux souterraines a débuté à peu près à la même période pour chacun de ces bassins, au milieu des années 1980. Elle s'est accrue au début des années 1990 pour l'ensemble. Ceci peut être mis en relation avec la loi sur l'eau de 1992 et le début de la mise en œuvre des premiers programmes d'actions des agences de l'eau pour le suivi de la qualité des eaux souterraines avec les SAGE et les SDAGE.

Les bassins Artois–Picardie et Rhin–Meuse avaient initié la surveillance de la qualité des eaux souterraines plus tôt, dans les années 1950 (Cf. Illustration 26).

Chaque bassin ne totalise pas le même nombre d'analyses chaque année. Ces chiffres sont évidemment à mettre en relation avec la superficie que couvre chacun de ces bassins. Deux bassins de proportion équivalente comme les bassins Loire–Bretagne et Seine-Normandie, ont effectué le même nombre d'analyses en 2005 et en 2006, autour de 1 250 000 analyses.

Pour les départements d'Outre–Mer, le nombre d'analyses augmente de manière beaucoup plus significative à partir de 2000, avec la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau.



Nombre total d'analyses disponibles dans ADES début 2009	
Bassin Adour-Garonne	1 722 950
Bassin Artois-Picardie	1 181 631
Bassin Loire-Bretagne	2 799 837
Bassin Rhin-Meuse	2 020 834
Bassin Rhône-Méditerranée et Corse	5 900 174
Bassin Seine-Normandie	3 698 063

Illustration 26 : Évolution du nombre d'analyses réalisées par année de 1900 à 2008 par bassin (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 24/04/2009)

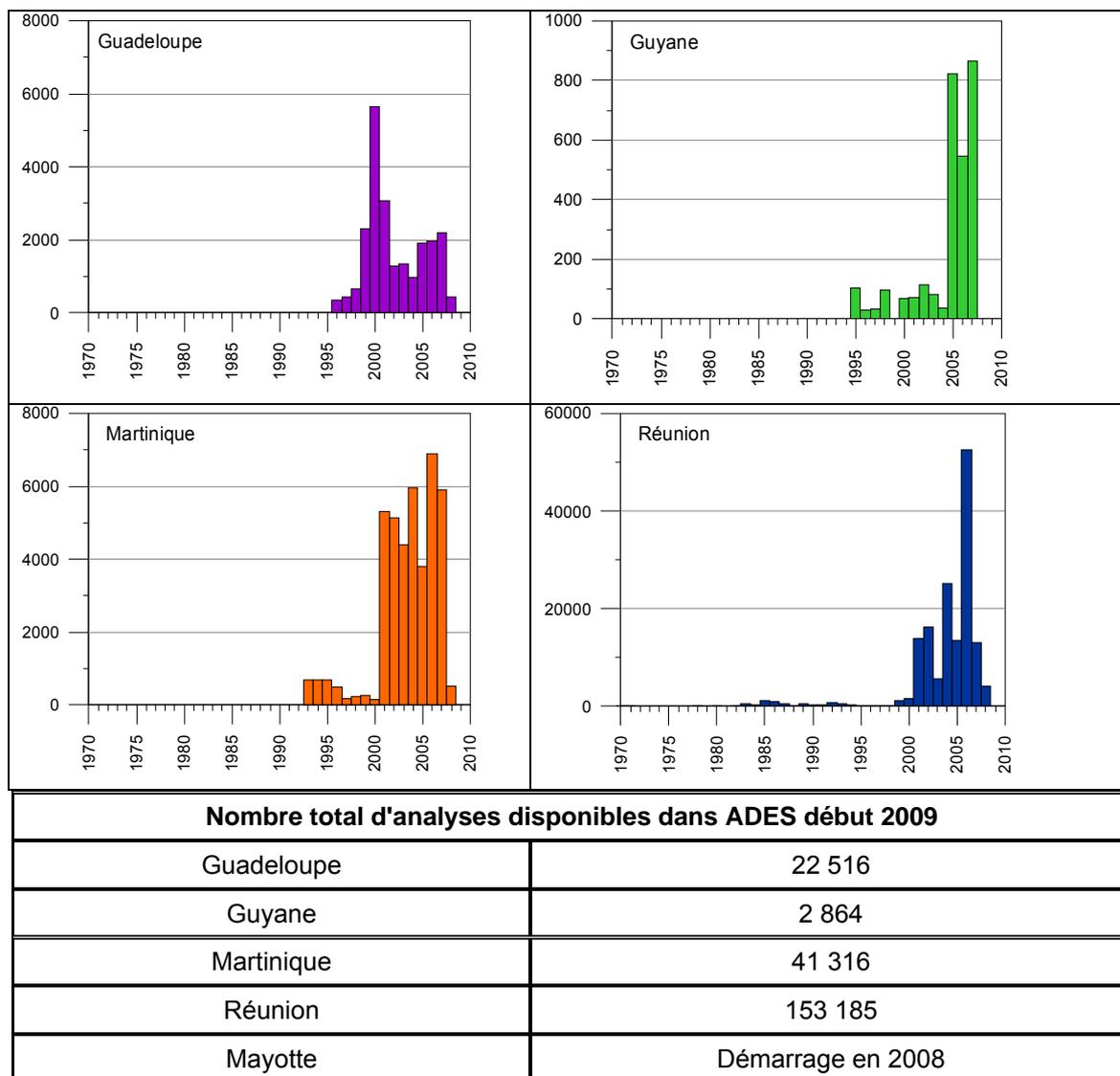
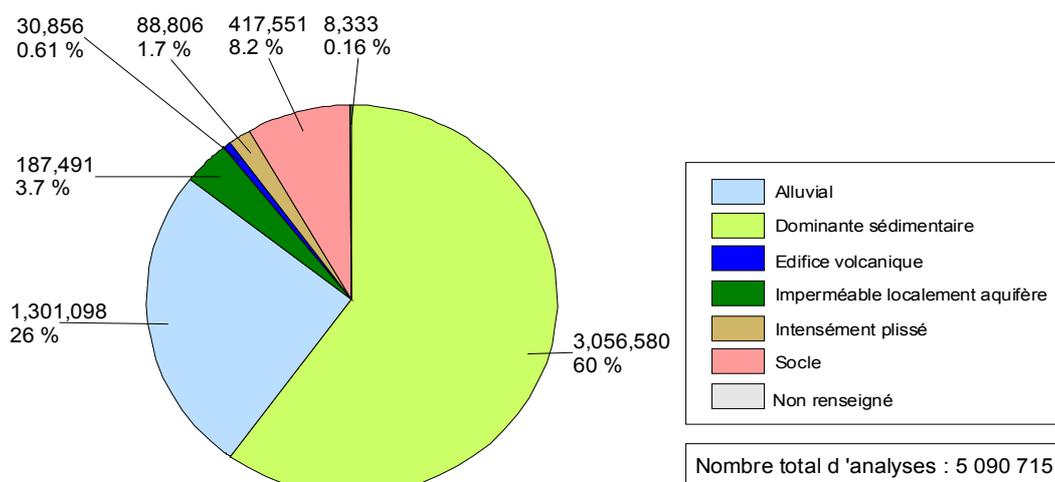


Illustration 27 : Évolution du nombre d'analyses réalisées par année dans les DOM-COM de 1970 à 2008 (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 24/04/2009)

c) Par type de masse d'eau

L'illustration 28 présente la répartition du nombre d'analyses par type de masse d'eau dans le réseau de contrôle de surveillance de l'état chimique.

Le constat est le même que pour l'illustration 24 : ce sont dans les masses d'eau à dominante sédimentaire et les masses d'eau alluviales que la majorité des analyses sont réalisées. Il sera en revanche intéressant de réaliser cet indicateur pour les RCO lorsque ceux-ci seront complets dans la base ADES, pour vérifier si les analyses effectuées dans les masses d'eau à risque de non atteinte du bon état (RNABE) se répartissent de manière significative selon le type de masse d'eau ou non.



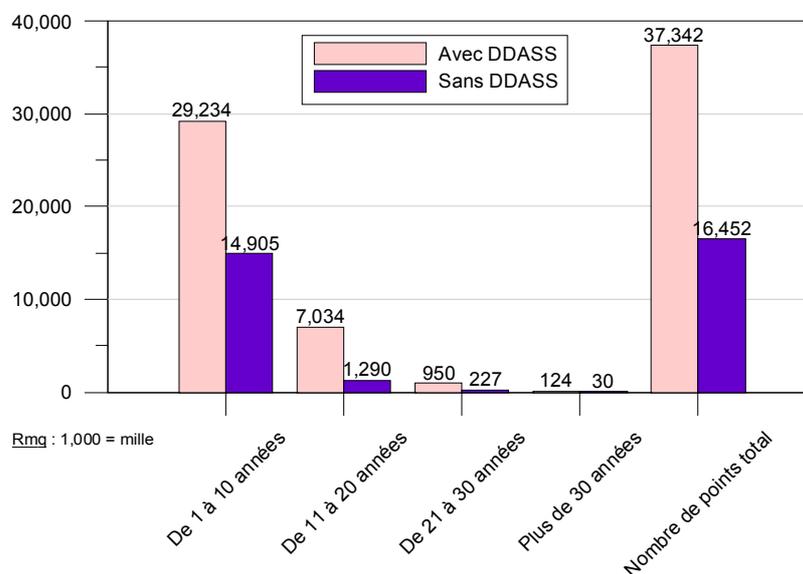
Rmq : 1,000 = mille

Illustration 28 : Répartition du nombre d'analyses par type de masse d'eau dans le réseau de contrôle de surveillance de l'état qualitatif (RCS, vue ADES le 08/06/2009)

Indicateur n° 9 : Nombre d'années d'analyses effectuées

Les illustrations suivantes mettent en évidence les historiques d'analyses chimiques disponibles.

a) Au niveau national



	Analyses (nombre et %)			
	Avec les données DDASS		Sans les données DDASS	
De 1 à 10 années	29234	78.3%	14905	90.6%
De 11 à 20 années	7034	18.8%	1290	7.8%
De 21 à 30 années	950	2.5%	227	1.4%
Plus de 30 années	124	0.3%	30	0.2%
Nombre de points total	37342		16452	

Illustration 29 : répartition du nombre d'années d'analyses disponibles au niveau national (ensemble des qualimètres de la base ADES le 08/06/2009)

b) Répartition spatiale

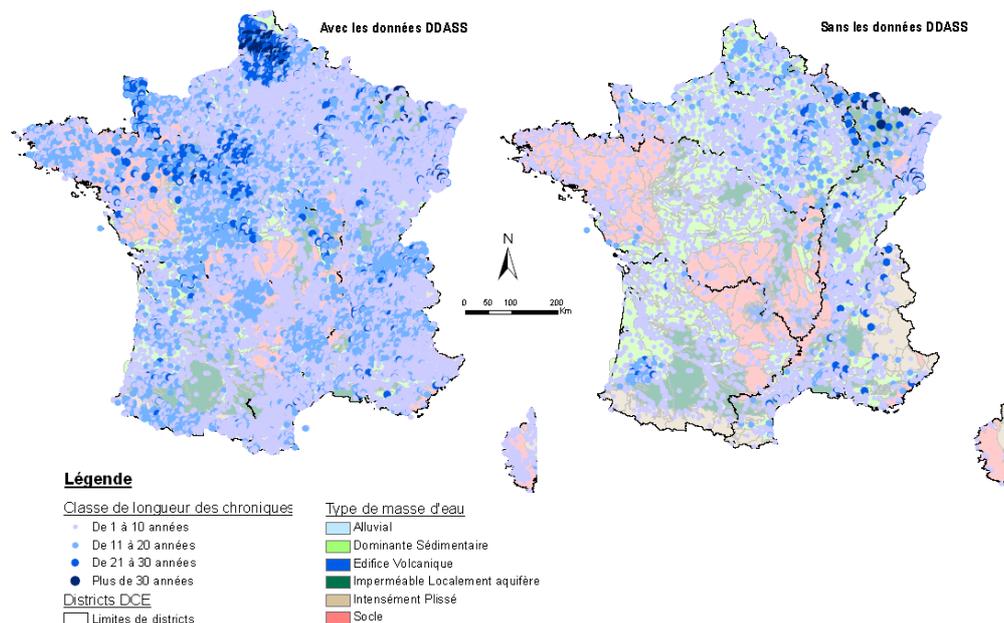


Illustration 30 : Répartition du nombre d'années d'analyses disponibles par qualitomètre (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 08/06/2009) avec ou sans les données DDASS

Ces illustrations montrent que la surveillance de la qualité des eaux souterraines est relativement récente. Le nombre d'années d'analyses disponibles est généralement plus faible que le nombre d'années de mesures piézométriques. Les plus anciennes analyses bancarisées dans ADES datent de 1942.

L'illustration 30 montre que la surveillance de la qualité des eaux souterraines en France a commencé de manière significative il y a environ 10 ans. Plus de 80 % des qualitomètres disposent ainsi de 1 à 10 années d'analyses. Les plus anciens historiques se situent dans l'est de la France et plus particulièrement en Alsace. Ces régions ont dû rapidement faire face à une pollution croissante des eaux souterraines par les nitrates.

Sur la carte de répartition sans les données DDASS, les points pour lesquels le nombre d'analyses disponibles est le plus faible se situent dans les masses d'eau de type «socle». A l'inverse, les points bénéficiant d'un nombre d'années d'analyses important captent des masses d'eau de type alluvial et sédimentaire. Cette tendance est liée au fait que les aquifères de type «socle» ont été exploités plus tardivement, à la fin des années 70 (Cf. illustrations 12, 13 et 15 pour la piézométrie).

Cette tendance pourrait également être liée au fait que, au titre de la DCE, toutes les masses d'eau doivent être surveillées tandis que pour le RNES une hiérarchisation des aquifères à surveiller avait été menée. Il s'en suit que certaines masses d'eau peu impactées et peu utilisées sont moins surveillées dans le RNES, par exemple les masses d'eau de type «socle» en Bretagne ou édifice volcanique dans le Massif Central.

Les illustrations 31 et 32 présentent la répartition du nombre de qualitomètres par bassin ou par DOM-COM en fonction du nombre d'années d'analyses.

En métropole, la majeure partie des qualitomètres de la base ADES (28 000) dispose de moins de 10 ans d'analyses. 7 000 qualitomètres offrent des chroniques de données comprises entre 10 et 20 ans. Ce chiffre, relativement significatif, montre que des historiques sont aujourd'hui exploitables pour qualifier la tendance d'évolution de la qualité des eaux souterraines. Mais bien qu'il concerne l'ensemble des bassins métropolitains, ce constat n'est cependant valable que pour les macropolluants comme le montre le paragraphe suivant. Enfin seuls les bassins Rhin-Meuse et Artois-Picardie disposent de chroniques d'analyses chimiques supérieures à 30 ans (124 points au total). Là encore, ces historiques portent uniquement sur les macropolluants.

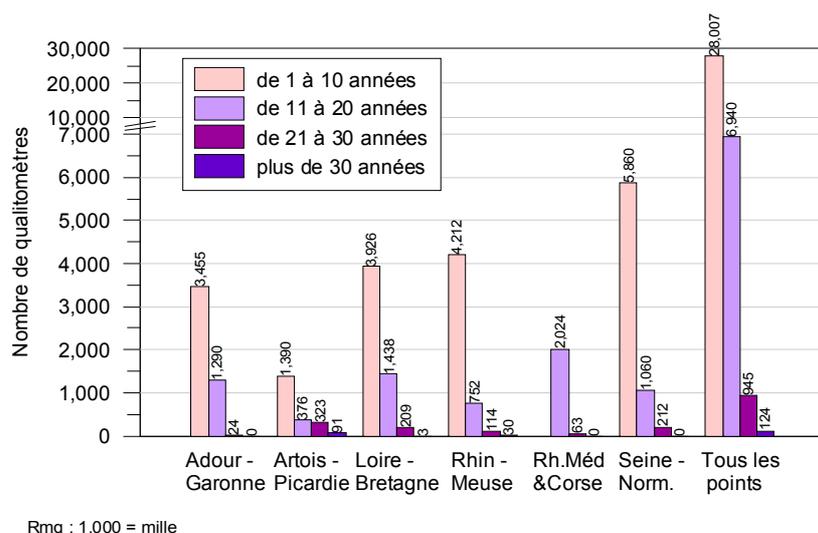


Illustration 31 : Répartition du nombre de points par nombre d'années d'analyses par bassin de 1942 à 2008 (ensemble des qualitomètres de la base ADES hors DOM-COM le 08/06/2009)

Dans les DOM-COM, la majorité des piézomètres dispose de 1 à 10 années de mesures. Aucun département ne dispose de points ayant plus de 30 années de mesures. La Guadeloupe et la Martinique possèdent quelques points qui ont entre 21 et 30 années de mesures.

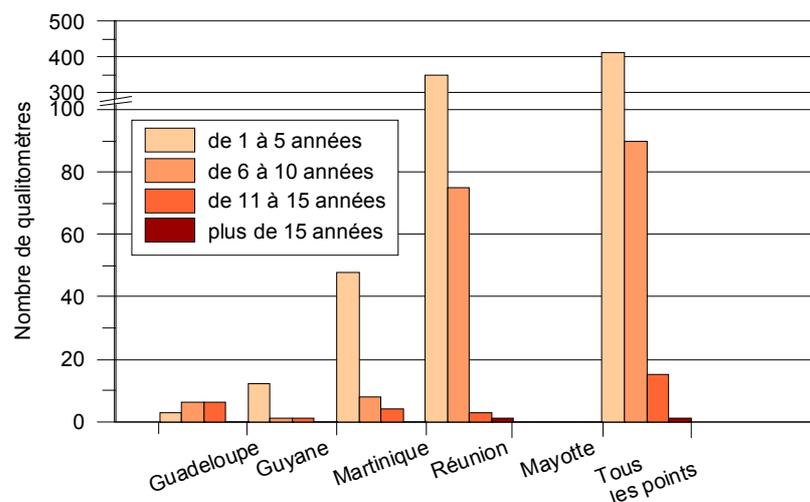


Illustration 32 : Répartition du nombre de points par nombre d'années d'analyses par DOM-COM de 1990 à 2008 (vue ADES le 08/06/2009).

Indicateur n° 10 : Évolution du nombre de prélèvements

Définition d'un prélèvement (SANDRE, 2005c) : « Le prélèvement d'échantillons correspond à un prélèvement permettant de constituer un ensemble d'échantillons cohérents sur un support donné, quel que soit la distribution opérée entre les différents flacons ramenés au laboratoire. Lorsqu'il est connu, le prélèvement d'échantillons s'effectue sur un site de mesure particulier. Le prélèvement d'échantillons peut être complété par des mesures de conditions environnementales, ainsi que des mesures in situ. Toutes ces analyses se rapportent à ce prélèvement d'échantillons. »

a) Au niveau national

L'illustration suivante montre l'évolution du nombre de prélèvements annuels au niveau national. Des années 70 au début des années 90 le nombre de prélèvements réalisés chaque année est en constante augmentation. L'apparition de réseaux régionaux visant le plus souvent à caractériser la pollution des eaux souterraines par les nitrates explique en grande partie ce constat (voir paragraphes précédents). A partir de 1995 la pente s'accroît. Les données acquises par les DDASS dans le cadre du contrôle sanitaire et par les industriels dans le cadre de l'auto-surveillance des installations classées (en réponse à l'arrêté du 2 février 1998) ont contribué à la montée en puissance du nombre de prélèvements annuels.

Avec la signature du protocole du RNES en 1999, les réseaux mis en place à la fin des années 90 et au début des années 2000 par les agences de l'eau ont contribué à cette augmentation. Il convient d'ailleurs de souligner que la plupart des agences n'ont pas attendu la signature du protocole en 1999 pour mettre en place des dispositifs de surveillance (exemples : Adour-Garonne en 1997, Seine-Normandie dès 1995). Par anticipation, ces réseaux ont vu le jour dès le milieu des années 90.

La mise en place des réseaux DCE en 2007 a renforcé l'accroissement du nombre de prélèvements annuels. Après un pic observé en 2004, on constate cependant une diminution du nombre de prélèvements annuels. Cette tendance est uniquement liée à l'évolution des prélèvements et des analyses réalisées par les industriels dans le cadre de l'auto-surveillance des installations classées (cf. positionnement des DRIRE dans l'indicateur n°13, §4.5).

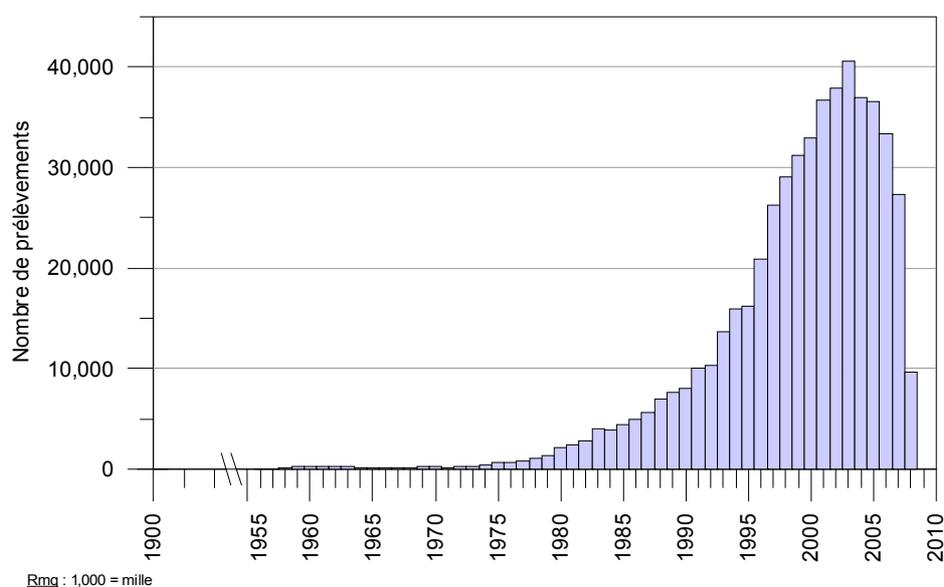


Illustration 33 : Évolution du nombre de prélèvements par année dans ADES de 1900 à 2008 (vue ADES le 08/06/2009)

b) Répartition spatiale

L'illustration 34 présente le nombre de prélèvements par qualitomètre en France pour l'année 2007 pour les points du RCS.

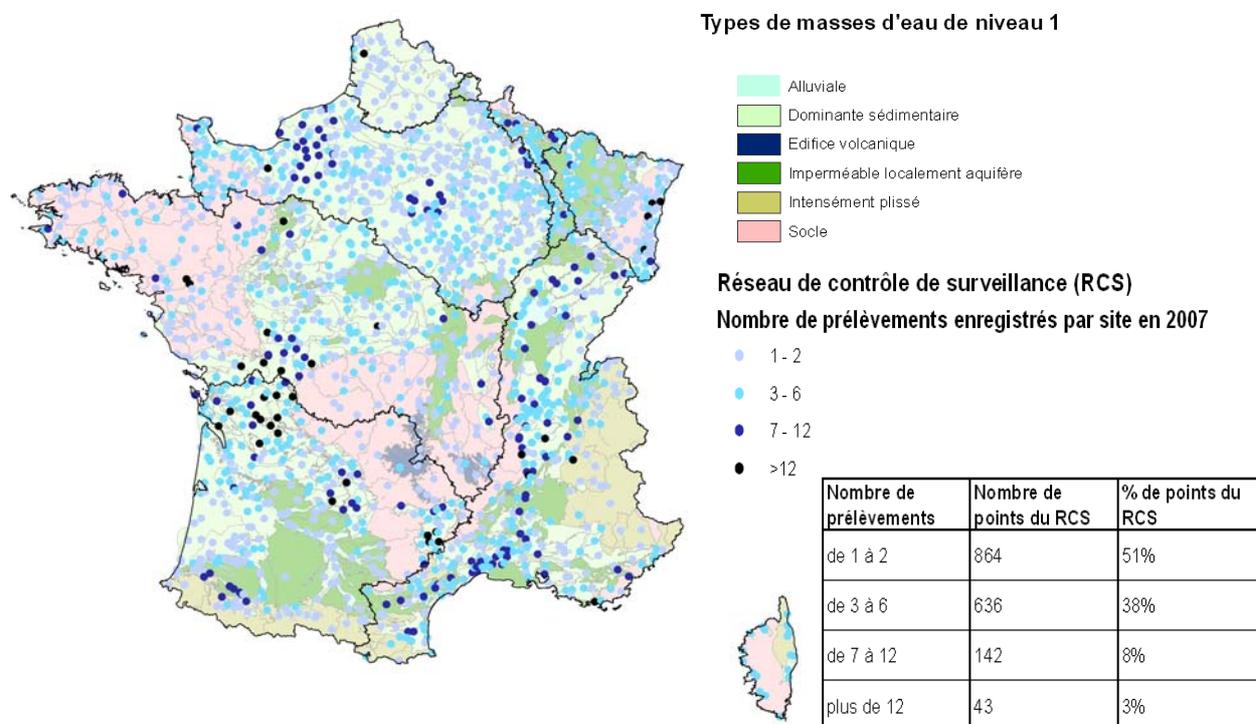


Illustration 34 : nombre de prélèvements en 2007 pour les points du réseau de contrôle de surveillance RCS (Vue ADES le 06/08/09). Les points sont ceux du RCS mais les analyses prises en compte comprennent la totalité des producteurs de données intervenant sur ces points (agences de l'eau, DDASS, collectivités locales ou autres).

La moitié des points du RCS ne dispose que de 2 prélèvements par an en 2007. Il est cependant regrettable que pour la réalisation de cette carte les informations sur les modes de gisement des points ne soient pas exploitables. Il aurait en effet été judicieux de distinguer le suivi des masses d'eau libres du suivi des masses d'eau profondes. Ces dernières ne nécessitent en effet pas des fréquences de prélèvement élevées.

Dans les masses d'eau à risque la fréquence de prélèvement a été augmentée par rapport aux anciennes prescriptions du RNES. Ce dernier préconisait 2 prélèvements par an pour les nappes libres. Avec la mise en place du RCS et des RCO la plupart des masses d'eau à risque de non atteinte du bon état en 2015 dispose de points sur lesquels 4 prélèvements sont réalisés chaque année (38% de la totalité des points).

Finalement, le nombre de points du RCS pour lesquels plus de 6 prélèvements par an sont disponibles est minime (11% au total). Alors que la variabilité saisonnière des pollutions diffuses (nitrates et pesticides en particulier) est aujourd'hui avérée, ce constat est regrettable et des efforts pour augmenter les fréquences de prélèvements doivent être poursuivis.

2.4.3. INDICATEURS RELATIFS AUX PARAMETRES

Indicateur n° 11 : Évolution du nombre de paramètres

a) Au niveau national

L'illustration suivante représente l'évolution du nombre moyen de paramètres analysés par prélèvement au niveau national. Ce graphique met en évidence une augmentation significative du nombre de paramètres analysés par point depuis le début des années 2000. Plusieurs facteurs expliquent cette augmentation :

- la mise en place, avec le RNES et en 2007 avec la DCE, de campagnes d'analyses de type « photographiques »,
- l'offre des laboratoires intervenant auprès des agences de l'eau. Depuis une dizaine d'années, l'évolution des méthodes d'analyse a conduit les laboratoires à proposer pour un prix identique des lots de molécules à analyser (exemple : analyse des pesticides par multirésidus). De la même manière, il est important de souligner, à prix égal, l'amélioration de la qualité des données fournies par les laboratoires (pour les micropolluants notamment). Par exemple, d'une année à l'autre, on observe une diminution des limites de quantification et une réduction progressive des incertitudes analytiques. Cette question mériterait cependant d'être approfondie. Or les données actuellement disponibles dans ADES ne permettent pas de montrer des évolutions chiffrées des performances analytiques (absence de limite de quantification, confusion entre limite de quantification et limite de détection, absence d'information sur les incertitudes analytiques, etc...). Avec l'ouverture du site LABEAU (www.labeau.ecologie.gouv.fr), ce point sera cependant abordé dans le cadre des travaux du laboratoire national de référence AQUAREF.

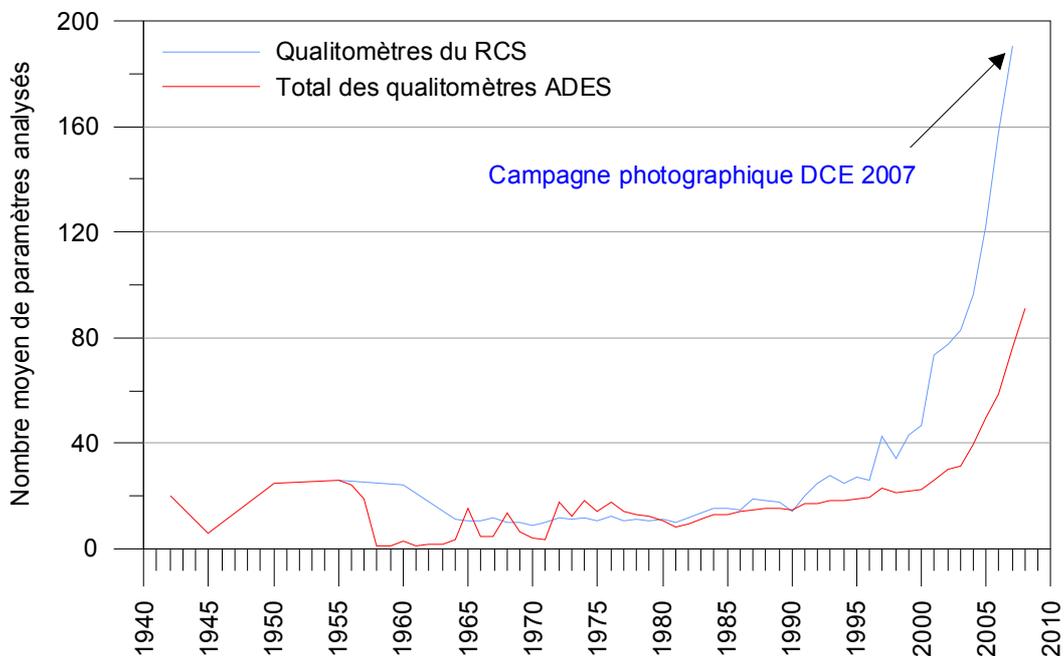


Illustration 35 : Évolution par année depuis 1950 du nombre moyen de paramètres analysés par points du réseau de contrôle de surveillance (RCS) et sur le total des qualitomètres dans ADES (vue ADES le 08/06/2009)

b) Répartition spatiale

L'illustration 36, qui représente la répartition du nombre moyen de paramètres analysés par point en 2007 dans le RCS, confirme ces observations. C'est en 2007 qu'a eu lieu l'analyse de type « photographique » au titre de la DCE c'est à dire que, conformément aux prescriptions nationales (MEDD, 2003 et 2005), les agences de l'eau ont procédé à une analyse exhaustive des molécules présentes dans les eaux souterraines.

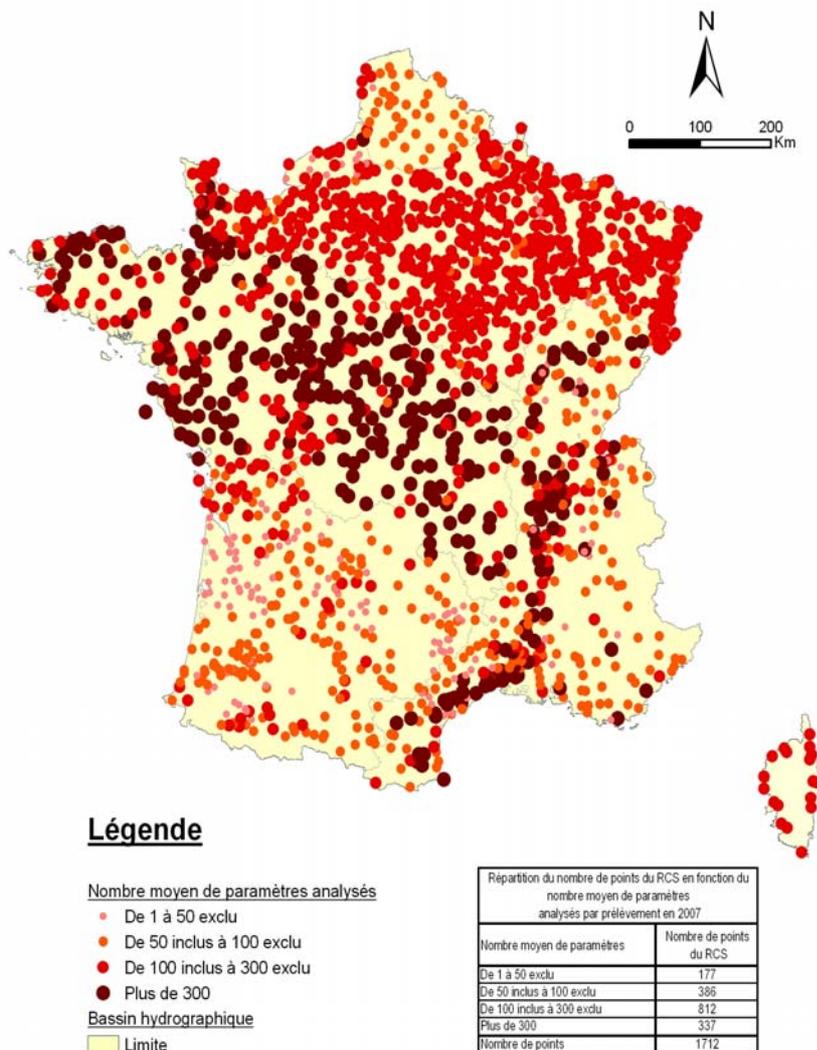


Illustration 36 : Répartition du nombre moyen de paramètres analysés par point dans le réseau de contrôle de surveillance de l'état qualitatif (RCS) en 2007 (vue ADES le 08/06/2009)

Cette carte reflète également :

- Les pratiques des laboratoires retenus par les agences de l'eau pour réaliser les analyses. Le nombre moyen de paramètres analysés varie ainsi d'un bassin à l'autre;
- La nature des masses d'eau surveillées (libre ou captive) et le risque de non atteinte du bon état associé : il est logique d'observer un nombre plus grand de paramètres analysés dans les masses d'eau de niveau 1 des bassins largement soumis aux pollutions (exemple : Loire-Bretagne) que dans les bassins comme Adour-Garonne où un grand nombre des points du RCS capte les masses d'eau profondes (en Aquitaine par exemple);

- La maîtrise d'ouvrage des réseaux. En Adour-Garonne où l'agence s'appuie largement sur les collectivités locales pour surveiller l'état des masses d'eau, la liste des paramètres analysés a été adaptée en fonction des spécificités locales et les laboratoires impliqués dans la réalisation des analyses sont plus nombreux que dans d'autres bassins.

L'illustration 37 présente le nombre moyen de paramètres analysés par point et par année par bassin hydrographique. Pour chacun des bassins, le nombre moyen de paramètres analysés par année n'a cessé d'augmenter depuis 1942 jusqu'à 2008.

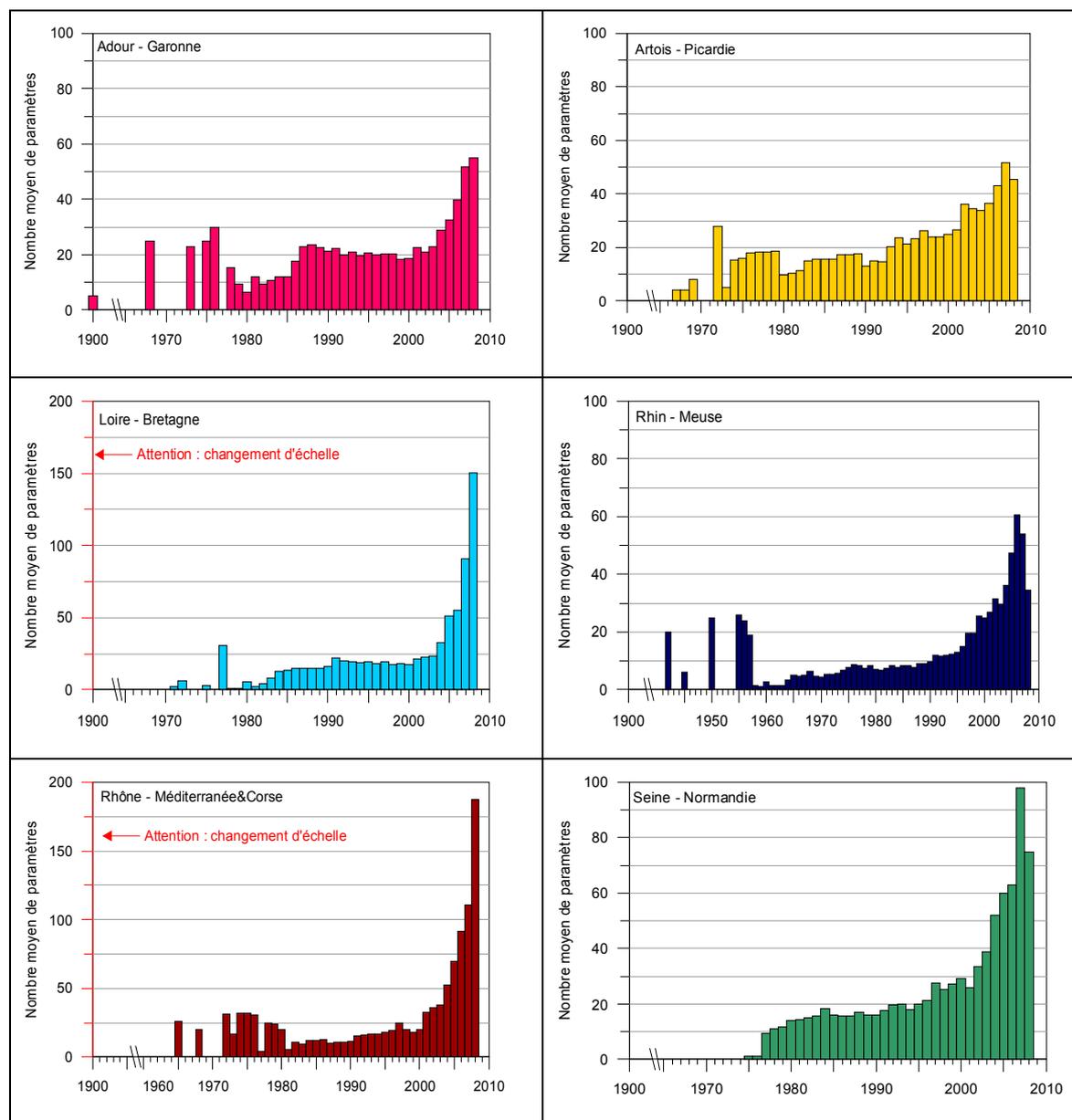


Illustration 37 : Nombre moyen de paramètres analysés par bassin (ensemble des qualitomètres de la base ADES le 08/06/2009)

Indicateur n° 12 : Évolution des types de paramètres analysés

a) Au niveau national

L'illustration 38 présente les variations du nombre d'analyses, du nombre de paramètres et du nombre de nouveaux paramètres créés dans ADES, par groupe de paramètres et par année.

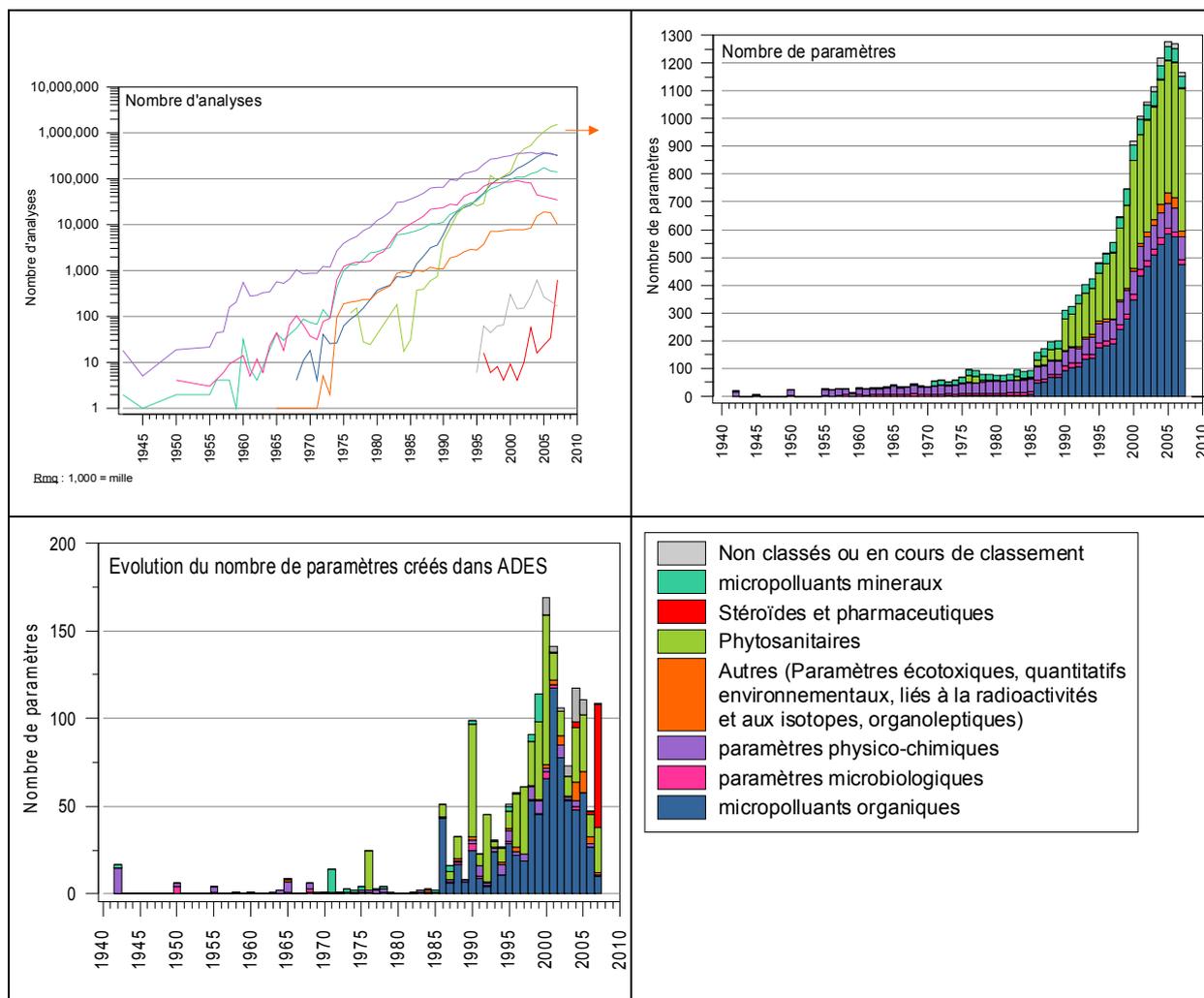


Illustration 38 : Variation du nombre d'analyses, du nombre de paramètres et du nombre de nouveaux paramètres enregistrés dans ADES, par groupe de paramètres et par année de 1942 à 2007 (vue ADES le 08/06/2009)

La liste des groupes de paramètres retenus ici pour faire varier ces indicateurs est celle de la base ADES (Cf. annexe 7.2: Liste des familles de paramètres ADES). Ces graphiques montrent, qu'au niveau national, le nombre de paramètres analysés par groupe de paramètres augmente de manière significative depuis les années 1990.

Avant cette période sont surtout analysés les paramètres physico-chimiques, microbiologiques et minéraux. Pour ces familles, le nombre de paramètres est relativement stable alors que le nombre d'analyses augmente chaque année. En 2006, le nombre d'analyses de ces familles de paramètres se stabilise.

La famille des phytosanitaires a commencé à être analysée au début des années 1990 avec une dizaine de paramètres. Aujourd'hui, les phytosanitaires font partie des groupes de polluants les plus analysés avec plus de 500 molécules différentes. Une augmentation constante du nombre de paramètres et du nombre d'analyses est observée sur cette famille de polluants depuis 1990. Les phytosanitaires ont commencé à être analysés de plus en plus fréquemment avec les directives européennes sur les pesticides de 1991 et 1993.

Au début des années 2000, deux nouveaux groupes de polluants apparaissent : les paramètres liés à la radioactivité et les polluants émergents (notamment les substances pharmaceutiques et à partir de 2005 et les stéroïdes).

De nouvelles molécules sont fréquemment ajoutées à la liste d'analyses chaque année. Les familles principales analysées sont les suivantes :

- les micropolluants minéraux ;
- les stéroïdes et les substances pharmaceutiques (polluants dit émergents) ;
- les phytosanitaires ;
- les autres micropolluants organiques ;
- les paramètres environnementaux ;
- les paramètres liés à la radioactivité ;
- les paramètres microbiologiques.

b) Répartition spatiale

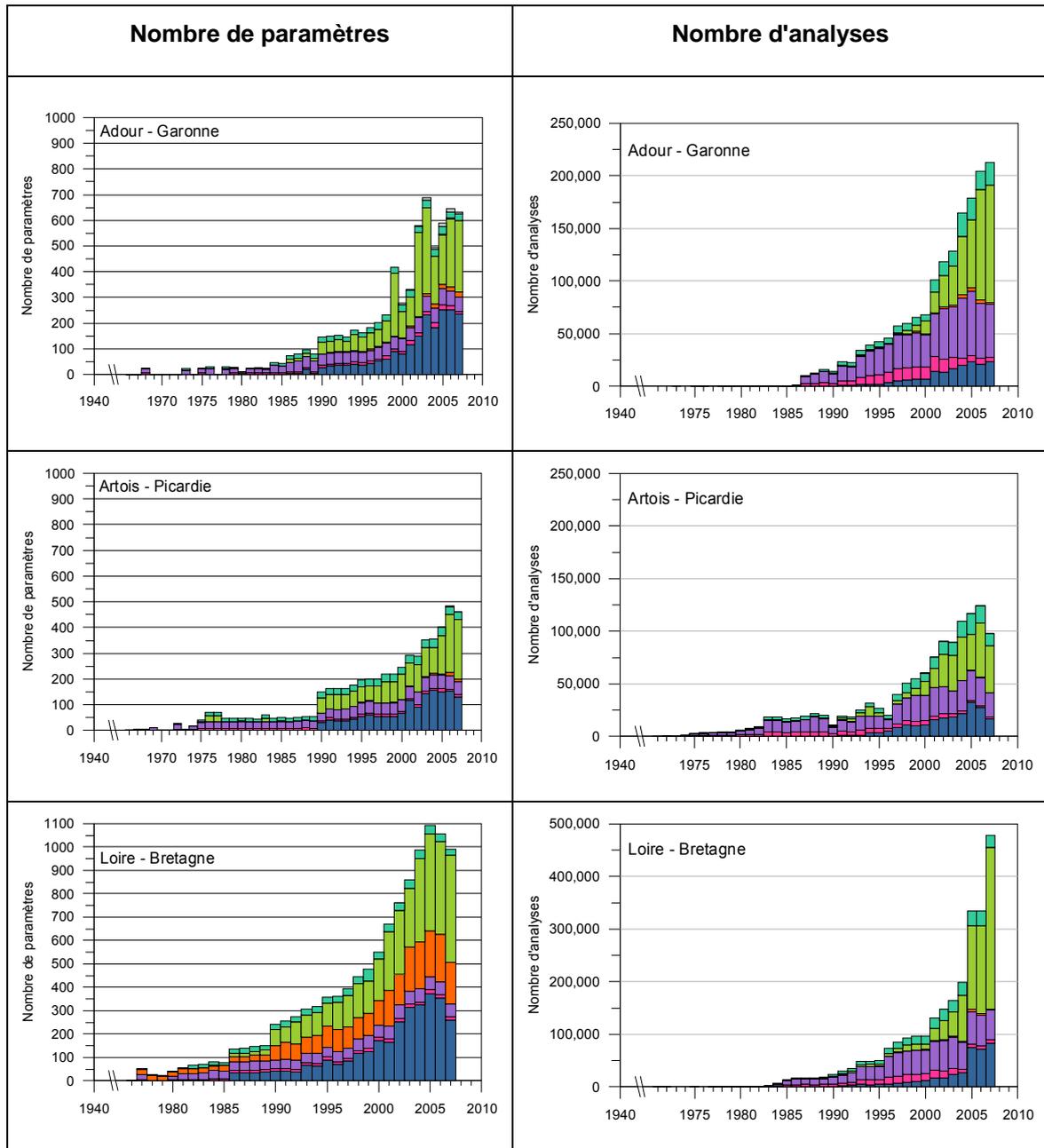
A l'échelle des bassins en France métropolitaine (Illustration 39) et des départements d'Outre-Mer (Illustration 40), les mêmes tendances sont observées.

Il faut cependant remarquer que les bassins qui analysent le plus de stéroïdes et de substances pharmaceutiques sont les bassins Adour-Garonne et Loire- Bretagne, avec, respectivement, 350 et 100 paramètres mesurés en 2006.

Pour l'ensemble des départements d'Outre-Mer (Illustration 40), les principales familles de paramètres analysés sont les paramètres physico-chimiques, les micropolluants minéraux, les micropolluants organiques et les paramètres microbiologiques.

Comme en métropole, la famille de molécules la plus analysée dans les DOM est celle des phytosanitaires.

Remarque : Dans cette partie du rapport, il aurait été intéressant de représenter l'évolution de la limite de quantification de certaines molécules par année et par type de producteurs de données, comme l'a réalisé l'OIE pour la partie consacrée aux eaux superficielles. Cet indicateur n'a pu être réalisé du fait de la confusion fréquente par les producteurs de données d'ADES entre la codification de la limite de quantification et la limite de détection. Pour éviter de présenter des résultats biaisés, il a donc été préférable de ne pas présenter cet indicateur pour le moment. Il sera cependant intéressant de le présenter à l'avenir, lorsque les données de la base ADES seront corrigées.



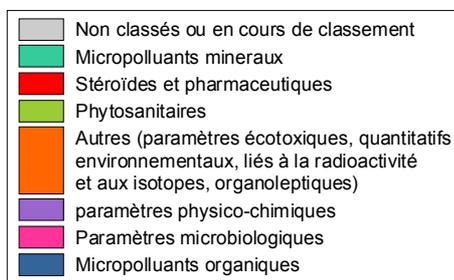
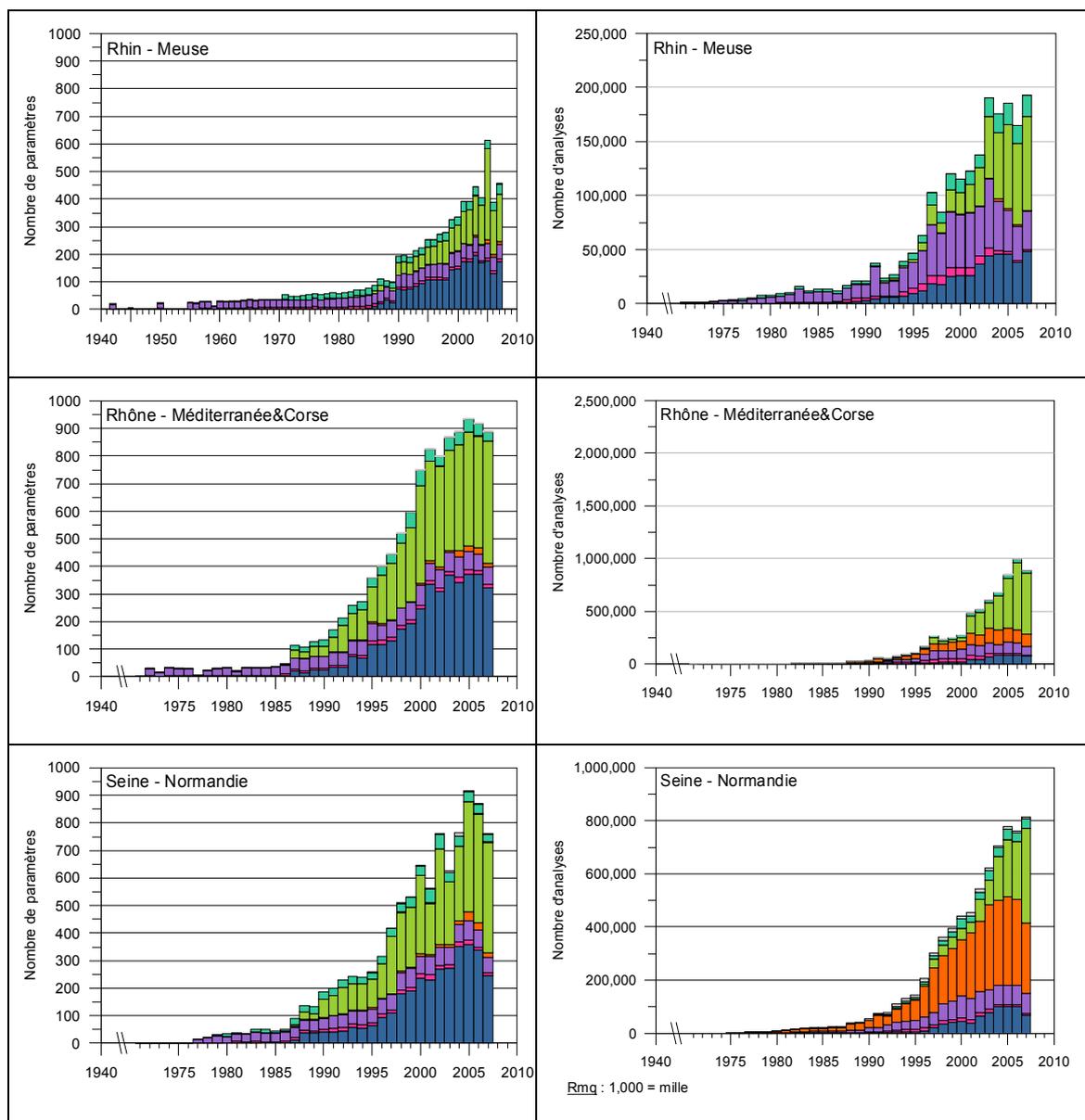


Illustration 39 : évolution en France métropolitaine du nombre de paramètres et du nombre d'analyses par groupe de paramètres par année de 1942 à 2007 et par bassin (vue ADES le 08/06/2009)

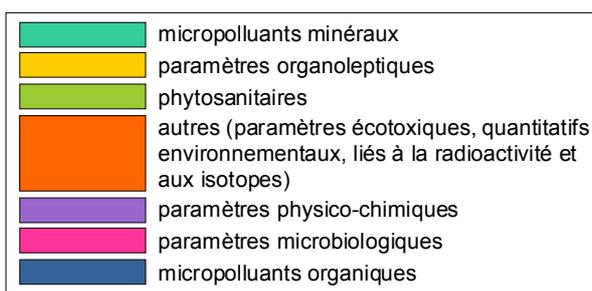
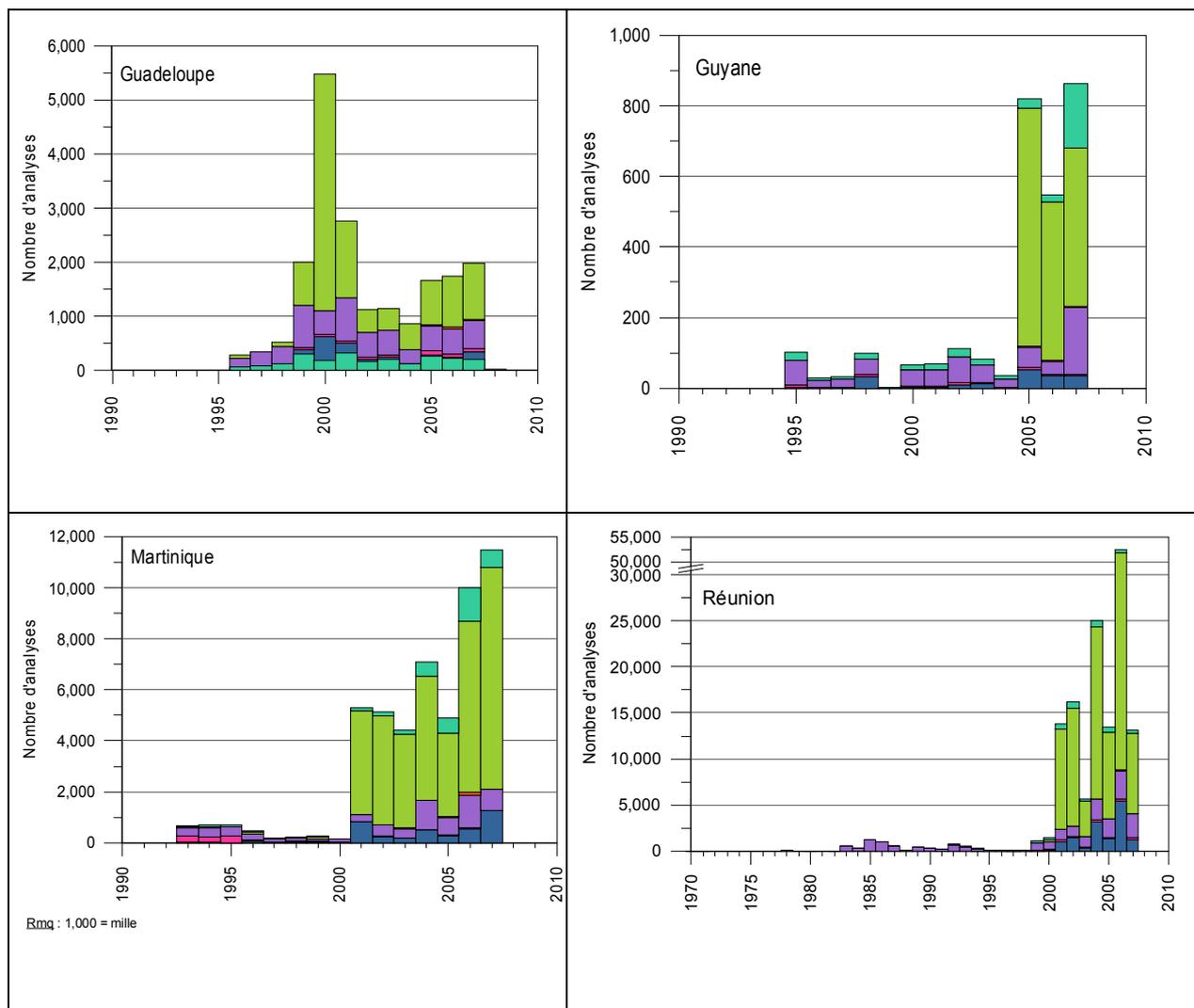


Illustration 40 : Évolution du nombre d'analyses par groupe de paramètres par année dans les DOM-COM (vue ADES le 08/06/2009)

Focus sur certains paramètres mesurés

L'illustration 41 représente l'évolution du nombre de prélèvements destinés à l'analyse des paramètres les plus déclassant du point de vue du bon état chimiques des masses d'eau souterraine. Le choix des paramètres pour le focus est basé sur :

- les résultats de l'état des lieux réalisé en 2004-2005 par les bassins à l'occasion de l'exercice de caractérisation des masses d'eau souterraine (réponse à l'article 5 de la DCE). Cet état des lieux montre que les nitrates et les pesticides sont les principaux paramètres responsables du risque de non atteinte du bon état (160 masses d'eau métropolitaines à risque pour l'un de ces paramètres ou pour les deux sur les 190 à risque de bon atteinte du bon état chimique; D'après Normand et Gravier, 2005);
- les statistiques publiées par le Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS/Ex-Ifen, 2009) qui montrent que l'atrazine, ses deux principaux métabolites, la déséthylatrazine et la déisopropylatrazine, et la simazine et sont les molécules les plus fréquemment quantifiées dans les eaux souterraines en France (Métropole et DOM).

Parmi les autres substances déclassantes figurent d'autres micropolluants organiques et notamment certains hydrocarbure aromatiques polycycliques (HAP) et certains composés organo-halogénés volatils (COHV). Début 2009, plus de 500 000 résultats d'analyses en HAP et plus de 930 000 en COHV sont disponibles dans ADES. Ce chiffre devrait continuer d'augmenter avec le chargement progressif dans ADES des résultats d'auto-surveillance des ICSP.

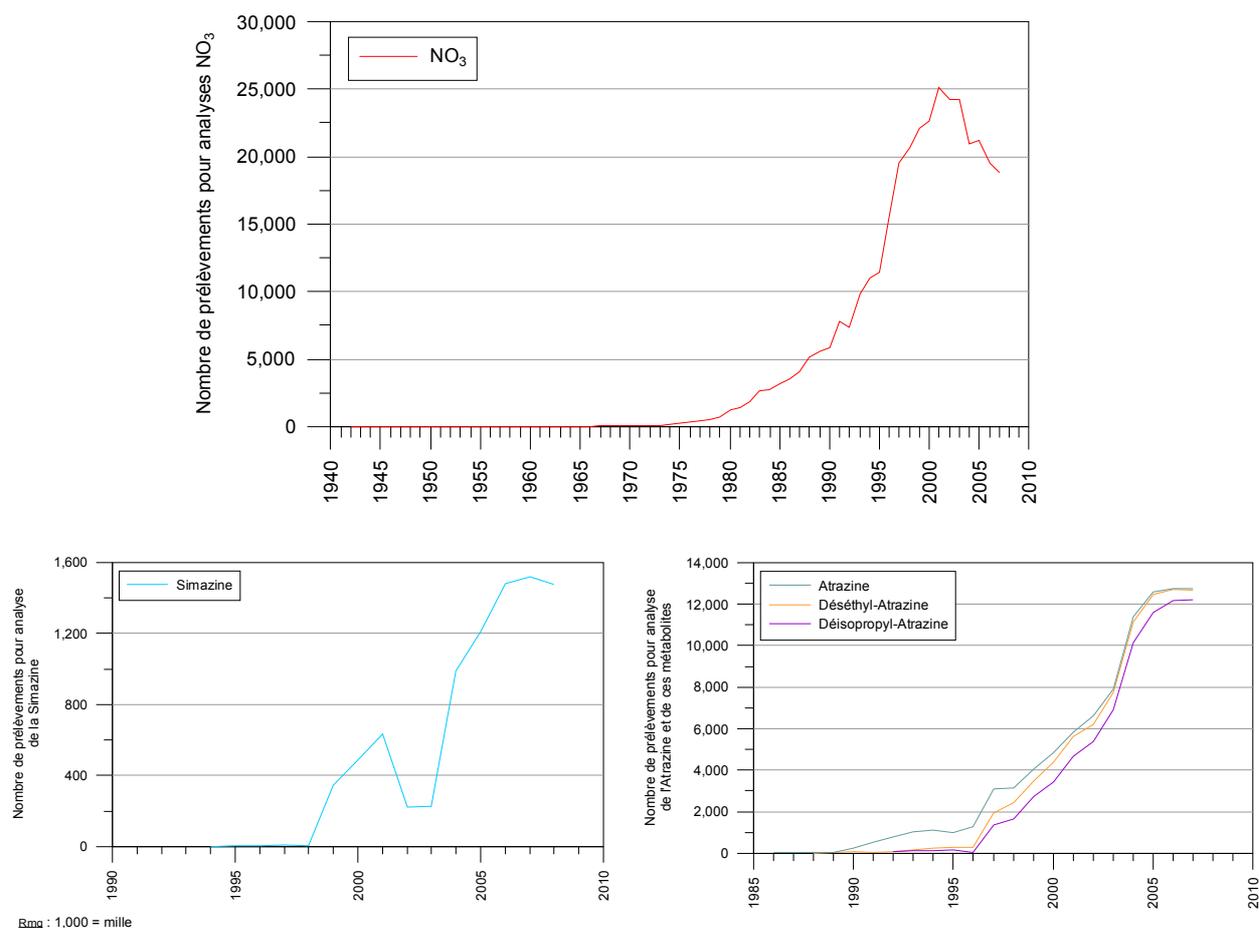


Illustration 41 : Évolution du nombre de prélèvements pour analyse par année (vue ADES le 08/06/2009). Focus sur les paramètres Nitrate (a), Simazine (b) et Atrazine et ses sous produits de dégradation (c)

Remarque : à l'occasion de la publication de l'arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention et de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines, un travail plus détaillé de caractérisation de la surveillance et de la présence des substances dangereuses pour les eaux souterraines sera réalisé d'ici fin 2010 dans le cadre de la convention MEEDDM-BRGM.

2.4.4. INDICATEURS RELATIFS AUX PRODUCTEURS DE DONNEES

Indicateur n° 13 : Évolution du nombre de producteurs effectuant des analyses

L'illustration 42 représente l'évolution du nombre de producteurs par type de producteurs par année et l'évolution du nombre d'analyses réalisées par année et par type de producteurs.

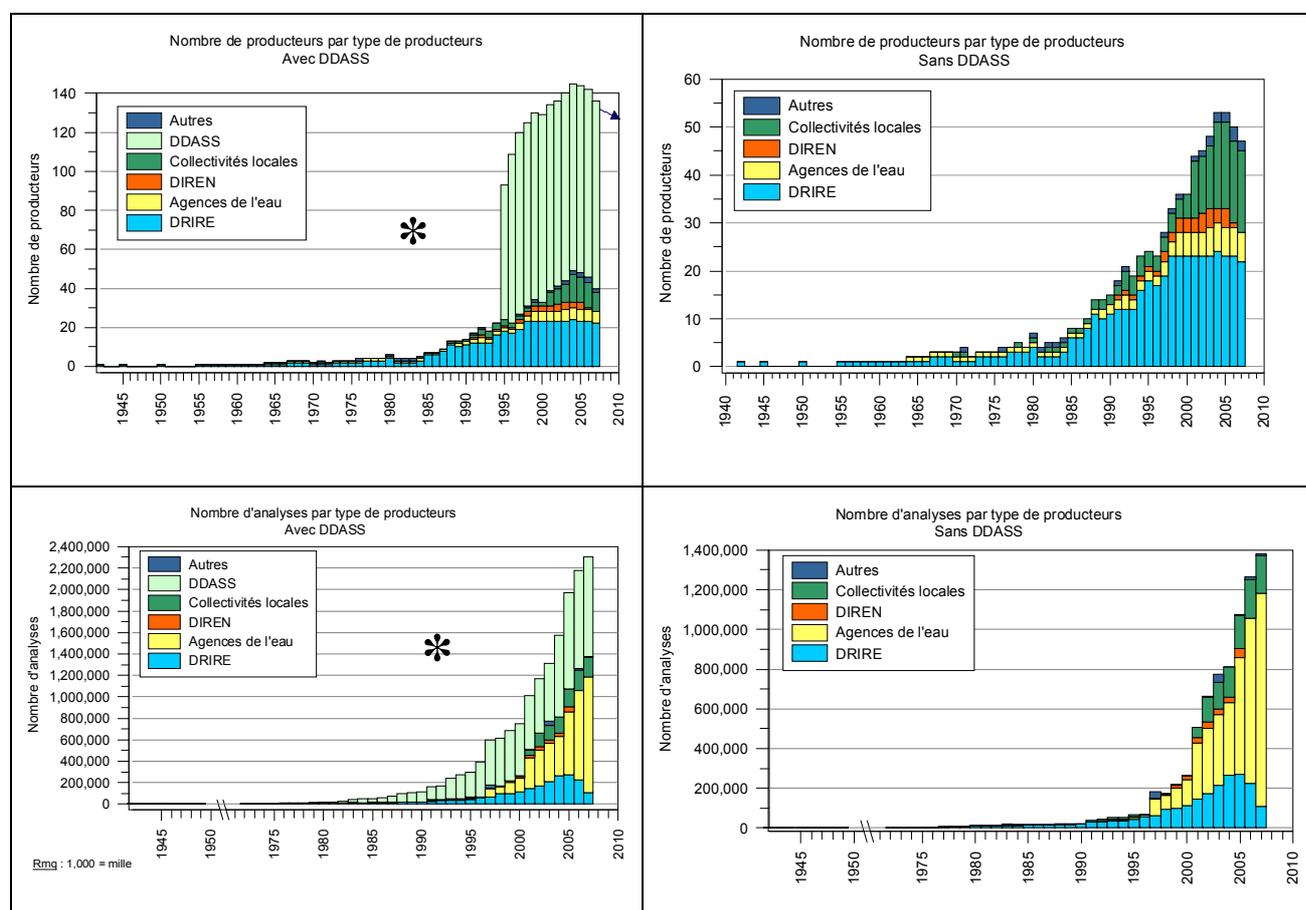


Illustration 42 : évolution du nombre de producteurs avec les données DDASS (a) et sans les données DDASS (b) et du nombre d'analyses par type de producteur avec les données DDASS* et sans les données DDASS (d) par année de 1942 à 2007 (vue ADES le 08/06/2009)

* comme le montre la figure c, des données acquises par les DDASS avant 1995 sont enregistrées dans ADES.

Les graphiques sont volontairement représentés avec et sans les données des DDASS pour diminuer l'artefact de l'année 1995 et mieux différencier l'évolution des autres producteurs d'analyses.

Ces graphiques montrent que jusqu'en 1965, il existait un seul producteur de données « qualité » dans la banque ADES : les données produites par les industriels dans le cadre du suivi des Installations Classées (réseaux maîtrise d'ouvrage DRIRE). Sont apparues successivement, les Agences de l'eau en 1965, les collectivités locales et les DIREN au début des années 90.

Les principaux producteurs de données qualité sont les DDASS et les Agences de l'eau.

La production de données par les collectivités locales augmente de manière significative depuis 2000. Ce constat doit néanmoins prendre en compte le fait que certains réseaux de collectivités sont financés par les Agences de l'eau.

En 2006, le nombre de producteurs semble diminuer. Ceci est lié au fait que la maîtrise d'ouvrage des réseaux évolue, que la politique actuelle de gestion est à la rationalisation pour faciliter la production des données et que le nombre maximum de producteurs est pratiquement atteint : maximum de 26 DRIRE, 26 DDASS, etc. Néanmoins ce seuil maximal n'est pas atteint car de nouveaux réseaux de syndicats d'eau et de distributeurs d'eau seront chargés dans ADES.

Du point de vue de la production des données, les mêmes tendances sont observées. Les premiers producteurs de données sont les DDASS. L'augmentation de la production des données « qualité » est plus significative pour les Agences de l'eau depuis 1995 et surtout depuis 2000 que pour les autres producteurs.

Depuis 2000 également, la production de données par les collectivités locales (conseils généraux, conseils régionaux et syndicats mixtes), n'a cessé de croître. Une partie de ces analyses est en partie financée par les Agences de l'eau.

Depuis 2004, le nombre de producteurs s'est stabilisé et a diminué en 2006. Cette tendance est liée à l'évolution des maîtrises d'ouvrage des réseaux et à une volonté des acteurs de l'eau de clarifier les rôles en matière d'acquisition, de production, de bancarisation et de financement des analyses.

Dans les départements d'Outre-Mer (Illustration 43), il n'existe la plupart du temps que deux types de producteurs d'analyses qui sont les DDASS et les services géologiques régionaux du BRGM, excepté à la Réunion où l'Office de l'Eau est responsable du suivi de la qualité des eaux souterraines.

	Producteurs de données	Période
Guadeloupe	DDASS	1996 - actuel
	BRGM Guadeloupe	1997 - actuel
Guyane	DDASS	1995 - actuel
	BRGM Guyane	2007 - actuel
Martinique	DDASS	1993 - actuel
	BRGM Martinique	1993 - actuel
Réunion	DDASS	1993 - actuel
	Office de l'eau de la Réunion	1995 - actuel

Illustration 43 : Producteurs d'analyses dans les DOM-COM (ensemble des qualitomètres de la base ADES).

2.4.5. CONCLUSIONS SUR LES INDICATEURS D'ÉVOLUTION DES RESEAUX DE SUIVI QUALITATIF

Ce panorama d'indicateurs visant à apprécier l'évolution de la surveillance de la qualité des eaux souterraines en France et les données enregistrées dans ADES aujourd'hui montre que :

- La surveillance de la qualité des eaux souterraines a débuté dans les années 70 dans les régions du Nord et de l'Est de la France (bassins Seine-Normandie, Artois-Picardie et Rhin-Meuse) contraintes de faire face à une pollution croissante des nappes. Dans ces régions, des chroniques de données importantes (>30ans) sont aujourd'hui disponibles pour les macro-polluants (nitrates en particulier).
- Jusqu'en 2007, par le nombre de qualitomètres comme par le nombre d'analyses chimiques réalisées, la surveillance de l'état chimique des eaux souterraines était en constante augmentation. Cette tendance est en accord avec l'évolution de la législation française et européenne (création des agences de l'eau en 1964, loi sur l'eau de 1992, réglementation sur l'auto-surveillance des installations classées en 1996, publication de la directive cadre sur l'eau en 2000, nouvelle loi sur l'eau en 2006). Une stabilisation de la surveillance est cependant à prévoir à partir de 2008.
- Jusqu'à la fin des années 90, la surveillance de la qualité des eaux souterraines dépendait principalement de volontés locales. Avec la signature du protocole du RNES en 1999 et la mise en place des réseaux DCE fin 2006, un réseau national harmonisé s'est progressivement mis en place. Aujourd'hui, quasiment toutes les masses d'eau sont suivies et cette surveillance est bien entendue renforcée dans les masses d'eau risquant de ne pas atteindre le bon état chimique en 2015.
- Réseaux DCE (RCS et RCO):
 - Malgré l'existence de prescriptions nationales, la surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine reste sensiblement différente d'un bassin à l'autre. Les densités minimales prescrites par la circulaire DCE 2003/18 sont respectées mais la densité des qualitomètres est plus importante dans les bassins Seine-Normandie et Rhin-Meuse que dans les autres bassins. L'existence d'aquifères multicouches ou de systèmes particulièrement hétérogènes (exemple : nappe d'Alsace) dans ces bassins explique en partie ce constat. Cependant, des aquifères complexes et/ou profonds existent également dans les autres bassins. D'autres raisons doivent ainsi être considérées, comme, par exemple, les efforts financiers alloués par chaque agence à la surveillance des eaux souterraines, ou encore la nature des points de surveillance retenus. La présence de sources, dont le caractère intégrateur suffit à représenter une large partie de la masse d'eau dans le réseau de surveillance, contribue ainsi à diminuer en apparence la densité de points. C'est le cas en Adour-Garonne où de nombreuses sources ont été retenues.
 - Bien que les réseaux de contrôle opérationnel (RCO) mis en place sur les masses d'eau à risque ne soient pas achevés dans tous les bassins (Adour-Garonne par exemple), la comparaison entre ces réseaux et le RCS met en évidence des stratégies de surveillance différentes d'un bassin à l'autre. Alors que les bassins Artois-Picardie et Rhône-Méditerranée ont identifié un grand nombre de points spécifiquement dédiés au RCO, le bassin Loire-Bretagne a opté pour des points communs et une concentration des efforts financiers sur l'augmentation des fréquences de prélèvement lorsque la masse d'eau risque de pas atteindre le bon état en 2015. L'agence de l'eau Loire-Bretagne, qui doit majoritairement faire face aux pollutions diffuses d'origine agricole, espère ainsi mieux caractériser la tendance d'évolution de la contamination des nappes par les nitrates et les pesticides.
 - Avec 2 prélèvements par an sur la moitié des points du RCS, les fréquences de prélèvements restent dans l'ensemble insuffisantes pour apprécier la variabilité saisonnière de la pollution par les nitrates et par les pesticides, et pour assurer une évaluation représentative de l'état chimique des masses d'eau souterraine. Par rapport au RNES qui recommandait 2 prélèvements par an sur toutes les nappes libres et 1 prélèvement par an sur les nappes captives, des efforts ont cependant été faits. 38% des points du RCS disposent en effet de 4 prélèvements par an mais

même ce chiffre reste insuffisant. Les travaux de Recherche menés ces dernières années montrent en effet que, y compris dans des contextes hydrogéologiques supposés homogènes, les concentrations en pesticides varient significativement d'un mois à l'autre voir d'une semaine à l'autre en fonction, entre autres, du contexte climatique (Baran *et al*, 2007 et 2008).

- La surveillance de la qualité des eaux souterraines dans les DOM est récente mais, sous l'impulsion de la DCE, des efforts importants ont été déployés ces dernières années. Tous les DOM ainsi que Mayotte disposent aujourd'hui d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines.
- La nature des polluants analysés a évolué au fil des années. La surveillance des nitrates est une histoire ancienne tandis que les années 90 et 2000 sont marquées par l'explosion de la surveillance des micropolluants organiques (pesticides en particulier). Aujourd'hui ce sont quelques centaines de molécules qui sont couramment analysées pour chaque échantillon et la question de la pertinence de ce nombre doit être posée. De même l'abondance des données ne suffit pas et il apparaît nécessaire de mieux appréhender la qualité des ces données (qualité de prélèvement et de l'analyse).
- Les données acquises par les DDASS dans le cadre du contrôle sanitaire ont pendant longtemps représenté la majorité des analyses chimiques disponibles pour les eaux souterraines. Mais avec la montée en puissance des réseaux de surveillance gérés par les agences et les offices de l'eau (au titre du RNES puis de la DCE), ces derniers fournissent aujourd'hui chaque année autant d'analyses chimiques que les DDASS. Ce rapport doit cependant être considéré avec prudence car, en nombre de points, les captages destinés à l'AEP restent largement majoritaires. Les paramètres analysés par les DDASS sont d'autre part plus ciblés et les fréquences d'analyses plus variables en fonction de la population desservie.
- Récemment, avec le chargement dans ADES des données issues de l'auto-surveillance des Installations Classées pour l'Environnement, une augmentation significative du nombre d'analyses fournies par les DRIRE est visible.

2.5. Conclusions de la phase 1 et perspectives

Comme cela a été mis en évidence pour la plupart des points d'eau disposant de données bancarisées dans ADES, l'aquifère ou la masse d'eau n'est pas connu (ou du moins non bancarisé). Il serait pourtant intéressant d'approfondir ce bilan en caractérisant les données disponibles par rapport aux types d'aquifères ou aux masses d'eau captées. Les évolutions de la banque ADES prévues en 2010 contribueront à combler ce manque. En effet, dans le cadre de la convention 2010 entre le BRGM et l'ONEMA, un travail visant à affecter pour chacun des points le code de l'aquifère, le code de la masse d'eau, le mode de gisement du point (libre, captif, semi-captif) et sa nature est prévu.

Le bilan montre qu'aujourd'hui des **chroniques importantes** sont disponibles tant pour le suivi quantitatif que qualitatif. Ce constat suggère qu'une évaluation des tendances d'évolution est aujourd'hui plus aisée. Si pour la piézométrie, l'acquisition de données journalières depuis 2007 dans le cadre du réseau DCE de surveillance de l'état quantitatif des nappes va dans ce sens, l'analyse des tendances d'évolution des polluants reste délicate au regard des fréquences de prélèvement. Avec seulement 2 à 4 prélèvements par an en moyenne, les données restent insuffisantes pour apprécier correctement l'évolution de polluants soumis à de fortes variations saisonnières (comme le sont les nitrates et les pesticides). L'effort déjà engagé en 2007 pour augmenter les **fréquences de surveillance** devra être poursuivi.

Si la plupart des aquifères font aujourd'hui l'objet d'un suivi du niveau piézométrique, les données ainsi acquises restent parfois insuffisantes pour qualifier l'état des nappes. L'un des enjeux futur est leur croisement avec d'autres données comme les prélèvements d'eau (banque en cours de mise en place), les pluies, le débit des cours d'eau ou le niveau des zones humides en relation avec des systèmes aquifères.

Les informations enregistrées aujourd'hui dans ADES ne nous permettent pas encore suffisamment de caractériser la **qualité des données acquises** et d'y associer des incertitudes. Dans le domaine du suivi de l'état chimique des masses d'eau par les agences de l'eau, des travaux sont en cours pour harmoniser les méthodes de prélèvement et d'analyse (travaux du laboratoire national de référence Aquaref). La connaissance des performances analytiques associées à chaque analyse (et l'amélioration de ces performances) est certainement un enjeu pour les années à venir.

Les indicateurs sur la surveillance de la chimie des nappes montre également une explosion du **nombre de molécules analysées**. Si cette augmentation reflète les progrès analytiques et la diversification des produits mis sur la marché, une réflexion doit être engagée sur la pertinence d'analyser autant de molécules, notamment dans le cadre des réseaux DCE. Toutes ces molécules sont elles réellement présentes dans les eaux souterraines? Quelle est leur toxicité pour la santé humaine et pour l'environnement? A l'inverse, de nouveaux polluants apparaissent (résidus de médicaments et autres substances émergentes) et dans la perspective de futures nouvelles normes, des données sur les niveaux de concentration de ces substances dans les eaux souterraines doivent être acquises. Les travaux d'organisation et d'exploitation de la campagne exceptionnelle d'analyses qui sera menée en 2011 par la DEB et les agences de l'eau devraient alimenter ces réflexions.

Ces observations et l'ensemble des indicateurs présentés dans ce chapitre devraient contribuer à la révision du cahier des charges national sur la surveillance des eaux souterraines. En effet dans la perspective de la révision des programmes de surveillance DCE en 2013, les prescriptions techniques de ce document devront être mises à jour.

3. Phase 2 : Indicateurs d'évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines. Exemples de réalisations et recommandations

3.1. Introduction

Ce chapitre a pour objet de mener une réflexion sur les indicateurs d'état et de tendance de la ressource en eau souterraine sur le plan quantitatif et servant à la réalisation des différents bulletins de situation hydrologique (communément dénommés BSH) à diffusion périodique. Dans un premier temps les indicateurs d'état et de tendances existants seront recensés puis des pistes seront proposées pour faire évoluer ces indicateurs.

A noter que la définition des différents seuils de déclenchement de restriction d'usage en période d'étiage par arrêté préfectoral (seuils d'alerte et de crise) ne fait pas l'objet de cette analyse.

3.2. Description des indicateurs existants

3.2.1. LE BULLETIN DE SITUATION HYDROLOGIQUE NATIONAL

Le bulletin de situation hydrologique (BSH) a débuté en **avril 1977** (suite à la sécheresse de 1976) sous forme d'un document papier à raison de 3 publications par an (56 bulletins ont ainsi été édités). Il n'y avait néanmoins pas de cartographie de l'état des nappes mais uniquement quelques chroniques. A partir de **juin 1995** apparaissent les premières cartes de situation des nappes sous forme de simples histogrammes sur une sélection de points (Illustration 44). L'état de chaque point d'observation est symbolisé par une barre dont le remplissage en bleu indique le niveau observé le mois considéré, exprimé en pourcentage de l'amplitude maximale enregistrée. La carte présentée ici a été éditée dans l'annuaire 2003 et représente l'état des nappes au mois d'avril.

AVRIL 2003

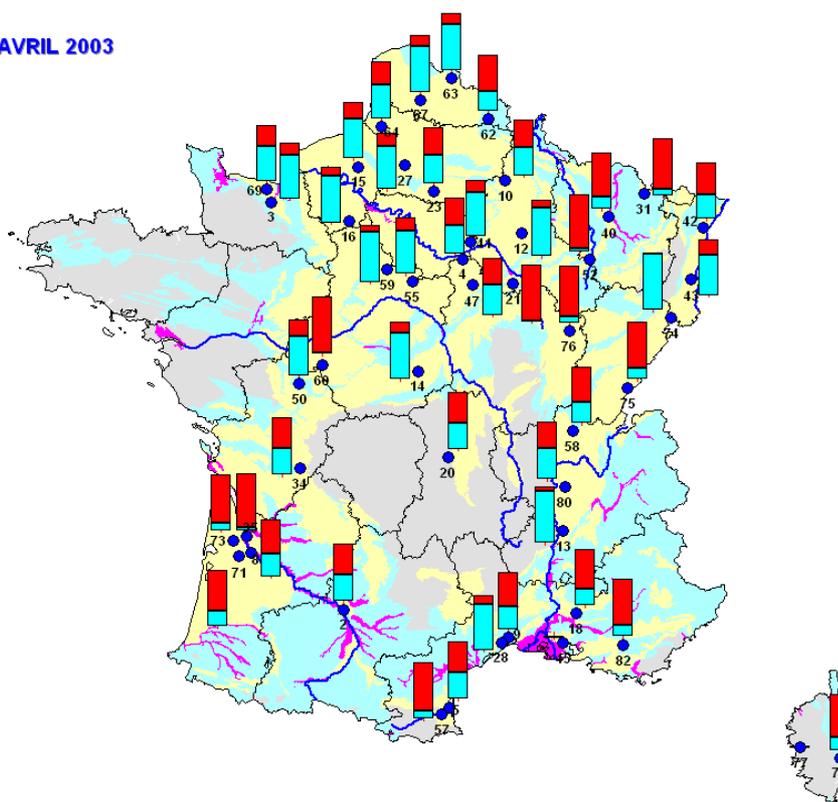


Illustration 44 : exemple de représentation de l'état des nappes sous forme d'histogrammes.

A partir de **mai 1998** le BSH est publié sur Internet (www.eaufrance.fr). Bimestriel au départ il devient mensuel sauf pour les nappes où il n'y a que 9 publications par an. (en janvier, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre et novembre) à l'exception de quelques éditions spéciales liés à des périodes de tension nécessitant la convocation du comité national sécheresse. L'ancien BSH papier devient annuel, dès 1997, et fait la synthèse de l'année passée. Cet annuaire a définitivement été arrêté avec le numéro 70 faisant le bilan de l'année 2005.

La codification mise en place en 1998 est toujours utilisée, le système double à grands figurés apparaît dès septembre 1999 (Illustration 45). Sur ce type de carte, les petits symboles sont des indicateurs ponctuels du niveau piézométrique et les gros symboles sont des indicateurs globaux de fluctuation des nappes. En cliquant sur ces gros symboles, on obtient un descriptif de la nappe concernée, et pour certains, on accède à une ou plusieurs chroniques d'évolution piézométrique. Ce type de carte présente ainsi une partie des stations du réseau national de surveillance quantitative des nappes, la sélection des stations retenues étant réalisée par ou avec l'accord des DIREN, et est sujette régulièrement à de légères modifications et/ou adaptations. Actuellement, environ 217 points sont codifiés mais la répartition reste très hétérogène même s'il est compréhensible que les points d'observation soient nombreux dans les formations sédimentaires (zone privilégiée des grands aquifères) et rare voire inexistants en zone de socle (Illustration 46).

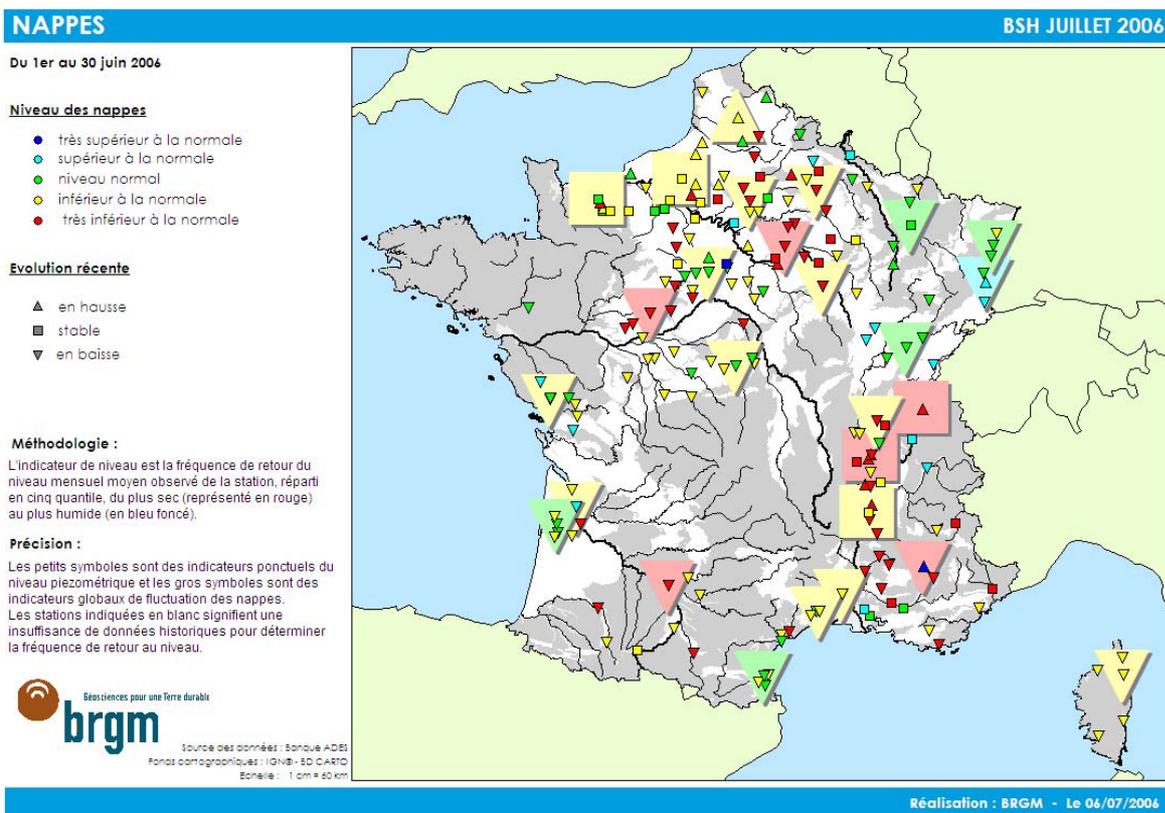


Illustration 45: exemple de carte de situation des nappes dans le cadre du BSH.

Régions	Bassins						Total région
	Adour-Garonne	Artois-Picardie	Loire-Bretagne	Rhin-Meuse	Rhône-Méditerranée-Corse	Seine-Normandie	
Alsace				6			6
Aquitaine	10						10
Auvergne							0
Bourgogne			1		5	2	8
Bretagne			4				4
Centre			18				18
Champagne-Ardenne						13	13
Corse					3		3
Franche-Comté					5		5
Ile-de-France						8	8
Languedoc-Roussillon					18		18
Limousin			1				1
Lorraine				8	2		10
Midi-Pyrénées	8						8
Nord-Pas-de-Calais		5					5
Normandie (Basse-)						6	6
Normandie (Haute-)						10	10
Pays-de-la-Loire			19				19
Picardie		3				12	15
Poitou-Charentes	1		2				3
Provence-Alpes-Côte-d'Azur					20		20
Rhône-Alpes					27		27
Total bassin	19	8	45	14	80	51	217

Illustration 46: Tableau de répartition par région et par bassin des points pris en compte pour le BSH

L'indicateur d'état représente quant à lui la fréquence de retour du niveau mensuel moyen observé de la station, réparti en cinq quantiles, du plus sec (représenté en rouge) au plus humide (en bleu foncé) (Illustration 47).



Légende des classes fréquentielles		
très inférieur à la normale	code 1	niveau moyen mensuel inférieur ou égal à la décennale sèche du même mois (quantile 10 %)
inférieur à la normale	code 2	niveau moyen mensuel supérieur à la décennale sèche (quantile 10 %) et inférieur ou égal au quantile 40 % du même mois
niveau normal	code 3	niveau moyen mensuel supérieur au quantile 40 % et inférieur au quantile 60 % du même mois
supérieur à la normale	code 4	niveau moyen mensuel supérieur au quantile 60 % et inférieur au quantile 90 % du même mois
très supérieur à la normale	code 5	niveau moyen mensuel supérieur ou égal à la décennale humide du même mois (quantile 90 %)

Illustration 47: Indicateur de niveau – Classes fréquentielles

Pour positionner sur cette échelle le niveau moyen mensuel courant calculé sur un piézomètre on peut procéder de la façon suivante :

1. on calcule les niveaux moyens du même mois à partir de l'historique disponible,
2. on trace la fonction de répartition de ces niveaux obtenue en classant par ordre croissant les valeurs et en calculant leur fréquence (Illustration 48),
3. on détermine à partir de cette fonction de répartition le quantile auquel le niveau moyen courant appartient.

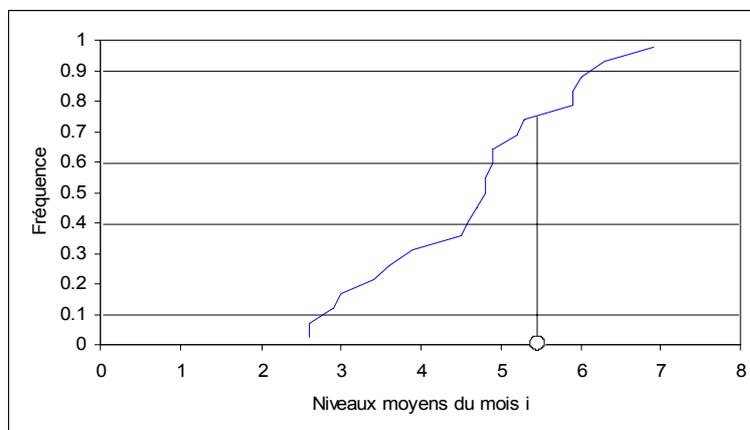


Illustration 48: Exemple de fonction de répartition des niveaux classés par ordre croissant

Il est important de noter, que par moyenne ou « normale » il s'agit de la moyenne arithmétique des moyennes mensuelles des **mesures connues**. Le nombre de valeurs mesurées constituant chaque moyenne mensuelle et le nombre d'années prises en compte pour la détermination de la moyenne de référence (ou « la normale ») du mois varie d'un point d'observation à un autre.

Il n'est pas certain que le mode de calcul utilisé soit identique d'un bulletin à un autre ni même d'un opérateur à un autre.

Il est conseillé d'éviter d'utiliser une loi normale car les données ne sont pas indépendantes (elles sont fortement liées à la donnée précédente) et le milieu n'est pas homogène (la perméabilité et la porosité sont très variables suivant un profil vertical).

L'indicateur de tendance : est une simple indication du sens d'évolution du niveau de la nappe d'un mois sur l'autre (lorsque les mesures sont peu nombreuses) ou en moyenne (estimation visuelle) sur la seconde quinzaine du mois (Illustration 49).

Légende des codes < évolution récente >		
niveau en hausse	code H	▲
niveau stable	code S	■
niveau en baisse	code B	▼

Illustration 49: Indicateur de tendance

3.2.2. LES INDICATEURS DE BASSINS ET REGIONAUX

La grande majorité des DIREN (bassin et région) éditent un bulletin généralement mensuel voire de périodicité décadaire en période d'étiage. Toutefois, il n'existe pas de carte sur l'état des nappes dans tous les bulletins mais la situation évolue.

Pour les bulletins qui contiennent une carte de situation des nappes, la codification des indicateurs d'état et surtout les classes de regroupement varient sensiblement d'une région (d'un bassin) à une autre. Le critère est, en très grande majorité, proche des critères retenus pour le BSH national basés sur une analyse fréquentielle. Quelques exceptions font référence à une variation relative (en %) par rapport à la moyenne pour définir la classe.

L'illustration 50 résume les différentes classes utilisées pour la réalisation des cartes de situation des nappes des BSH régionaux et de bassin.

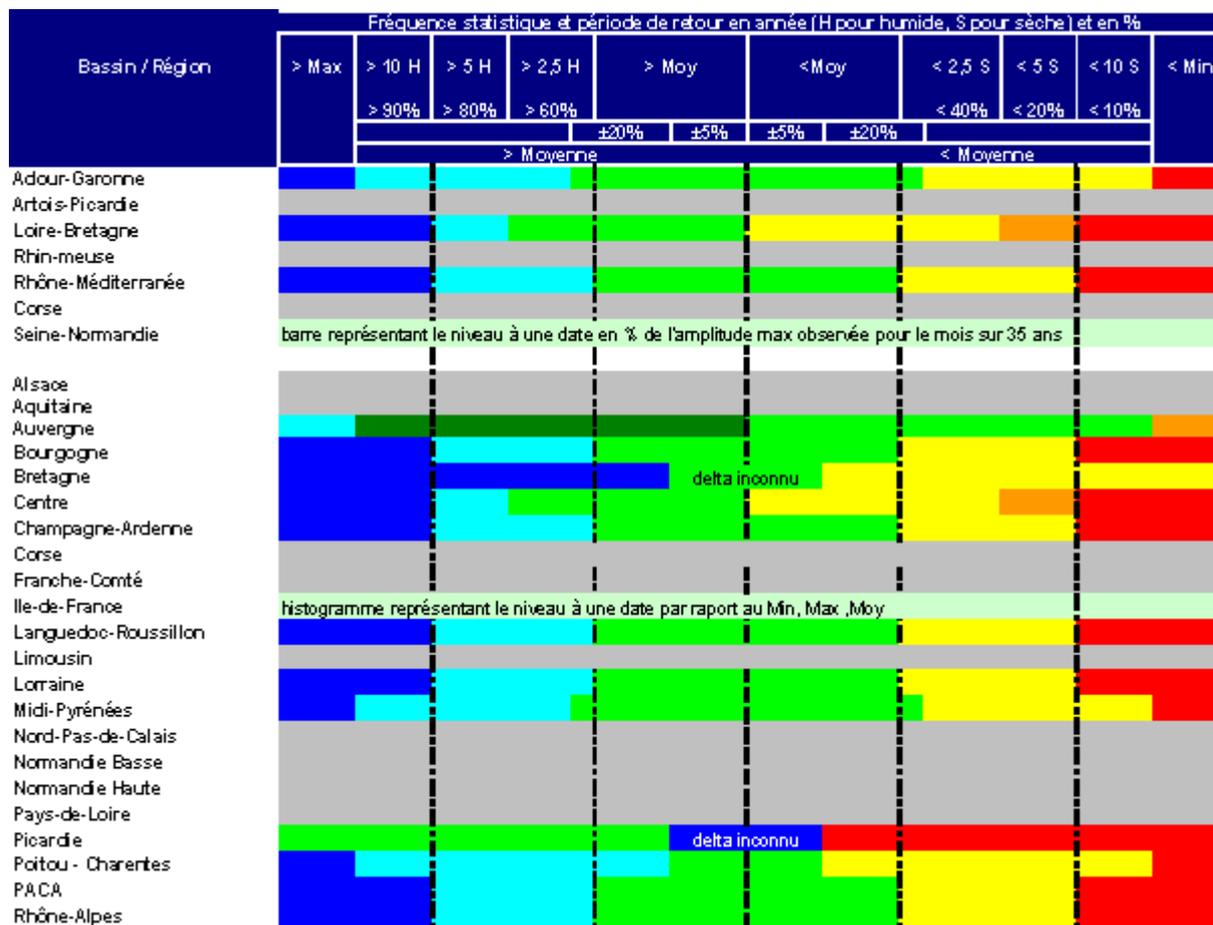


Illustration 50: Indicateurs d'état utilisés dans les bulletins de bassin et de région

Seule la région Ile-de-France et le bassin Seine-Normandie utilisaient toujours des histogrammes. La région Rhône-Alpes affecte la couleur de la classe au système aquifère concerné. (Illustration 51). Ce choix présente l'inconvénient de ne pas montrer l'évolution des nappes. Les variantes suivantes sont à noter par rapport au BSH national dans la distribution des classes :

- Loire-Bretagne, Centre – Pas de zones médianes mais une coupure franche sur la moyenne et une classe supplémentaire au niveau des fréquences quinquennales sèches et humides
- Adour-Garonne, Midi-Pyrénées, Auvergne, Poitou-Charentes – Pas de coupure à la fréquence décennale mais uniquement au-delà des MIN et MAX connus.
- Une fluctuation par rapport à la zone médiane variable suivant les régions. Elle n'est pas toujours basée sur une fréquence statistique mais sur un pourcentage d'écart de la valeur moyenne comme pour Adour-Garonne, Midi-Pyrénées, Bretagne ou Poitou-Charentes.

Enfin, les deux initiatives suivantes sont particulièrement intéressantes et méritent d'être citées :

- L'existence d'une **période de référence** commune à l'ensemble des données traitées pour les bulletins de Seine-Normandie, Ile-de-France, Loire-Bretagne, Centre :

- 35 ans (1973 – 2007) en Seine-Normandie et Ile-de-France,
- 14 ans (1995 – 2008) en Loire-Bretagne et région Centre.
- La création d'**indicateurs composites** et non une sélection de points d'observation. Ces indicateurs composites sont codifiés et sont seuls représentés sur la carte de situation en région Centre et en Loire-Bretagne.

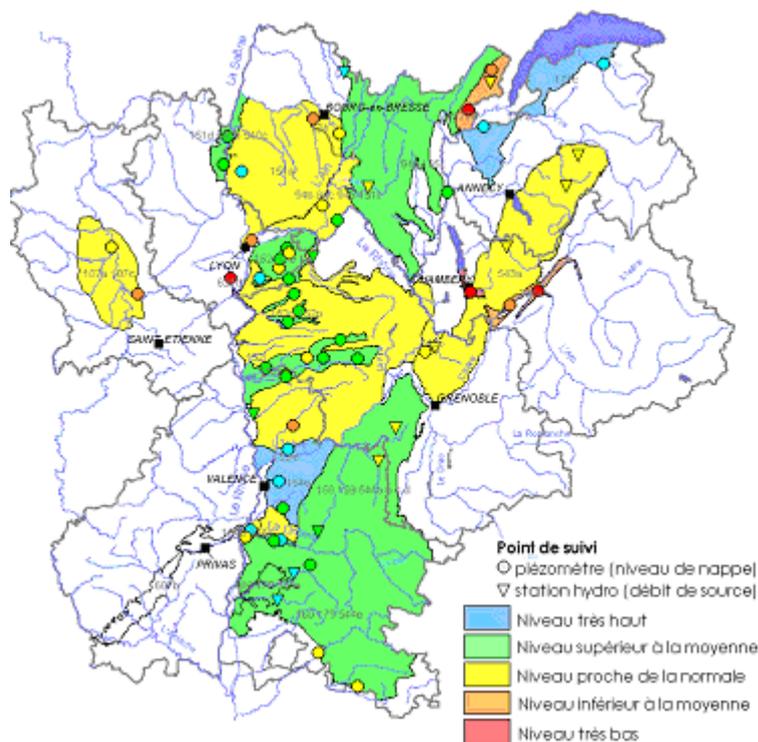


Illustration 51: exemple de carte de situation des nappes pour la région Rhône-Alpes

3.2.3. LES INDICATEURS EUROPEENS

Une recherche sur internet, qui ne se veut pas exhaustive, n'a pas permis de trouver d'équivalent à nos BSH à l'exception du Royaume Uni. Sur le site du Centre for Ecology & Hydrology, les bulletins sont regroupés dans le répertoire « Water Watch » sous le titre « Hydrological summary » à l'adresse : http://www.ceh.ac.uk/data/nrfa/water_watch.html

L'illustration 52 montre la carte de situation des nappes éditée dans le bulletin britannique (il s'agit ici de celle d'octobre 2009). Sept classes d'indicateur d'état sont définies mais la recherche n'a pas permis de trouver d'explication sur le mode de détermination des différentes coupures en exceptionnellement haut/bas, notablement haut/bas, significativement supérieur/inférieur à la normale et niveau normal. Ces bulletins sont édités mensuellement depuis mars 1997 et sont tous consultables sur le site internet.

Au niveau de l'Europe, Eurostat ou l'European Environment Agency, il n'y a pas d'indicateur d'état mentionnant la ressource en eaux souterraines.

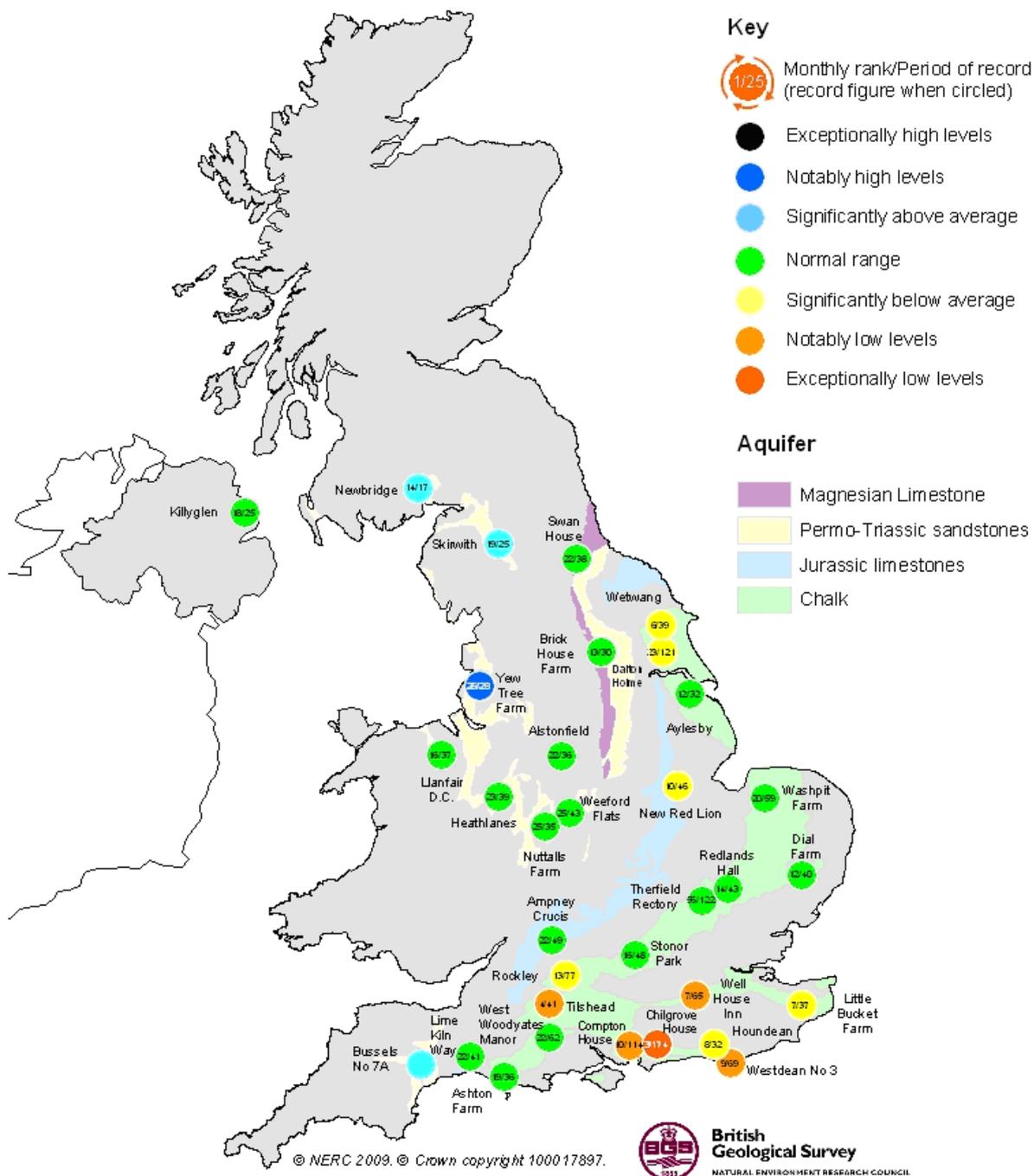


Illustration 52 : exemple de carte éditée dans l'Hydrological Summary for the United Kingdom. D'après BGS, 2009.

3.3. Réflexions sur les améliorations à apporter

- A qui s'adressent ces cartes de situation des nappes ?

Il est bon de rappeler que ce sont des documents conçus pour le « grand public » et les médias. Ces derniers s'y réfèrent régulièrement. Ces documents doivent donc rester simples et compréhensibles d'un seul regard par des non initiés.

Le délai de réalisation se doit d'être le plus court possible. Les méthodes à privilégier doivent être simples et rapides de mise en œuvre.

- Cohérence des indicateurs nationaux et régionaux

On a pu constater de fortes divergences entre la représentation régionale et le BSH national. On peut admettre une représentation cartographique différenciée et affinée au niveau de la région (voir l'exemple de la région Rhône-Alpes, Illustration 51) en raison d'une échelle plus grande permettant une meilleure visualisation des entités aquifères.

En ce qui concerne l'indicateur d'état, **il est souhaitable d'harmoniser le nombre, la définition et le choix du code couleur** des classes de fréquences statistiques. Cela éviterait un risque d'erreur d'appréciation lors d'une visualisation rapide de la carte de situation.

- Représentation cartographique au niveau national

- **Période de référence**

Actuellement les historiques de données prises en compte varient fortement d'un point de mesure à un autre. Ce qui rend approximatif la comparaison de leur situation à un mois M.

Cela peut induire de fortes erreurs d'appréciation de l'état de la ressource.

Ainsi, si la période de référence est très courte (10 ans et moins) et ne s'éloigne pas trop d'un état proche de la moyenne, il peut y avoir introduction d'un biais important. En particulier, si pendant ces quelques années prises comme référence, se situe une période de forts excédents pluvieux ou de forts déficits.

La nappe de la craie à Tincques (Nord-Pas-de-Calais) en constitue un exemple (Illustration 53). Si l'on ne retenait que les 10 dernières années 1998-2008 comme période de référence, l'estimation de la situation pour les années 2004-2008, très déficitaires, seraient encore plus fortement dégradées car elles ont été précédées par une phase extrêmement humide entre 1999 et 2002 avec phénomènes d'inondations par remontée de nappe.

Côte NGF (m) du niveau d'eau

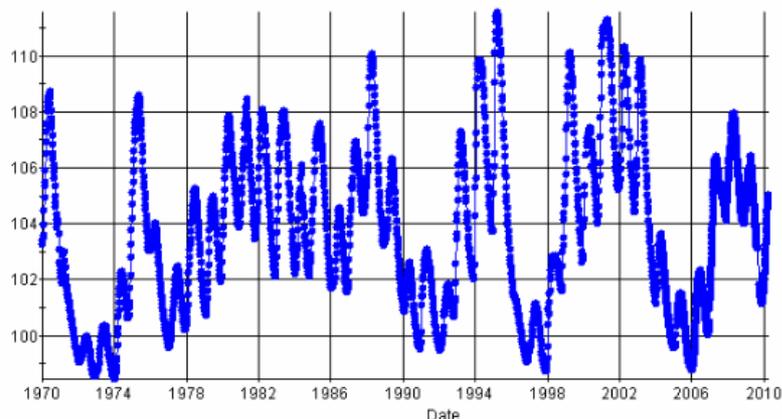


Illustration 53: Tincques - Nord-Pas-de-Calais (nappe de la craie) – Piézomètre 00254X0037/PZ1. Source ADES

Pour améliorer la cohérence globale de la carte de situation des nappes, il faudrait :

- Soit comme en région Ile-de-France, Loire-Bretagne retenir une période de référence commune à tous les points d'observation retenus;
- Soit compenser le manque de données en générant des historiques statistiquement plausibles en se corrélant à des historiques de pluies de plus de 30 ans proches du point d'observation. C'est un travail lo Soit se contenter de conserver uniquement les points ayant un historique de mesure d'au moins 10 ans sans autre correctif. Cette solution peut être retenue lorsqu'il n'existe pas assez de points d'observation suffisamment anciens et si l'on souhaite éviter les calculs statistiques préconisés précédemment.

▪ Représentation ponctuelle ou surfacique

Il est légitime de se demander si, comme pour les cartes des précipitations, une représentation « surfacique » de l'état de la ressource en eaux souterraines peut être envisagée à la place de la représentation actuelle par point.

La représentation par point à l'avantage d'être simple, claire, facile de mise en œuvre mais n'est pas toujours satisfaisante pour le rendu visuel.

On peut, avec le développement du réseau piézométrique national, améliorer la distribution des points sur l'ensemble du territoire métropolitain.. On peut aussi envisager des indicateurs composites.

A noter que les "gros symboles" utilisés pour la représentation actuelle se rapprochent d'indicateurs composites au niveau d'une région ou d'un aquifère majeur. Toutefois, ces gros symboles sont établis de manière qualitative à « vue d'expert ».

La représentation surfacique est plus valorisante mais plus délicate et plus lourde de mise en œuvre et peut être sujette à critique quand à sa représentativité (validité de l'extrapolation ou de l'interpolation entre données mesurées).

Deux représentations sont envisageables :

- **une seule couleur sur une même entité aquifère** comme en région Rhône-Alpes (Illustration 51). Toutefois, cela pose un problème de visualisation si le découpage des entités est trop morcelé (voir le découpage en masses d'eau : Illustration 54). Un regroupement serait nécessaire. Ce problème se pose de manière aiguë pour les aquifères des formations alluviales. En effet, ce sont des objets longilignes et étroits donc peu visibles sur une carte nationale de format limité (les tracés des alluvions le long des grands fleuves sont à peine visibles : Illustration 54) et pourtant importants en tant que ressources en eau souterraine. Par ailleurs, cela nécessite au moins un point supposé « représentatif » par entité ou mieux un indicateur composite (pondérant plusieurs points de mesures).
- **un dégradé en continu à l'intérieur d'un vaste ensemble que l'on admet globalement « homogène »** : Dans l'illustration 55, le territoire métropolitain est pris comme un seul ensemble et les zones de socle ont été masquées. Ce test, qui n'a pour objet que le rendu visuel, a été réalisé sous le logiciel Mapinfo 8.5 par création d'une grille et en jouant sur les facteurs d'interpolation.

Cela nécessite de nombreux points aussi régulièrement répartis que possible et de définir de grands ensembles jugés homogènes. Le temps de calcul et de restitution n'est pas négligeable et est difficilement compatible avec les délais imposés pour la publication des bulletins de situation hydrologique (BSH). Prendre, comme nous l'avons fait dans l'exemple, tout le territoire métropolitain comme une seule entité flatte l'œil à la restitution mais gomme complètement l'importance des grandes structures géologiques qui guident, avec le régime des pluies et les formations de couverture, l'évolution de la ressource.

L'illustration 56 rappelle les grands thèmes retenus pour la réalisation de la nouvelle version du référentiel hydrogéologique français BDRHFv2 rebaptisé BDLISA en 2009 (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères). Ces thèmes peuvent servir de base, à minima, pour la définition de grands ensembles.

▪ **Automatisation du processus**

L'un des facteurs majeurs de réalisation des BSH est le délai de réalisation. Toute action qui peut être automatisée permettra de réduire le temps de mise à disposition et les coûts de réalisation.

Des progrès peuvent être envisagés à moyen terme dans ce domaine. En effet, il est très facile d'envisager une procédure de calcul automatique des indicateurs du BSH et la restitution sous forme d'un tableau de type MS Excel. Il n'y a aucune difficulté technique particulière à cela.

Cela nécessite, toutefois, que toutes les données du réseau national nécessaires à la carte de situation des nappes soient saisies dans la banque de données ADES dans un délai compatible avec les exigences du BSH national, c'est-à-dire 2-3 jours au plus après la fin du mois. Ce n'est pas le cas à ce jour pour tous les points.

Si la solution "indicateurs composites" est retenue et faisable (points suffisamment répartis et nombreux), ces indicateurs qui sont une simple moyenne pondérée pourraient être également calculés automatiquement.

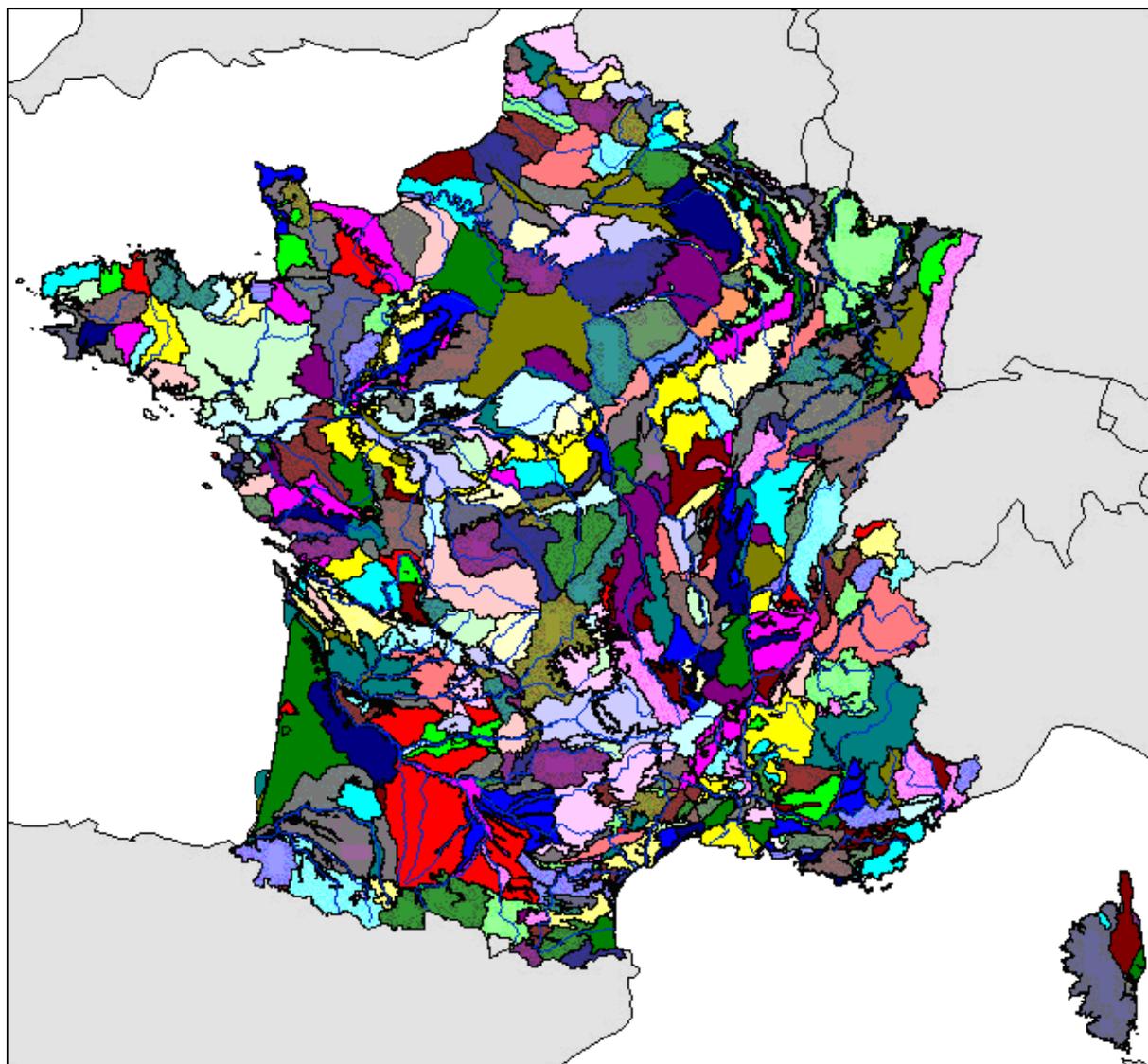


Illustration 54: visualisation nationale des masses d'eau souterraine métropolitaines

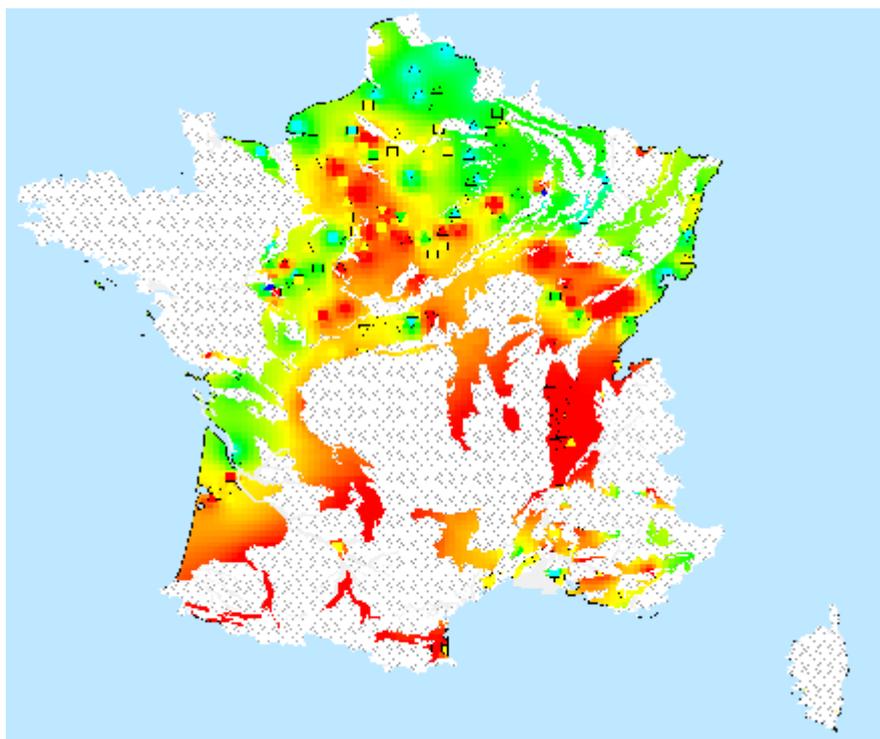


Illustration 55: exemple de représentation surfacique – Interpolation sur l'ensemble du territoire et masquage des formations de socle

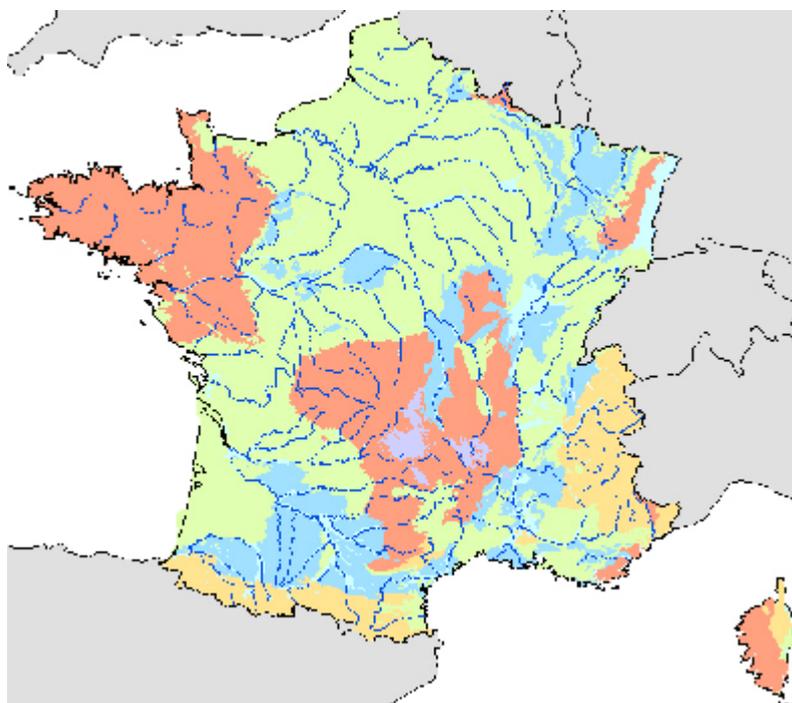


Illustration 56: exemple de grands ensembles : les thèmes définis dans le référentiel BDLISA

3.4. Conclusions de la phase 2 et perspectives

Des réflexions précédentes, les points suivants sont à retenir :

1. Il est nécessaire d'homogénéiser prioritairement les classes statistiques et leur mode de calcul utilisé pour l'indicateur d'état.
2. Il paraît souhaitable d'accroître le nombre de quantiles de 5 (situation actuelle) à 7 comme en Grande Bretagne, selon le principe présenté dans l'illustration 57.
3. Tendre vers une même période de référence (équivalent de la normale en météorologie) et, en attendant de disposer des historiques suffisants, ne retenir que les points disposant d'au moins 10 ans d'historique ce qui devrait correspondre à la très grande majorité des points actuellement retenus pour le BSH national.
4. Tendre vers un indicateur composite simple (moyenne pondérée par la surface) pour chaque entité aquifère suivie.
5. La représentation surfacique semble mal se prêter à une synthèse nationale. En revanche, au niveau régional, l'affectation d'une couleur (ce qui suppose de disposer d'indicateurs composites ou de points suffisamment représentatifs) par entité semble tout à fait réalisable comme en témoigne la carte réalisée pour la région Rhône-Alpes.
6. Lorsque toutes les données nécessaires aux BSH seront chargées dans la banque de données ADES suivant une chronologie compatible avec les délais imposés par les bulletins (environ 2-3 jours), il sera envisageable d'automatiser l'édition du tableau des codifications nécessaires à la réalisation de la carte.
7. Les commentaires nécessaires à la compréhension de la carte de situation et à une bonne compréhension des indicateurs nécessiteront toujours la réalisation d'un commentaire par chaque hydrogéologue régional et la rédaction d'une synthèse par un hydrogéologue au niveau national. Cette opération permet, en outre, d'effectuer un contrôle de cohérence des indicateurs produits.

Proposition de nouvelles classes fréquentielles		
très inférieur à la normale	code 1	niveau moyen mensuel inférieur ou égal à la décennale sèche du même mois (quantile 10 %)
inférieur à la normale	code 2	niveau moyen mensuel supérieur à la décennale sèche (quantile 10 %) et inférieur ou égal au quinquennal sec du même mois (quantile 20 %)
Significativement inférieur à la normale	code 3	niveau moyen mensuel supérieur au quinquennal sec (quantile 20 %) et inférieur au quantile 40 % du même mois
Niveau normal	code 4	niveau moyen mensuel supérieur au quantile 40 % et inférieur au quantile 60 % du même mois
Significativement supérieur à la normale	code 5	niveau moyen mensuel supérieur au quantile 60 % et inférieur au quinquennal humide du même mois (quantile 80 %)
Supérieur à la normale	code 6	niveau moyen mensuel supérieur au quinquennal humide (quantile 80 %) et inférieur ou égal au décennal sec du même mois (quantile 90 %)
très supérieur à la normale	code 7	niveau moyen mensuel supérieur ou égal à la décennale humide du même mois (quantile 90 %)

Illustration 57: proposition de nouvelles classes fréquentielles

4. Phase 3 : Indicateurs d'évaluation de la qualité des eaux souterraines et des tendances d'évolution des polluants. Exemples de réalisations et recommandations

4.1. Introduction – Éléments de définition

En 2000, la Directive-Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) impose à l'ensemble des États membres de travailler activement à l'amélioration de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines en fixant comme objectif l'atteinte d'un « bon état chimique » à l'horizon 2015. Ce travail ne peut être réalisé qu'avec l'aide d'outils appropriés permettant de décrire la qualité des eaux et d'estimer leurs évolutions passées et à venir.

Les causes possibles de contaminations des eaux naturelles sont très nombreuses et variées, avec un panel de substances à mesurer dans les échantillons très importants. Les experts du domaine de l'eau, les gestionnaires et acteurs ainsi que le grand public ne peuvent se contenter de données brutes de concentrations en tel ou tel élément. Afin d'aider la lecture des analyses, de faciliter l'interprétation des mesures et de rendre plus parlant les résultats obtenus grâce aux campagnes de prélèvements, il est nécessaire de définir en premier lieu des seuils de qualité des eaux naturelles. Ceux-ci permettent de classer les eaux en fonction de leur aptitude à contribuer à tel ou tel usage et de les comparer entre elles. La multitude de paramètres analysés demande souvent un effort d'agrégation des résultats qui doit être justifié selon des arguments scientifiques de pertinence pour décrire des types de pollutions particuliers. Enfin, la communication autour des questions environnementales prend une place de plus en plus grande dans les travaux de caractérisation de l'état des eaux car elle guide souvent la politique de gestion des milieux naturels et les actions qui en découlent. Le traitement des résultats d'analyses des concentrations en contaminants pour la description de l'état et l'analyse des évolutions doit donc être pensé dans une optique de représentation la plus parlante possible. Ces traitements constituent alors des indicateurs de l'état ou de l'évolution de la qualité des eaux naturelles.

Cette étude propose une revue bibliographique des indicateurs utilisés dans le domaine de l'eau souterraine, au niveau national, européen et international. Un autre rapport, rédigé en parallèle par l'OIEau⁴ s'intéresse aux indicateurs d'état et d'évolution de la qualité des eaux de surface. Le présent rapport ne constitue pas une liste exhaustive de l'ensemble des indicateurs utilisés dans le domaine de l'eau souterraine mais présente un panel varié de méthodes et travaux innovants développés et mis en œuvre pour le suivi, le classement, le traitement, l'analyse et la représentation des données brutes de qualité des eaux souterraines. L'analyse critique des indicateurs présentés permet d'établir les bases de la réflexion à mener sur le développement et l'utilisation des indicateurs de demain, les pistes à suivre et les outils à améliorer.

4.1.1. QUALITE DE L'EAU SOUTERRAINE

La qualité d'une eau naturelle est une notion difficile à définir sans l'associer à un contexte précis, à un objectif particulier, à une référence. La qualité d'une eau au sens large correspond en effet à tous les éléments hors H₂O que peut contenir une eau. Ces substances déterminent une couleur, une odeur, un pH de l'eau ainsi qu'une concentration en éléments dissous (éléments chimiques majeurs et traces, éléments organiques, produits phytosanitaires et produits pharmaceutiques dits « émergents »). Décrire la qualité d'une eau nécessite donc de mesurer toutes les substances qu'elle peut contenir. Toutefois, ces mesures n'ont de valeur que si elles peuvent être comparées entre elles ou du moins comparer à des valeurs de référence qui définissent des « états qualitatifs » de l'eau. Ces valeurs de références permettent de classer les eaux en fonction de leur qualité et du type d'usage que l'on veut en faire.

Il n'existe donc pas, pour un point d'eau souterraine donné, un aquifère ou une masse d'eau souterraine, une seule et unique qualité. La qualité de l'eau prélevée dans un forage peut être considérée comme bonne pour satisfaire un usage et comme mauvaise pour un autre. Dans le cas des nitrates par exemple, une eau dont la concentration est de 40mg/L est considérée comme « bonne » pour satisfaire la production d'eau

⁴ OIEau : Bilan sur la surveillance des cours d'eau. Tome 2 : L'usage des approches d'évaluation de l'état des cours d'eau. 2009
Avril 2010 - p 91/166

potable (la norme à respecter étant fixée à 50mg/L⁵). L'état de cette eau peut en revanche être qualifié de médiocre par comparaison avec un milieu naturel vierge de toute influence anthropique où les concentrations ne dépassent pas 10mg/L (sauf cas particuliers). Ces notions étaient déjà développées dans les règles d'évaluation de l'outil SEQ (Système d'Évaluation de la Qualité de l'eau) basées sur une appréciation de l'aptitude de l'eau à satisfaire les fonctions et les usages (Agences de l'eau, 2002).

Cette approche est également celle que la Directive cadre sur l'eau (DCE) et sa directive fille sur les eaux souterraines 2006/118/CE ont adopté pour définir l'état chimique d'une masse d'eau souterraine. Ces textes considèrent en effet qu'une eau souterraine en bon état est une eau dont les niveaux de concentration permettent d'une part de satisfaire les usages humains et notamment l'alimentation en eau potable, et d'autre part d'assurer ses fonctions de soutien aux cours d'eau et aux zones humides sans nuire à l'état écologique ou chimique de celles-ci.

4.1.2. INDICATEUR DE LA QUALITE DE L'EAU SOUTERRAINE

D'une façon générale un indicateur offre la possibilité à un public variable (grand public, scientifiques, gestionnaires, etc...) de disposer d'une description d'un état d'un compartiment de l'environnement, d'une pression exercée sur celui-ci ou d'une réponse apportée pour restaurer son état. Un indicateur peut être agrégé à d'autres et former alors un indice.

Dans le domaine de l'eau souterraine, un indicateur d'état ou d'évolution de la qualité de l'eau peut être défini comme le résultat d'une ou plusieurs données brutes d'un ou plusieurs paramètres de la qualité de l'eau, traitées et représentées de façon à indiquer l'état qualitatif ou l'évolution temporelle de la qualité de la ressource étudiée. L'indicateur répond généralement à un objectif précis (finalité d'usage, échelle spatiale, temporelle) ou bien, pour les plus complexes, à une multiplicité d'objectifs (exemple : « évolution de la qualité des eaux souterraines sur les dix dernières années pour un usage déterminé à l'échelle d'un bassin versant »). La sélection des données brutes à partir de laquelle l'indicateur est créé, sa méthode de calcul ainsi que son mode de représentation dépendent donc exclusivement de ce que l'on veut montrer. De plus, les normes de qualité des eaux souterraines ainsi que les valeurs-seuils, généralement définies en fonction du type d'usage et servant au classement des eaux en fonction de leur qualité, sont essentielles à la définition des indicateurs. Le positionnement de la qualité de l'eau par rapport à ces limites indique la possibilité ou non pour une eau d'être utilisée pour l'usage caractérisé par ces seuils. La mesure isolée d'un paramètre de la qualité de l'eau ne peut ainsi être considérée comme un indicateur seulement si elle est comparée à une valeur de référence.

Lorsque l'indicateur concerne plusieurs points de mesure, notamment pour l'étude de la qualité de l'eau d'un aquifère ou d'un ensemble d'aquifères, on s'intéresse à la constitution d'un réseau de mesure de la qualité des eaux souterraines. Ce réseau, qui multiplie les points d'observations au sein d'un système hydrogéologique, permet de rendre compte de la variabilité spatiale de la qualité des eaux et de mettre en lumière, soit des spécificités locales, soit une grande homogénéité dans la répartition des éléments de la qualité des eaux. L'exercice est donc de constituer des réseaux de mesures caractérisés par leur plus ou moins grande densité, par la représentativité de chacun des points du réseau et in fine du réseau lui-même. L'indication de la qualité des eaux souterraines dépend ainsi du type de réseau de mesure à partir duquel l'indicateur est créé.

Le lien « réseau de mesure »/« indicateur » est ainsi très fort, chacun des deux éléments constitutifs du couple influant sur l'autre. Lorsque l'indicateur est créé à partir d'un réseau existant, qui n'a pas été pensé spécifiquement pour alimenter en données brutes l'indicateur, c'est le type de réseau de mesure qui déterminera les méthodes de calculs et de représentation qu'il est possible de mettre en œuvre pour créer l'indicateur. A l'inverse, et dans le meilleur des cas, lorsque l'indicateur est pensé en amont de la constitution du réseau c'est le réseau qui sera adapté à la question posée. Des indicateurs particuliers sont ainsi développés pour décrire la qualité des réseaux ou la pertinence des campagnes de mesures. Ces indicateurs alimentent la réflexion qu'il est indispensable de mener en amont des études de la qualité des eaux souterraines sur la meilleure façon d'accéder à une information la plus représentative possible.

⁵ Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

En résumé, sera considéré comme « indicateur » de la qualité de l'eau souterraine dans ce rapport :

- La mesure isolée d'un ou plusieurs paramètres de la qualité de l'eau souterraine si elle est associée à une ou plusieurs valeurs de référence;
- Tous traitements ayant pour objectif l'agrégation inter-spécifique (plusieurs paramètres de la qualité des eaux souterraines), l'agrégation spatiale et/ou l'agrégation temporelle de données brutes de la qualité des eaux souterraines;
- Toutes démarches ou approches aboutissant à la représentation ponctuelle, spatialisée et/ou chronologique d'un ou plusieurs paramètres bruts ou traités de la qualité des eaux souterraines.

L'utilisation de plusieurs indicateurs pour répondre à un même objectif de qualification de la qualité des eaux souterraines sera ainsi considérée comme un indicateur à part entière, de même que la représentation des données brutes ou traitées lorsque celle-ci apporte une plus-value à l'information sur la qualité des eaux.

4.1.3. TENDANCE D'EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'EAU SOUTERRAINE

Un élément important concernant la qualité des eaux souterraines est la probabilité d'atteindre ou de ne pas atteindre un bon état d'ici 2015. Ces considérations demandent de travailler sur la notion d'évolution temporelle de la qualité des eaux souterraines et donc d'identifier les tendances d'évolution des différents paramètres de la qualité des eaux. Le problème de la « signification » (ou « significativité » en terme mathématique) des tendances est clarifiée dans l'annexe IV de la Directive. Celle-ci peut être statistique (test de significativité des tendances) ou environnementale, liée à des risques réels représentés par des tendances à la hausse identifiées.

Pour les tendances identifiées à la hausse, la DCE demande aux États-Membres de mettre en œuvre des actions concrètes pour inverser ces tendances. Cette obligation concerne les tendances qui atteignent 75 % des valeurs des normes de qualité des eaux souterraines de l'UE (nitrate et pesticides) et/ou les valeurs-seuils définies plus localement. Des ajustements peuvent être opérés en raison de particularités locales (vulnérabilité importante d'un aquifère par exemple) et le seuil de 75 % abaissé.

4.2. Indicateurs de la qualité des eaux souterraines

4.2.1. METHODOLOGIE

L'analyse bibliographique réalisée pour cette étude a pour objectif de dresser un bilan des indicateurs utilisés afin de décrire l'état et l'évolution de la qualité des eaux souterraines en France, en Europe et à l'international. Cet exercice se confronte à deux difficultés auxquelles il a fallu faire face pour débiter l'étude dans les meilleures dispositions. En réponse à chacune des difficultés correspond un choix méthodologique suivi pour la réalisation et la présentation de cette recherche bibliographique.

La première difficulté est une question de sémantique. Elle repose sur la notion « d'indicateur » elle-même. En effet, définir ce qu'est un indicateur de l'état ou de l'évolution de la qualité des eaux n'est pas chose aisée. Le paragraphe ci-après expose la définition de la notion « d'indicateur » telle qu'utilisée par le BRGM mais les échanges entre le BRGM, l'OIEau et l'ONEMA au cours de la réalisation de la présente étude ont révélé des visions différentes. En effet, là où l'OIEau préfère parler « d'approches de qualification de l'état des cours d'eau » le BRGM utilise la notion « d'indicateur » tout en gardant à l'esprit que peuvent être regroupées sous ce terme différentes formes de traitements, calculs et représentations, considérés individuellement aussi comme des indicateurs. L'idée générale sous-tendue par ces deux notions est néanmoins la même : indiquer, révéler une partie de l'état qualitatif des eaux. Dans la suite du rapport, au terme indicateur correspondra donc l'ensemble des actions mises en œuvre de façon conjointe et coordonnée pour répondre à un objectif précis de qualification de l'état ou de l'évolution de la qualité des eaux souterraines. C'est ici l'objectif à atteindre (qualité pour un usage, emprise donnée, agrégation d'un ensemble de mesures de différents paramètres, représentation en aplat de la qualité des eaux souterraines, etc...) qui définit l'indicateur.

La deuxième question repose sur le choix des indicateurs à présenter. Le parti-pris du BRGM pour la préparation de ce chapitre est de ne présenter que les indicateurs qui proposent une vision novatrice de la manière d'indiquer la qualité des eaux souterraines ou bien qui initient une réflexion, soit sur les objectifs à atteindre, soit sur le type de données à utiliser, soit encore sur les modes de représentation qu'il est possible de fournir en résultats aux traitements de données brutes. De même, afin d'apporter des informations nouvelles au lecteur, une attention plus marquée a été portée à la recherche des indicateurs utilisés par les autres pays de l'Union Européenne et même au delà.

La liste présentée n'est donc pas exhaustive mais regroupe un panel d'indicateurs suffisamment variés afin de rendre compte des actions menées dans différents contextes pour définir et représenter la qualité des eaux souterraines à différentes échelles d'espace et de temps.

Les résultats de la recherche bibliographique sont synthétisés sous forme de fiches descriptives normalisées. A la demande de l'ONEMA et par cohérence avec le rapport réalisé en parallèle par l'OIE sur les eaux de surface, ces fiches sont structurées selon les parties suivantes :

1 – Description de l'indicateur :

- ▣ Description sommaire de l'indicateur
- ▣ Thème associé : physico-chimie, biologie, morphologie, transversal
- ▣ Couverture géographique
- ▣ Référence bibliographique
- ▣ Cible : grand public, acteur de l'eau, expert
- ▣ Producteur de l'indicateur
- ▣ Producteur des données élémentaires
- ▣ Méthode de calcul
- ▣ Échelle temporelle
- ▣ Échelle spatiale : nationale, bassin, masse d'eau, point
- ▣ Points forts et points faibles de l'indicateur
- ▣ Faisabilité

2 – Modes de représentation de l'indicateur :

- Libellé de l'indicateur
- Paramètres analysés pour la création de l'indicateur
- Représentations de l'indicateur
- Implantation : ponctuelle, linéaire, surfacique, autre
- Points forts et points faibles des modes de représentation
- Faisabilité

Les champs des fiches descriptives ont été renseignés en évitant les redondances autant que possible, sur les points forts et points faibles notamment. Les indicateurs sont regroupés selon le territoire de leur mise en œuvre : France, autre pays européen ou bien dans un autre pays du monde.

Chaque fiche se rapporte le plus souvent à un programme complet d'actions menées dans un contexte particulier pour aboutir à l'indication d'un état ou d'une évolution de la qualité des eaux souterraines. Les différents calculs, traitements et modes de représentation d'un même indicateur sont ainsi liés par un objectif commun. La mise en œuvre conjointe et coordonnée de ces actions participe donc d'une stratégie unique d'indication de la qualité des eaux souterraines. Les fiches présentées sont donc à considérer dans leur globalité même s'il est possible d'extraire, parmi l'ensemble des actions constitutives de l'indicateur, des calculs novateurs, des traitements particuliers ou des modes de représentations intéressants pour la création de nouveaux indicateurs de la qualité des eaux souterraines. Les « actions » les plus pertinentes, novatrices ou parlantes sont reprises dans le chapitre 4.3 « Conclusions de la phase 3 et perspectives » du rapport.

4.2.2. LES INDICATEURS RECENSES

En France

Pour faire suite au SEQ-Eaux souterraines (reprit et adapté par d'autres pays européens comme la Belgique et la Pologne) un nouvel outil baptisé SEEE pour Système d'Évaluation de l'État des Eaux est en cours de développement. Le pilotage du projet est assuré par l'ONEMA. A cette occasion, avec le soutien du groupe national « DCE eaux souterraines » qui réunit notamment la Direction de l'Eau et de la Biodiversité du MEEDDM et les agences de l'eau, un recensement des besoins pour le traitement de données et la production d'indicateurs statistiques a été mené. Conformément au périmètre prévu pour l'outil SEEE, ce recensement exclue les indicateurs cartographiques et graphiques.

L'outil SEEE est encore en cours de développement mais conformément aux résultats du recensement des besoins l'outil permettra la réalisation de statistiques assez simples : concentrations maximales, minimales, médiane, percentiles, fréquences de dépassement d'un seuil, taux de quantification, évolution des dépassements, etc... A ce jour l'accent est principalement mis sur la production d'un indicateur conforme aux exigences de la DCE. C'est cette indicateur uniquement qui sera présenté par la suite.

En complément du développement du SEEE, les organismes de recherche comme les gestionnaires du domaine de l'eau souterraine, s'intéressent actuellement aux nouveaux modes de représentation possibles de la qualité des eaux souterraines. Une réflexion est menée sur la possibilité d'une représentation en aplat de l'état et de l'évolution de la qualité. La difficulté majeure de ce type d'exercice réside dans l'affectation d'une surface à chacun des points qui constituent un réseau de mesure de la qualité, c'est à dire de savoir qu'elle est la représentativité de chacune des mesures. Suivant cet objectif, des essais de représentation par masse d'eau du risque de non atteinte du bon état qualitatif en 2015 ont été conduits par le Service de l'Observation et des Statistiques du MEEDDM (SOeS, ex-Ifen). En parallèle à ces travaux, l'Agence de l'eau Loire-Bretagne et le BRGM ont mené une réflexion commune sur les méthodes de sectorisation du bassin Loire-Bretagne en vue de faire une représentation en aplat des tendances d'évolution par secteurs à réponse homogène vis à vis de la pollution azotée. Les agences Seine Normandie et Rhin Meuse vont mettre en œuvre une méthodologie relativement similaire sur leurs bassins, en étendant l'étude aux produits phytosanitaires dans les eaux souterraines.

Les organismes de recherche et de gestion dans le domaine de l'eau souterraine en France réfléchissent également aux problèmes de pollution diffuse par les micro-polluants de types polluants émergents, pesticides et leurs métabolites. Les outils analytiques sont en progrès constants alors que les connaissances sur les comportements de ces substances dans le milieu naturel sont encore assez faibles, notamment pour les polluants émergents qui commencent à peine à être régulièrement analysés dans les eaux souterraines. Le nombre de substances à rechercher étant très important (plus de 500 molécules différentes pour les pesticides) des indicateurs sont créés spécifiquement pour une sélection la plus pertinente possible des molécules à rechercher (seulement dans les eaux superficielles actuellement). D'autres méthodes (IFT, Indicateur de Fréquence de Traitement) sont développées pour identifier les secteurs où la « pression phytosanitaires » est la plus importante et ainsi ajuster le type d'analyse à effectuer en fonction de la localisation des points des réseaux de mesure de la qualité des eaux souterraines.

Toutes ces réflexions conduisent à l'élaboration de méthodologies nouvelles, à l'application d'outils statistiques jusqu'ici réservés au seul domaine des mathématiques et au développement de modes de représentation plus intégrateurs que la seule emprise ponctuelle.

Des applications du SEQ-Eau et du SEEE sont présentées dans la suite du rapport afin de rendre compte de l'évolution des outils nationaux de détermination de la qualité des eaux souterraines. Le choix est ensuite fait de décrire la méthode de détermination des tendances d'évolution de la pollution azotée à l'échelle du bassin Loire-Bretagne, travail innovant mené conjointement par le BRGM et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne. De plus, la représentation en aplat de cet indicateur permet de réfléchir aux nouveaux modes de représentation des indicateurs à développer pour faciliter la gestion de la qualité des eaux souterraines. Enfin, l'Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT) est présenté à la fois pour rappeler les enjeux de demain sur les produits phytosanitaires et ceux dits « émergents », et montrer qu'il est possible de baser l'estimation de la qualité des eaux souterraines non pas sur la mesure directe des éléments dissous dans l'eau mais sur la « pression polluante » en entrée des systèmes hydrogéologiques.

Ces présentations n'ont pas la prétention d'être exhaustives. Elles sont avant tout destinées à montrer des exemples de réalisations aux approches et aux échelles spatiales variables. La réalisation d'un inventaire des indicateurs existants en France ne fait pas l'objet de cette étude.

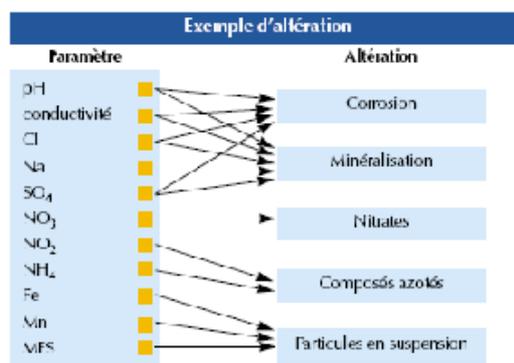
SEQ – Eaux souterraines

Description		Thème
<p>A l'image du SEQ – cours d'eau dont les grilles d'évaluation ont été développées dès 1971, les agences de l'eau et le Ministère en charge de l'Environnement ont souhaité mettre en place un outil similaire pour les eaux souterraines. Ce travail a abouti à la publication en 2002 du SEQ - eaux souterraines version 0. Cette version du SEQ adaptée aux eaux souterraines rend compte des spécificités de ces dernières tout en restant cohérent avec le système mis au point pour les eaux superficielles.</p> <p>L'outil SEQ a été élaboré pour tenter d'évaluer le plus simplement possible, mais de manière rigoureuse, ce concept complexe de qualité d'une eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> la qualité de l'eau est définie par rapport à un certain nombre d'usages sélectionnés dans l'outil SEQ ; dans un but de simplification et de meilleure compréhension, les nombreux paramètres qui servent à appréhender la qualité d'une eau ont fait l'objet de regroupements appelés altérations ; enfin, afin de rendre plus explicite cette appréciation de la qualité de l'eau, il a été conçu un indice de qualité qui varie entre la valeur 100 (eau de la meilleure qualité) à la valeur 0 (la moins bonne). <p>Le SEQ – eaux souterraines prévoit l'évaluation de la qualité de l'eau en considérant cinq usages différents :</p> <ul style="list-style-type: none"> production d'eau potable (AEP et industries agro-alimentaires), industrie (hors agro-alimentaire), énergie (pompes à chaleur, climatisation), irrigation, abreuvement. <p>En plus de ces 5 usages, il a été introduit la notion d'état patrimonial pour exprimer le degré de dégradation d'une eau du fait de la pression exercée par les activités socio-économiques sur les nappes, sans faire référence à un usage quelconque. Cet état permet d'apprécier la qualité de l'eau par rapport à son état d'origine.</p> <p>Chaque usage ou fonction est défini par un certain nombre de paramètres physico-chimiques ou bactériologiques, mesurés sur eau brute (non filtrée) pertinents pour caractériser celui-ci. Pour une meilleure compréhension, les paramètres de même nature ou de même effets perturbateurs vis à vis d'un même usage, sont regroupés entre eux sous le vocable d'altération</p>		<p>X Physico-chimie</p> <p>Biologie</p> <p>Morphologie</p> <p>Transversal</p>
Couverture géographique	Bibliographie	Cible
Évaluation au point d'eau	Agences de l'eau (2002). SEQ – eaux souterraines. Rapport de présentation. Version 0. Les études des agences de l'eau n°80, 66p, ISSN 1161-0425.	<p>X Grand public</p> <p>X Acteurs de l'eau</p> <p>Expert</p>

Producteur de l'indicateur	Producteur des données élémentaires
Agences de l'eau, Ministère en charge de l'Environnement	Tous les producteurs de données sur la qualité des eaux souterraines

Méthode de calcul

Pour évaluer la qualité de l'eau et savoir si elle est altérée, de nombreux paramètres sont mesurés. Le SEQ-Eaux souterraines introduit la notion d'altération de la qualité de l'eau comme regroupement de paramètres de même nature ou de même effet. Des valeurs seuils affectées à chacun d'entre eux permettent de définir les différentes classes de qualité par altération. Les altérations influencent directement les usages selon la sensibilité de ces derniers à chaque altération



Le SEQ-Eaux souterraines précise ensuite pour chaque altération l'aptitude de l'eau à satisfaire les usages.

APTITUDE DE L'EAU À SATISFAIRE LES USAGES	
4 classes pour l'usage "alimentation en eau potable"	
■	eau de qualité optimale pour être consommée
■	eau de qualité acceptable pour être consommée mais pouvant, le cas échéant, faire l'objet d'un traitement de désinfection
■	eau de qualité non potable, nécessitant un traitement
■	eau inapte à la production d'eau potable
5 classes pour les autres usages et la caractérisation de "l'état patrimonial"	
Usages : industrie, énergie, irrigation et abreuvement	
■	aptitude très bonne
■	aptitude bonne
■	aptitude passable
■	aptitude mauvaise
■	inapte pour satisfaire l'usage
Etat patrimonial	
■	eau dont la composition est naturelle ou sub-naturelle
■	eau dont la composition est proche de sa composition naturelle ou sub-naturelle mais détection d'une contamination d'origine anthropique
■	contamination moyenne par rapport à l'état naturel
■	contamination importante par rapport à l'état naturel
■	contamination très importante par rapport à l'état naturel

Le SEQ est construit de manière à déterminer à la fois l'aptitude potentielle de l'eau à satisfaire les différents usages et proposer un indice global de la qualité. Cet indice, est l'indice minimal obtenu pour l'ensemble des altérations considérées.

QUALITÉ GLOBALE DE L'EAU	
La qualité des eaux souterraines s'exprime par leur appartenance à l'une des cinq classes suivantes :	
	eau de très bonne qualité, sans contamination significative, dans son état naturel ou très proche de celui-ci.
	eau de bonne qualité.
	eau de qualité moyenne.
	eau de mauvaise qualité.
	eau de très mauvaise qualité.

La qualité de l'eau est décrite, pour chaque altération, avec un indice et 5 classes de qualité. Cet indice de qualité va de 0 (le pire) à 100 (le meilleur). Cet indice correspond au plus mauvais indice obtenu pour les paramètres constituant l'altération.

L'aptitude de l'eau à l'usage, pour l'altération considérée, est déterminée par le paramètre le plus déclassant, c'est à dire celui qui définit la classe d'aptitude la moins bonne. L'aptitude globale de l'eau à satisfaire l'usage, qui prend en compte l'ensemble des altérations, est déterminée, pour un prélèvement d'eau par classe d'aptitude de l'altération la plus déclassante, c'est à dire celle qui définit la classe d'aptitude la moins bonne.

Échelle temporelle		Échelle spatiale	
		Nationale Bassin Masse d'eau x Point	
Points forts	Points faibles	Faisabilité	
<ul style="list-style-type: none"> • Outil offrant des grilles et des méthodes d'évaluation harmonisées et communes à tous les acteurs de l'eau quelque soit leur territoire d'intervention (nappe, département, région, bassin, national). • Possibilité d'appréhender la qualité de l'eau selon différents usages. L'évaluation s'adapte ainsi aux objectifs de l'utilisateur (contrôle sanitaire, état patrimonial,...). • Outil et méthodes simples, compris par tous et faciles à mettre en œuvre. • Trames d'échanges de l'outil informatique au format SANDRE permettant notamment les échanges de données avec la banque ADES. 	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation au point d'eau uniquement, pas d'évaluation à l'échelle de la nappe ou de la masse d'eau. • Pas d'évaluation de l'état global du point. L'évaluation reste spécifique à un usage donné. • Méthodes non adaptées aux spécifications de la DCE <ul style="list-style-type: none"> ○ Sur chaque point, la concentration retenue par le SEQ pour être comparée à la valeur seuil est le percentile 90 (ou la concentration maximale lorsque le nombre de données est insuffisant). Or la DCE prescrit l'utilisation d'une moyenne arithmétique pour évaluer l'état chimique d'un point d'eau. ○ Sommairement, la DCE précise qu'une eau souterraine en bon état chimique est une eau capable de satisfaire les besoins des activités humaines et d'assurer son rôle de soutien aux cours d'eau et aux zones humides sans altérer leur état. Ces concepts sont très proches de ceux du SEQ – eaux souterraines. Toutefois dans sa version 0, ce dernier ne tenait pas suffisamment compte de l'impact potentiel des eaux souterraines sur l'état écologique et chimique des systèmes de surface. En outre, depuis la publication du SEQ, de nouvelles normes de qualité environnementale ont été élaborées pour les eaux de surface et il conviendrait d'en tenir compte. 		

Mode de représentation

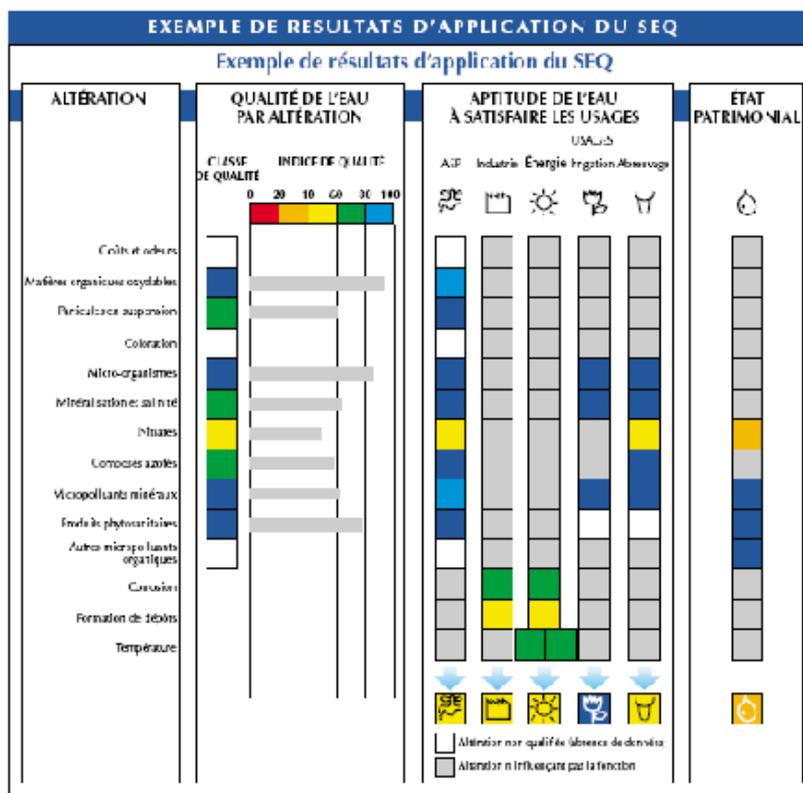
Libellé de l'indicateur : **SEQ - Eaux souterraines**

Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

Tous paramètres physico-chimiques disponibles

Représentation de l'indice

Le résultat brut de l'application du SEQ-Eau souterraine est une grille qui définit à la fois l'aptitude d'une eau à satisfaire un type d'usage, l'indice de qualité par usage ainsi que les paramètres qui affectent les aptitudes de l'eau pour chaque usage.



Dans l'exemple ci-dessus, ce sont les nitrates qui altèrent le plus la qualité de l'eau. L'aptitude de l'eau à un usage énergétique est passable du fait des risques de formation de dépôts (entartrage).

A l'issue de ce travail des cartes peuvent être réalisées pour représenter les résultats. Les figures suivantes en donnent des exemples à l'échelle nationale et à l'échelle d'un bassin.

Implantation		
x Ponctuelle <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Linéaire <input type="checkbox"/> Surfactive		
Points forts	Points faibles	Faisabilité
<ul style="list-style-type: none"> • Les indicateurs produits sont simples et lisibles pour le public non spécialiste. • En tant qu'outil national harmonisé, le SEQ permet la publication d'indicateurs cohérents d'un organisme à l'autre, d'une échelle de travail à une autre. Par exemple, publication des mêmes résultats par un syndicat de nappe et par une agence de l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Représentation au point uniquement. Pas d'extrapolation surfactive (nappe, masse d'eau ou autre). • Une représentation différente par usage. Absence d'indicateur global de la qualité. 	

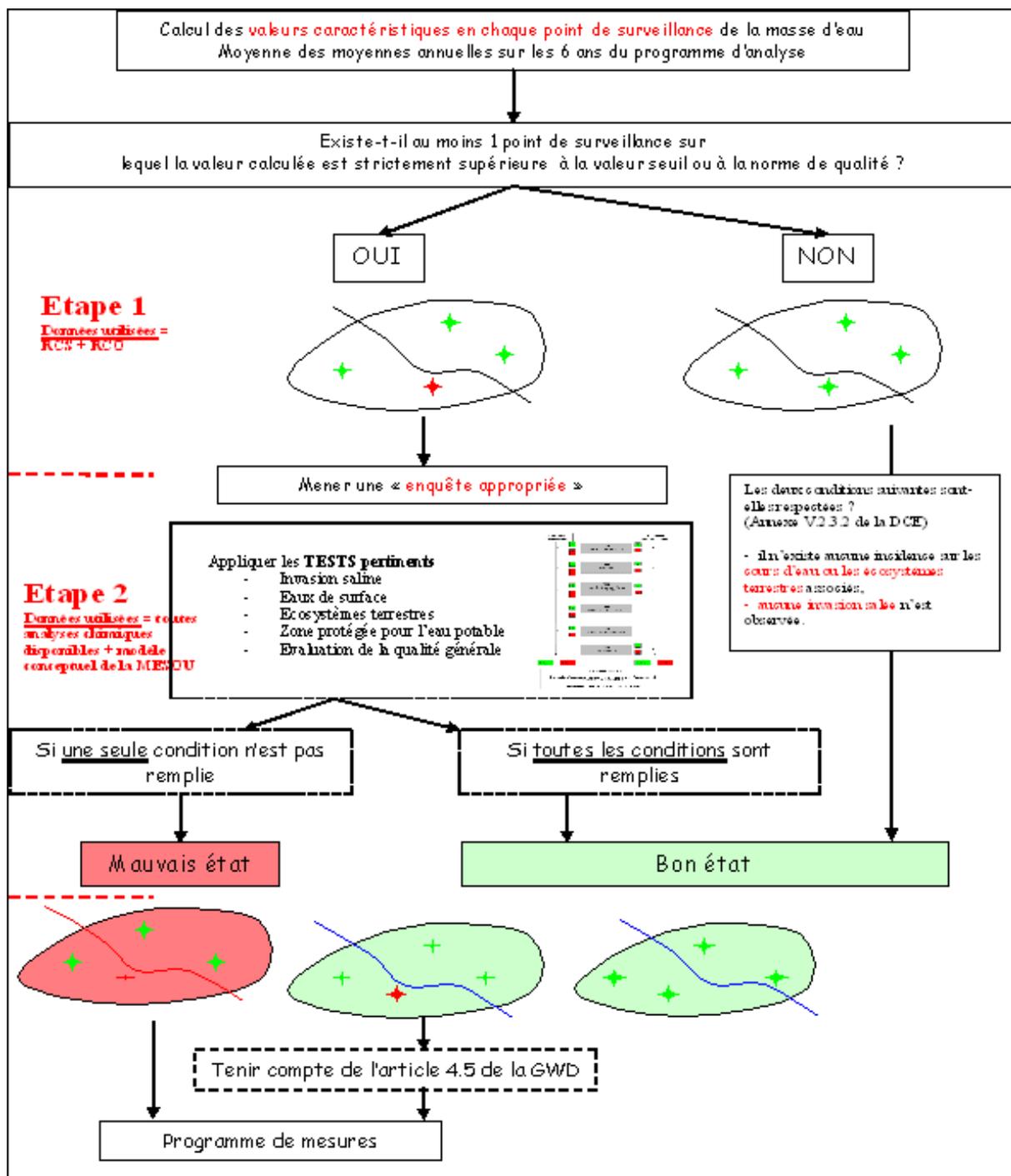
Le bon état chimique au sens de la DCE

Description	Thème	
<p>Le bon état chimique d'une masse d'eau souterraine est défini dans les directives 2000/60/CE et 2006/118/CE (DCE et directive fille eaux souterraines). Ces documents indiquent qu'une masse d'eau est en bon état si :</p> <p>a) les valeurs correspondant aux normes de qualité des eaux souterraines [...] et aux valeurs seuils pertinentes [...] ne sont dépassées en aucun point de surveillance de cette masse ou de ce groupe de masses d'eau souterraine; ou que</p> <p>b) la valeur correspondant à une norme de qualité des eaux souterraines ou à une valeur seuil est dépassée en un ou plusieurs points de surveillance, mais une enquête appropriée menée conformément à l'annexe III confirme que:</p> <p>« i. [...] les concentrations de polluants dépassant les normes de qualité des eaux souterraines ou les valeurs seuils ne sont pas considérées comme présentant un risque significatif pour l'environnement, compte tenu, le cas échéant, de l'étendue de la masse d'eau souterraine qui est concernée;</p> <p>ii. les autres conditions énoncées dans le tableau 2.3.2 de l'annexe V de la directive 2000/60/CE pour établir le bon état chimique des eaux souterraines sont réunies [c'est à dire que les concentrations de polluants ne montrent pas d'effet d'une invasion salée ou autre, n'entraînent pas une diminution importante de la qualité écologique ou chimique des eaux de surface et des écosystèmes terrestres associés];</p> <p>iii. il est satisfait aux exigences de l'article 7, paragraphe 3, de la directive 2000/60/CE [...] pour les masses d'eau souterraines identifiées [comme des zones protégées au titre de l'AEP],</p> <p>iv. la capacité de la masse d'eau souterraine [...] à se prêter aux utilisations humaines n'a pas été compromise de manière significative par la pollution. »</p> <p>La DCE prévoit donc une évaluation de l'état chimique au point d'eau basée sur une comparaison des concentrations à une norme ou à une valeur seuil complétée par une démarche proche du dire d'expert visant à estimer si, à l'échelle de la masse d'eau, les objectifs environnementaux sont bien respectés. Ce dire d'expert permet en quelque sorte une extrapolation des résultats au point à la masse d'eau.</p>	<p>X Physico-chimie</p> <p>Biologie</p> <p>Morphologie</p> <p>Transversal</p>	
Couverture géographique	Bibliographie	Cible
<p>Point, masse d'eau souterraine</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Directives 2000/60/CE et 2006/118/CE • Note sur la procédure d'évaluation du bon état chimique d'une masse d'eau souterraine (Document du groupe DCE eaux souterraines) • European Commission, WFD Common Implementation Strategy, Guidance document n°18, Groundwater Status and Trends. 	<p>X Grand public</p> <p>X Acteurs de l'eau</p> <p>Expert</p>

Producteur de l'indicateur	Producteur des données élémentaires
Ministère en charge de l'Environnement, agences de l'eau, offices de l'eau	Agences de l'eau principalement mais également tous les producteurs de données déposant des données dans ADES (DDASS notamment)

Méthode de calcul

A partir des définitions données précédemment, la méthode d'évaluation de l'état chimique est développée. Elle peut se résumer par le logigramme suivant.



L'outil SEEE dont le développement est en cours permettra des évaluations DCE de l'état chimique des masses d'eau souterraine.

Échelle temporelle	Échelle spatiale	
	x Nationale x Bassin x Masse d'eau X Point	
Points forts	Points faibles	Faisabilité
<ul style="list-style-type: none"> Méthode commune aux 27 Etats membres permettant une comparaison des résultats d'un pays à l'autre et bien sûr également d'un district hydrographique à un autre au niveau français Introduction du dire d'expert qui permet une évaluation de l'état des masses d'eau pas uniquement basée sur les résultats d'analyses chimiques comparés aux normes. Cette approche permet de mobiliser d'autres sources d'informations et de profiter de toutes les connaissances disponibles sur la masse d'eau. Elle est donc assez complète. Extrapolation des résultats au point à la masse d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Le dire d'expert nécessite de mobiliser des connaissances (et même d'en acquérir de nouvelles) et d'impliquer de nombreux acteurs dans l'évaluation. La mise en œuvre de cette procédure peut donc s'avérer lourde et coûteuse. Impossibilité d'automatiser l'évaluation. Évaluation réservée à un public de spécialistes impliqué dans la mise en œuvre de la DCE. L'échelle d'évaluation est la masse d'eau souterraine. Cette échelle n'est pas adaptée aux besoins et aux attentes de tous les acteurs de l'eau (au niveau local notamment). Elle n rend pas compte de la variabilité spatiale des états au sein d'une masse d'eau. L'utilisation d'une moyenne arithmétique ne permet pas de rendre compte des variations saisonnières et interannuelles des concentrations de polluants. 	

Mode de représentation

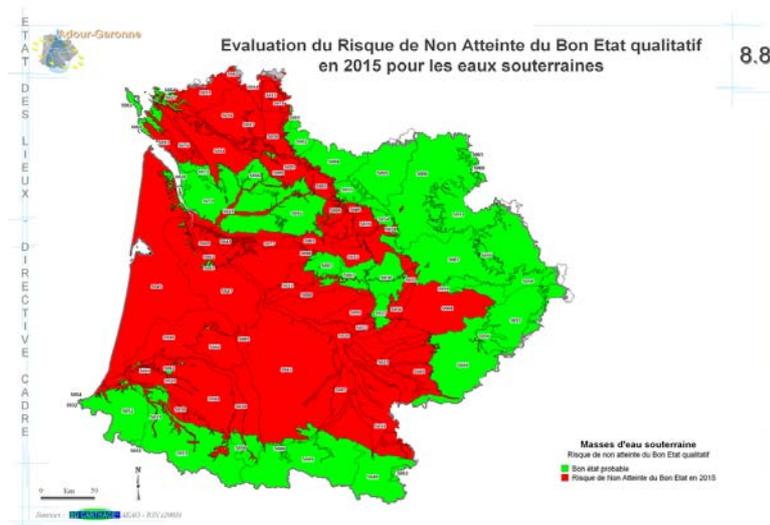
Libellé de l'indicateur : Etat chimique DCE

Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

Tous les paramètres analysés par les réseaux de contrôle de surveillance et les réseaux de contrôle opérationnel exigés par la DCE

Représentation de l'indice

A l'issue de l'enquête appropriée citée ci-dessus, l'état de chaque masse d'eau ou de chaque point est qualifié de « bon » (couleur verte) ou de « médiocre » (couleur rouge). La carte suivante donne un exemple de représentation de l'état des masses d'eau à l'échelle d'un bassin. Une représentation de l'état de chaque point d'eau d'un réseau de surveillance est également envisageable.



Risque de non atteinte du bon état chimique des masses d'eau souterraine du bassin Adour-Garonne. Évaluation 2006. Source : AEAG (documents du SDAGE 2010-2015). Bien que ce document présente un risque sur un état futur, la représentation cartographique et les critères utilisés pour l'évaluation sont bien ceux évoqués ici.

Implantation

Ponctuelle Linéaire Surfaccique

Points forts

- Lecture aisée pour le grand public
- Représentation harmonisée avec les autres pays de l'Union Européenne

Points faibles

- Absence d'information sur les variations spatiales des états au sein de la masse d'eau
- Absence d'information sur les variations saisonnières et

Faisabilité

	<p>interannuelles</p> <ul style="list-style-type: none">• Absence de nuance sur « l'importance » d'un état médiocre. Dans le cas des nitrates par exemple, la carte ne distingue pas les points dont les concentrations excèdent tout juste la norme de 50mg/L de ceux dont les concentrations sont largement supérieures à cette norme. La remarque est également valable pour l'état « bon ». Qu'un point ne soit absolument pas contaminé par des nitrates d'origine anthropique (concentration <10mg/L) ou que les concentrations soient tout juste inférieures au seuil de 50 mg/L, l'état (et la couleur affectée) est le même.	
--	--	--

Transfert des nitrates à l'échelle du bassin Loire-Bretagne

Description		Thème
<p>Cette étude s'inscrit dans les préconisations de la Directive Cadre Européenne (2000/60/CE) sur le suivi de l'état chimique des masses d'eau et répond aux attentes de la directive fille sur les eaux souterraines (2006/118/CE) sur la détermination de l'état chimique et l'identification des tendances d'évolution. Elle vise à obtenir des informations sur les temps de transfert de l'eau et sur l'évolution de la contamination des aquifères vis-à-vis des nitrates. Ces éléments permettent d'aider à la compréhension de l'état actuel de contamination et initient l'estimation des évolutions probables de la qualité de l'eau. L'étude constitue aussi une aide à l'optimisation des réseaux de contrôle de surveillance et de contrôle opérationnel des eaux souterraines (RCS et RCO) en ciblant les manques de données et en révélant les zones où la pollution par les nitrates est à la hausse.</p>		X Physico-chimie Biologie Morphologie Transversal
Couverture géographique	Bibliographie	Cible
<p>Bassin Loire-Bretagne sectorisé en zones à comportement homogène vis-à-vis de la pollution par les nitrates</p>	<p>Baran N., Gourcy L., Lopez B., Bourguin B., Mardhel V., (2009) – Transfert des nitrates à l'échelle du bassin Loire-Bretagne. Phase 1 : temps de transfert et typologie des aquifères. Rapport BRGM RP-54830-FR, 105 p.</p>	Grand public X Acteurs de l'eau X Expert
Producteur de l'indicateur		Producteur des données élémentaires
<p>BRGM et Agence de l'Eau Loire-Bretagne (convention de recherche)</p>		<p>SGR du BRGM, DDASS, DIREN, Agence de l'Eau. (données ADES)</p>
Méthode de calcul		
<p>Sectorisation du bassin Loire-Bretagne en zones à comportements homogènes vis à vis de la contamination par les nitrates. Ce découpage est fonction :</p> <ul style="list-style-type: none"> de la lithologie, de la pression agricole, du comportement hydrodynamique déterminé par l'analyse des variogrammes de l'évolution des niveaux piézométriques des nappes. <p>Détermination, par point, des tendances d'évolution de la contamination par les nitrates à partir de la méthode statistique de Mann-Kendall. Ce test statistique de stationnarité des chroniques temporelles permet de s'affranchir des valeurs extrêmes dans le calcul des tendances d'évolution.</p> <p>Détermination, par secteur, de l'évolution de la contamination des eaux souterraines par les nitrates. Application de deux techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> comparaison des concentrations moyennes en nitrates pour un secteur et deux périodes données détermination de la tendance d'évolution de la contamination par les nitrates pour un secteur donné en 		

appliquant le test statistique de Kendall-Régional qui permet, à la fois l'agrégation des données de plusieurs qualitomètres (création d'un qualitomètre « virtuel »), et la détermination de la tendance d'évolution sur ce nouveau jeu de données.

Analyse du comportement des eaux souterraines vis à vis de la contamination par les nitrates en fonction de la lithologie, de la pression agricole et du comportement dynamique de l'aquifère.

Échelle temporelle	Échelle spatiale	
Détermination des tendances par décennie et sur des groupes de décennies (de 1970 à 2007)	Nationale Bassin Masse d'eau X Secteur à définir X Point	
Points forts	Points faibles	Faisabilité
<ul style="list-style-type: none"> • Technique novatrice de sectorisation avec détermination des comportements hydrodynamique des aquifères par analyse des variogrammes des évolutions des niveaux piézométriques. • Détermination des tendances par point et par secteur avec application d'une méthode d'intégration des chroniques de concentrations en nitrates intéressante. • Définition de typologies de comportements vis à vis de la contamination par les nitrates en fonction de la lithologie, de la pression et du comportement hydrodynamique de l'aquifère. 	<ul style="list-style-type: none"> • Application unique aux nitrates. • Nécessite un jeu de données densément réparti sur le bassin et des chroniques à fréquences de mesures importantes. • Ne présume en rien des facteurs explicatifs des tendances observées même si des pistes sont évoquées. 	Fonction de la qualité des données d'entrées (densité, fréquence, performances analytiques)

Mode de représentation

Libellé de l'indicateur : Transfert des nitrates vers les eaux souterraines à l'échelle du bassin Loire-Bretagne

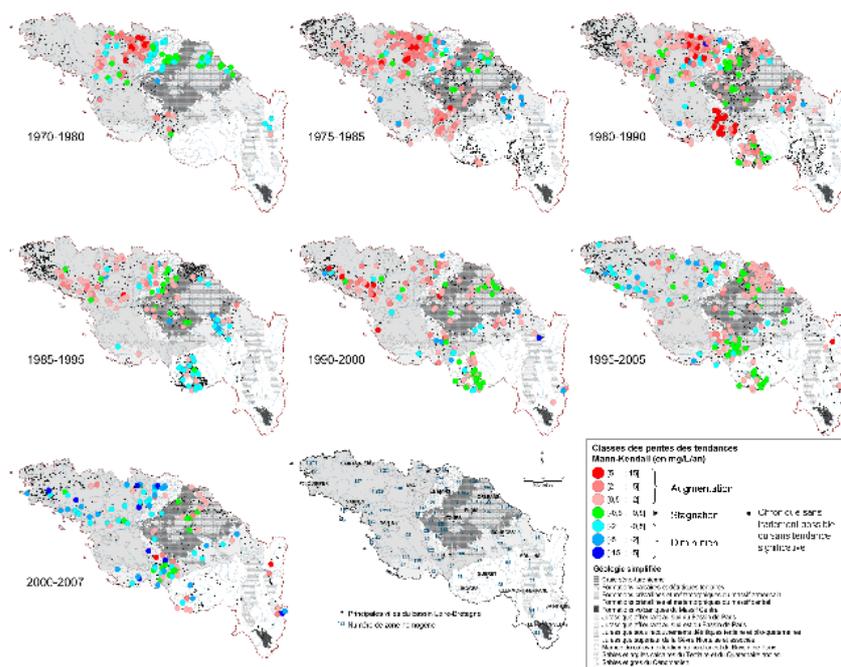
Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

Chroniques piézométriques pour la détermination du comportement dynamique des aquifères et concentrations en nitrates

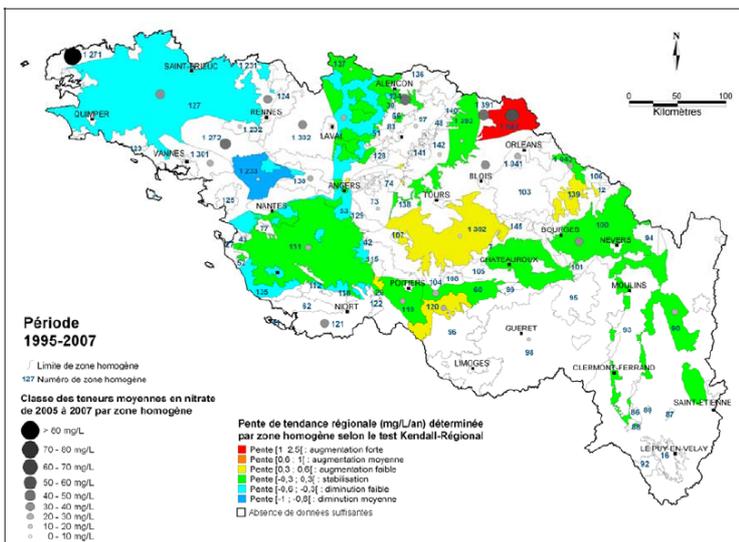
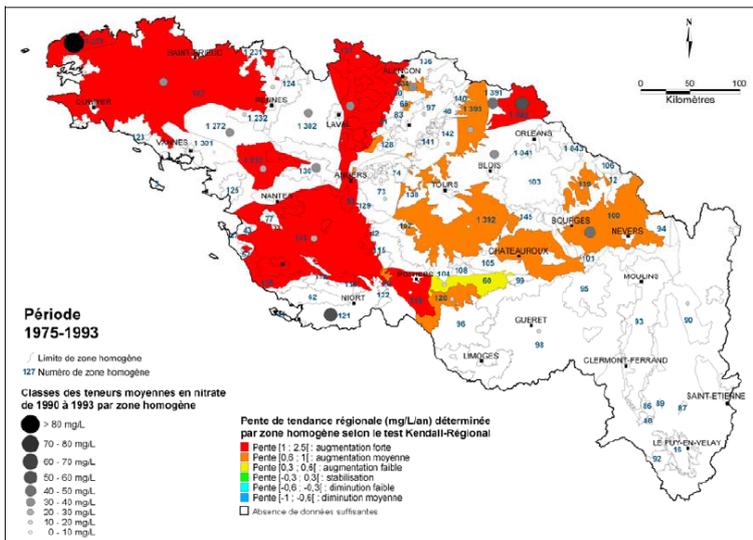
Représentation de l'indice

Représentation ponctuelle :

- Tendances d'évolution des teneurs en nitrate et pentes des tendances (en mg/L/an) étudiées par décennie sur la période 1970-2007 suivant le test statistique de Mann-Kendall. Seules les tendances significatives sont représentées.



- Synthèse des tendances Mann-Kendall déterminées par décennie sur la période 1970-2007 par concaténation des résultats par décennies.



Implantation

x Ponctuelle □ Linéaire x Surfactive

Points forts

Représentation en aplat des tendances d'évolution de la contamination des eaux souterraines par les nitrates.

Points faibles

De nombreuses zones ne disposent pas d'assez de données pour calculer une tendance significative d'un point de vue mathématique.

Faisabilité

IFT : Indicateur de Fréquence de Traitement

Description		Thème
L'IFT est un indicateur mis au point au Danemark, repris et amélioré en France, qui permet d'évaluer la « pression phytosanitaire » exercée sur chaque parcelle. Il a pour but d'améliorer la qualité de l'eau en favorisant une utilisation durable des produits phytosanitaires.		Physico-chimie Biologie Morphologie x Transversal
Couverture géographique	Bibliographie	Cible
Couverture nationale	Nathanaël PINGAULT, 2007 : Améliorer la qualité de l'eau : Un indicateur pour favoriser une utilisation durable des produits phytosanitaires. Atelier OCDE, 19-21 mars, Washington. Indicateurs de développement, de suivi et d'analyse des politiques agroenvironnementales.	Grand public X Acteurs de l'eau X Expert
Producteur de l'indicateur		Producteur des données élémentaires
Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, France Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)		Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, France Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)
Méthode de calcul		
<p>En France, la méthode de calcul de l'IFT est un peu différente de la méthode Danoise d'origine. Elle est basée sur les spécialités commerciales et non plus sur les substances actives et sur les quantités appliquées au champ et non plus sur celles vendues.</p> <p>L'IFT est calculé pour chaque parcelle de l'enquête Pratique Culturelle de la façon suivante :</p> <p>Pour chaque traitement réalisé sur une parcelle, la quantité normalisée est obtenue en divisant la dose réellement appliquée par hectare (DA) par la dose homologuée par hectare (DH) pour le produit considéré. Si pour un même couple « culture x produit phytosanitaire », il existe plusieurs doses homologuées correspondant à des bio-agresseurs différents, on retient la dose homologuée minimale.</p> <p>L'IFT de la parcelle est alors égal à la somme des quantités normalisées définies ci-dessus pour tous les traitements T réalisés sur la parcelle, autrement dit :</p> <p>Il faut noter ici que l'IFT ne tient compte que des produits phytosanitaires appliqués au champ sans prise en compte des traitements des semences ou le traitement des produits récoltés.</p> <p>En distinguant les traitements herbicides des autres traitements, il est possible de définir deux IFT par parcelle : l'IFT herbicide d'une part et l'IFT hors herbicide d'autre part.</p>		

Échelle temporelle		Échelle spatiale	
3 années disponibles : 1994, 2001 et 2006		x Nationale x Bassin Masse d'eau Point x Parcelle	
Points forts	Points faibles	Faisabilité	
Reflète la pression « phytosanitaires » exercée sur un territoire plus fidèlement que les indicateurs traditionnels (quantité de substance active vendue ou nombre de produits phytosanitaires appliqués sur une parcelle pendant une campagne).	L'IFT est un indicateur de l'intrant plus qu'un indicateur de l'état des eaux souterraines vis à vis de la contamination par les produits phytosanitaires	Bonne, sous réserve de la disponibilité des bases de données d'entrée.	

Mode de représentation

Libellé de l'indicateur : IFT : Indice de Fréquence de Traitement

Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

L'IFT français est calculé à partir de deux bases de données nationales :

- la première (Phy2X) permet d'associer à chaque produit commercial la « dose homologuée » qui sera utilisée dans le calcul de l'IFT

la seconde (enquête « Pratiques Culturelles ») donne des indications précises sur les pratiques agricoles, les itinéraires techniques, l'utilisation des produits phytosanitaires, sur un échantillon important de parcelles agricoles, pour les cultures les plus présentes sur le territoire national.

Représentation de l'indice

On peut obtenir un IFT par région ou à l'échelle nationale, par culture ou toutes cultures confondues en calculant la moyenne des IFT des parcelles correspondantes, pondérée par la surface de ces parcelles.

Implantation

Ponctuelle Linéaire Surfaccique (parcelle)

Points forts

Possibilité de changement d'échelle : calcul sur une parcelle, un groupement de parcelles, une région, un pays voire, comme l'on fait les Danois, sur un groupement de pays.

Points faibles

Le calcul de l'IFT est dépendant de la fréquence et de la qualité de l'enquête « Pratique Culturelle ». Sont disponibles les années 1994, 2001 et bientôt 2006 pour les cultures les plus répandues (betterave, blé dur, blé tendre, colza, maïs, orge, pois, pomme de terre, tournesol en 2001, et vigne à partir de 2006).

Faisabilité

Dépend de la disponibilité des données.

En Europe

L'analyse des travaux réalisés au sein des pays de l'Union Européenne et associés (Suisse notamment) pour indiquer l'état qualitatif des eaux souterraines permet de rendre compte des problématiques inhérentes à cette thématique et des moyens mis en œuvre pour y répondre.

L'Agence Environnementale britannique (Environmental Agency of United Kingdom) pose clairement le problème de la pertinence des réseaux de suivi de la qualité des eaux souterraines en réponse à des objectifs précis. L'Agence propose ainsi des outils d'évaluation de la qualité des réseaux de mesure et des méthodes d'optimisation de ceux-ci lorsqu'ils sont déjà constitués. Ces questions devraient être le préalable à toutes les études menées à grande échelle sur la qualité des eaux souterraines, avec en fond la question fondamentale de la représentativité de chacun des points du réseau de mesure ainsi que du réseau lui-même.

En complément de l'adaptation du réseau de mesure à l'objectif d'indication de la qualité des eaux souterraines, le réseau NAQUA, en Suisse, propose d'adapter, par point du réseau, les paramètres à mesurer en fonction de la pression locale. Cette idée d'adapter les mesures à la fois aux objectifs de l'étude ainsi qu'aux spécificités locales connues permet d'optimiser les coûts d'estimation de la qualité des eaux et ainsi augmenter la densité et/ou l'étendue des réseaux.

D'autres pays de l'Union Européenne réfléchissent sur les méthodes d'agrégation de plusieurs paramètres (Finlande et Slovaquie) et sur les moyens de représenter en aplat ces nouveaux indices intégrateurs. Des travaux sont menés en Italie avec le même objectif de régionalisation de l'information sur la qualité des eaux souterraines sans passer par la représentation en aplat. Au Portugal, deux indicateurs différents sont créés selon que l'on s'intéresse à la qualité de l'eau souterraine (associée à un usage) ou bien seulement à la composition chimique des eaux. Le mode de représentation de ces indicateurs est original et permet de se rendre compte rapidement du classement qualitatif des différentes eaux souterraines analysées. Enfin, un autre mode de représentation apparaît tout à fait novateur et approprié, il s'agit de la représentation de la qualité des eaux souterraines vis à vis des pesticides développé par l'Observatoire des eaux souterraines sur le territoire wallon. Cette représentation radar permet en effet de représenter, sur un même diagramme, la concentration dans une eau de l'ensemble des pesticides et métabolites recherchés (une centaine) tout en restant lisible et informatif.

Indicateur de la pertinence d'un réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines

Description		Thème
Constitution et optimisation des réseaux existants par le développement d'une méthodologie d'évaluation de la pertinence du réseau et par l'élaboration d'un protocole de constitution d'un réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines en rapport avec les enjeux locaux et les objectifs nationaux et européens.		Physico-chimie Biologie Morphologie X Transversal
Couverture géographique	Bibliographie	Cible
Nationale Un test de faisabilité est réalisé à l'échelle du bassin versant de la Tamise.	R.S. Ward, M.J. Streetly, A.J. Singleton and R. Sears A (2004) - Framework for monitoring regional groundwater quality. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology.	Grand public X Acteurs de l'eau X Expert
Producteur de l'indicateur	Producteur des données élémentaires	
Environment Agency (EA), Olton Court, 10 Warwick Rd, Olton, Solihull B92 7HX, UK. ESI, Priory House, Priory Lane, Shrewsbury SY1 1RU, UK.	Environment Agency (EA)	
Méthode de calcul		
<p>Description des étapes fondamentales pour la constitution et l'évaluation de la pertinence des réseaux de suivi de la qualité des eaux souterraines : objectifs – planification - mise en œuvre puis proposition d'une méthode d'évaluation des priorités de mesures en fonction du type d'aquifère</p> <p>La stratégie de construction, ou d'optimisation, d'un réseau pour la mesure de la qualité des eaux souterraine proposée est la suivante :</p> <p>1-Définition des objectifs</p> <p>Définir les objectifs précis du réseau de mesure en rapport avec l'évolution du cadre législatif. C'est à ce stade que les besoins les plus larges pour tous les usagers potentiels des données sur la qualité des eaux souterraines doivent être identifiés.</p> <p>2-Planification</p> <p>La seconde étape consiste en la priorisation des objectifs, à court et long terme, définis au stade 1, et au développement de la stratégie de mesure.</p>		

3-Mise en œuvre

Mise en œuvre de la stratégie nationale et des procédures associées pour délivrer des mesures effectives, des bases de données, des interprétations et des rapports.

Échelle temporelle	Échelle spatiale	
Mesures ponctuelles avec évolution sur une description de tendance d'évolution de la qualité des eaux.	X Nationale X Bassin Masse d'eau Point	
Points forts	Points faibles	Faisabilité
<ul style="list-style-type: none"> La stratégie permet d'identifier les cadres et les objectifs de chacun des futurs utilisateurs du réseau avant la construction de celui-ci, ce qui permet de satisfaire aux attentes, à la fois des directives actuelles mais aussi des futurs utilisations des informations collectées sur la qualité des eaux souterraines. Elle permet aussi de penser et d'évaluer, en classant les objectifs prioritaires, à la pertinence du réseau de mesure. 	<p>Le choix des points demande une profonde connaissance du fonctionnement de chacun des aquifères en établissant des schémas conceptuels des comportements et des risques pour tous les secteurs de la zone à suivre.</p>	

Mode de représentation

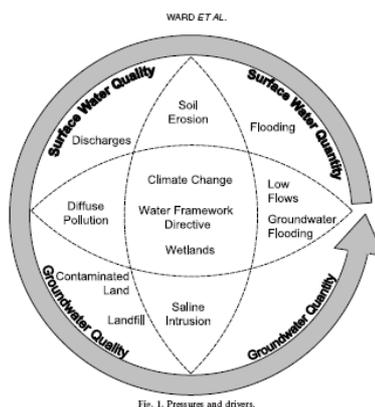
Libellé de l'indicateur : Indicateur de la pertinence d'un réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines

Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

Traitement d'un exemple grâce à des points de mesure de la qualité des eaux souterraines sur le bassin versant de la Tamise.

Représentation de l'indice

L'élaboration d'un réseau de suivi, ou l'évaluation de la pertinence d'un réseau existant débute par le positionnement des eaux souterraines à l'intérieur du « cycle hydrologique de la qualité des eaux » en tenant compte des relations avec les problématiques majeures de gestion :



Il est important, pour l'exercice, de bien connaître le signal de base de l'aquifère pour pouvoir déterminer à la fois, quand les eaux souterraines deviennent polluées et sur quelle extension, mais aussi les critères pour la remédiation.

Implantation

Ponctuelle
 Linéaire
 Surfacique

Points forts	Points faibles	Faisabilité
Cette méthode peut être utilisée à la fois pour la construction d'un réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines mais aussi pour l'évaluation de la pertinence d'un réseau existant. Elle constitue en ce sens un indicateur de la capacité d'un réseau à rendre compte de la qualité des eaux souterraines et à répondre aux objectifs de gestion et de suivi.		Mise en œuvre relativement lourde à faire en concertation étroite avec les hydrogéologues régionaux.

NAQUA : Qualité des eaux souterraines en Suisse

Description		Thème
<p>Deux types d'indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> √ Un indicateur photographique (NAQUA_{SPE}) constitué d'un réseau de 508 stations destiné à des études ciblées de l'état de la ressource en eau souterraine √ Un indicateur de tendances (NAQUA_{TREND}) constitué d'un réseau de 50 stations dédié à l'analyse de chroniques temporelles à long terme <p>Les objectifs sont multiples et s'intègrent dans la politique suisse actuelle pour la protection des eaux souterraines en lien avec les exigences de la DCE. Ils se déclinent comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> √ Documentation de la qualité actuelle des eaux souterraines en Suisse et de son évolution à moyen et long terme; √ Observation ciblée de l'évolution d'un choix de substances à enjeux et de polluants dans les réservoirs aquifères de la Suisse; √ Fourniture des bases pour la reconnaissance précoce des évolutions problématiques de qualité et l'optimisation de la protection des eaux souterraines en Suisse; √ Contrôle de l'efficacité (contrôle du succès) des mesures légales, techniques d'organisation ou administratives, actuelles ou futures concernant la protection des eaux souterraines, ainsi que des autres domaines politiques influençant la protection des eaux souterraines (p. ex. la réorientation de la politique agricole); √ Caractérisation et classification hydrogéochimique des principaux réservoirs aquifères de la Suisse. 		Physico-chimie Biologie Morphologie X Transversal
Couverture géographique	Bibliographie	Cible
Nationale	OFEV 2009 : Résultats de l'observatoire national des eaux souterraines (NAQUA) – Etat et évolution de 2004 à 2006. Etat de l'environnement n° 0903. Office national de l'environnement, Berne. 144 p.	X Grand public X Acteurs de l'eau Expert
Producteur de l'indicateur		Producteur des données élémentaires
Office fédéral de l'environnement (OFEV)		OFEV en coordination avec les réseaux cantonaux
Méthode de calcul		
Constitution de deux réseaux de mesures dont les stations sont sélectionnées selon : <ul style="list-style-type: none"> - Le type de point; - La géologie; - La géographie et l'altitude; - l'utilisation du sol; - L'utilisation comme eau potable; 		

- Les caractéristiques et la situation de la station.

Des indices statistiques sont calculés pour chaque paramètre analysé dans les deux réseaux de mesures :

- nombre de stations (absolu et en pourcentage par rapport à celles analysées) où la substance est décelée,
- nombre de stations (absolu et en pourcentage par rapport à celles analysées) où la substance dépasse un seuil donné (exigence de qualité, valeur de tolérance, valeur limite, valeur indicative),
- nombre de mesures (absolu et pourcentage) pour lesquelles la substance a été décelée,
- nombre de mesures (absolu et pourcentage) pour lesquelles la substance dépasse un seuil donné (exigence chiffrée, valeur de tolérance, valeur limite, valeur indicative),
- valeurs de la moyenne, de la médiane et des 1er et 3e quartiles des mesures dépassant le seuil de quantification.

Remarques : les indices statistiques ne sont calculés que pour les seules valeurs qui dépassent les seuils de quantification. Pour les paramètres partiellement quantifiés, les valeurs maximales sont utilisées pour le calcul des indices statistiques. L'interprétation est toujours réalisée en relation avec l'utilisation du sol, l'altitude, la zone agricole et la géologie.

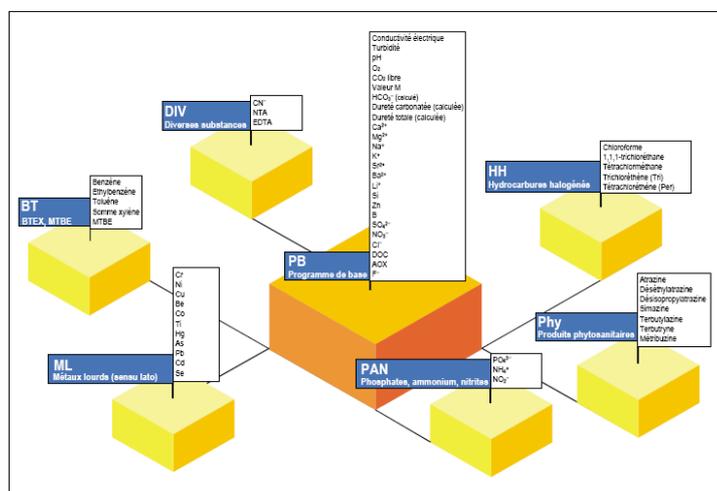
Échelle temporelle	Échelle spatiale	
<p>NAQUA_{SPE}. Trimestrielle au maximum et déterminée en fonction de :</p> <ul style="list-style-type: none"> * l'influence anthropique, * l'hydrogéologie (variabilité des conditions hydrauliques, saison, karst, etc.), * la variabilité hydrochimique (anciennes analyses). <p>NAQUATREND :</p> <p>Année 1 : mensuelle pour le programme de base et trimestriel pour les 6 programmes complémentaires,</p> <p>Année 2 : bimestriel,</p> <p>Année 3 : trimestriel.</p>	<p>Nationale</p> <p>Bassin</p> <p>Masse d'eau</p> <p>X Point</p>	
Points forts	Points faibles	Faisabilité
<ul style="list-style-type: none"> • Suivi de l'évolution des concentrations relevées par échantillonnage. • Le type et la fréquence des mesures sont adaptés à des problématiques ciblées et fonctions des pressions polluantes locales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne permet pas de calculer les charges (flux) en substances et d'en documenter l'évolution. Pour cela, il faudrait procéder à un échantillonnage beaucoup plus rapproché, couplé à un suivi en continu des débits des sources étudiées, ainsi qu'à une modélisation détaillée des écoulements souterrains dans le secteur des puits de pompage échantillonnés. • L'analyse des échantillons par différents laboratoires a pour conséquence que différentes méthodes, avec des limites de quantification différentes, peuvent être utilisées. • Les résultats sont ponctuels. Présentation de plusieurs figures pour 1 polluant (très long pour tous les polluants). 	<ul style="list-style-type: none"> • Principe de mesure pouvant potentiellement être mis en œuvre sur le territoire français sous réserve d'un important travail en amont pour qualifier de l'environnement hydrogéologique, hydrodynamique et la pression locale s'exerçant sur chaque point du réseau. • Nécessite aussi de travailler sur la relation pression/type de paramètres.

Mode de représentation

Libellé de l'indicateur : NAQUA : Qualité des eaux souterraines en Suisse

Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

Pour NAQUA_{TREND} : Programme de base identique à toutes les stations + programmes complémentaires ajoutés en fonction de l'utilisation du sol dans le bassin d'alimentation des stations et des caractéristiques chimiques



Pour NAQUA_{SPE} mesure des paramètres de terrain :

- niveau de l'eau ou débit,
- conductivité électrique,
- température de l'eau,
- teneur en oxygène.

+ paramètres ciblés en fonction de l'utilisation du sol (agriculture, trafic et industrie)

Représentation de l'indice

Présentation des résultats pour chaque substance analysée sous forme d'un tableau statistique récapitulatif et d'une carte par point associée.

Exemple de représentation pour la pollution par les nitrates :

Année	Stations de mesures				Mesures			Statistique (seulement les résultats \geq LQ)					
	LQ (mg/l)	n	\geq LG	>limite	n	\geq LG	>limite	min. (mg/l)	max. (mg/l)	moyenne (mg/l)	médiane (mg/l)	1 ^{er} quartile (mg/l)	3 ^{ème} quartile (mg/l)
1997–2001	0.1	39	39	12	622	621	139	0.1	46.7	16.2	14.9	4.5	23.9
2002	0.1–1	450	446	82	1198	1189	234	0.2	85.0	15.7	13.9	6.6	22.7
2003	0.1–1	446	442	86	1251	1246	253	0.2	70.0	16.1	14.0	6.9	23.0
2002/2003	0.1–1	468	466	91	2449	2435	487	0.2	85.0	15.9	14.0	6.8	23.0

Limite = exigence chiffrée OEaux⁽¹⁷⁾ (25 mg/l) ; LQ = limite de quantification, n = nombre

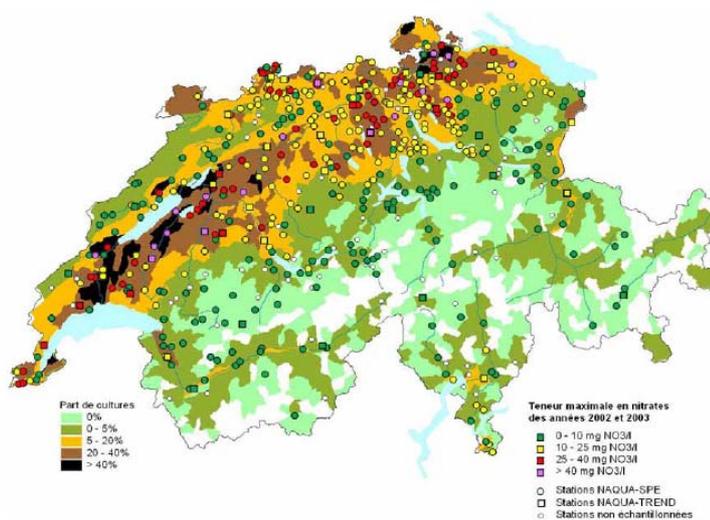
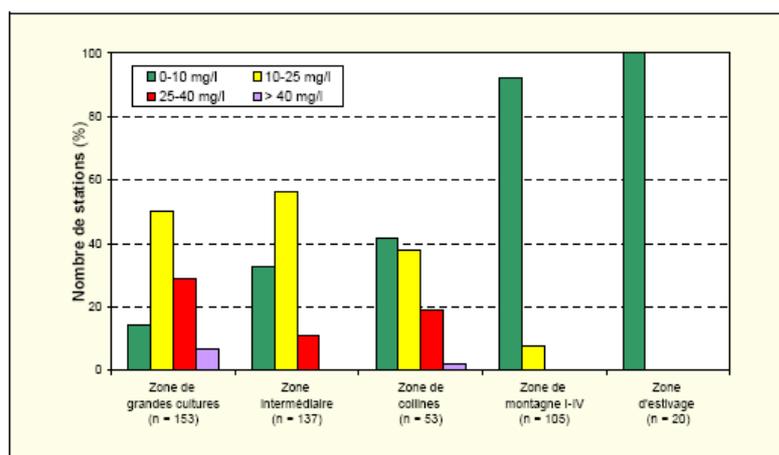


Fig. 8 : Teneurs maximales en nitrates des stations analysées en 2002 et 2003 (fond cartographique⁽¹¹⁾ ; part de cultures⁽¹²⁾, additionnées selon⁽¹⁶⁾).

Pour les substances les plus représentées, un diagramme des pourcentages de répartition des teneurs moyennes (ou maximales) est tracé, par station, en fonction de l'utilisation du sol, de l'altitude, de l'aquifère etc....

Exemple de représentation pour les concentrations moyennes en NO₃⁻ en secteur agricole :

Fig. 13 : Pourcentage de répartition des teneurs moyennes en nitrates, par stations, en fonction des zones agricoles (2002/2003).



Implantation

x Ponctuelle □ Linéaire □ Surfaccique

Points forts	Points faibles	Faisabilité
Nombre de paramètres recherchés importants notamment phytosanitaires, pharmaceutiques et hydrocarbures.	Pas d'effort de représentation régionalisée ni d'agrégation des résultats. Nécessite une carte par paramètre mesuré.	

Indice C_d : degré de contamination

Description		Thème
<p>L'objectif de l'indice de contamination C_d est de classer des zones géographiques en fonction de leur degré de contamination vis à vis d'un regroupement de plusieurs substances chimiques différentes.</p> <p>L'application de l'indice de contamination C_d a été testée en l'utilisant dans deux régions géologiquement très différentes : en Finlande et en Slovaquie</p>		X Physico-chimie Biologie Morphologie Transversal
Couverture géographique	Bibliographie	Cible
Régionale : Une zone de 2100 km ² en Finlande et de 1850 km ² en Slovaquie.	Backman B., Bodiš D., Lahermo P., Rapant S. et Tarvainen T., 1998. Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. Environmental Geology 36 (1-2) Novembre 1998.	Grand public Acteurs de l'eau X Expert
Producteur de l'indicateur		Producteur des données élémentaires
Geological Survey of Finland (GSF), P.O. Box 96, FIN-02151 Espoo, Finland. Geological Survey of Slovak Republic (GSSR), Mlynska dolina 1, SK-817 04 Bratislava, Slovakia.		GSF pour la région de Finlande et GSSR pour la région de République Slovaque.
Méthode de calcul		
<p>Calcul d'un indice de contamination qui tient compte, à la fois du nombre de paramètres qui excèdent une valeur seuil admissible ou une valeur guide d'éléments potentiellement dangereux pour la santé, et des concentrations qui excèdent ces valeurs. L'indice est calculé séparément pour chaque échantillon d'eau, comme une somme de facteurs individuels de contamination. La visualisation sur une carte consiste en un krigeage des valeurs ponctuelles de l'indice.</p> <p>Construction d'une grille sur la région étudiée avec une maille de 8 km² en Finlande et une maille de 3 km² en Slovaquie. Dans chaque maille est sélectionné un point de mesure des eaux souterraines pour lequel on calcule l'indice C_d :</p> $c_d = \sum_{i=1}^n \left(\frac{c_{A_i}}{c_{N_i}} - 1 \right)$ <p>où, c_{A_i} est la valeur mesurée du composé i (parmi n paramètres)</p> <p>et c_{N_i} la valeur maximale admise (norme) pour le composé i.</p>		

Seuls les paramètres excédant les valeurs de référence (c'est-à-dire $>$) sont pris en compte.

Lorsque plusieurs points adjacents montrent un $C_d > 0$ alors la zone est estimée contaminée. Si un seul point isolé présente un $C_d > 0$ alors il est considéré comme une anomalie.

3 classes de degré de contamination sont créées : $C_d < 1$, $1 < C_d < 3$, $C_d > 3$.

Échelle temporelle		Échelle spatiale	
Indicateur d'état qualitatif des eaux souterraines à un instant t donné		Nationale X Bassin Masse d'eau Point	
Points forts	Points faibles	Faisabilité	
<ul style="list-style-type: none"> • Un seul indice intégrateur de plusieurs paramètres; • Réalisation simple. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de pesticides ni de polluants émergents analysés • On ne sait pas quel est l'élément à l'origine de la contamination. • Pas de détermination de tendances d'évolution de la pollution • Besoin d'une grande densité de données sur une surface peu importante 	<ul style="list-style-type: none"> • Le calcul de l'indice est relativement simple et les composés d'entrée sont couramment analysés en France dans le cadre des réseaux de surveillance de l'état qualitatif des eaux souterraines; • La représentation en aplat demande cependant une densité de points importante pour limiter les biais inhérents au krigeage. 	

Mode de représentation

Libellé de l'indicateur : Indice C_d : degré de contamination

Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

En Finlande, deux groupes de paramètres :

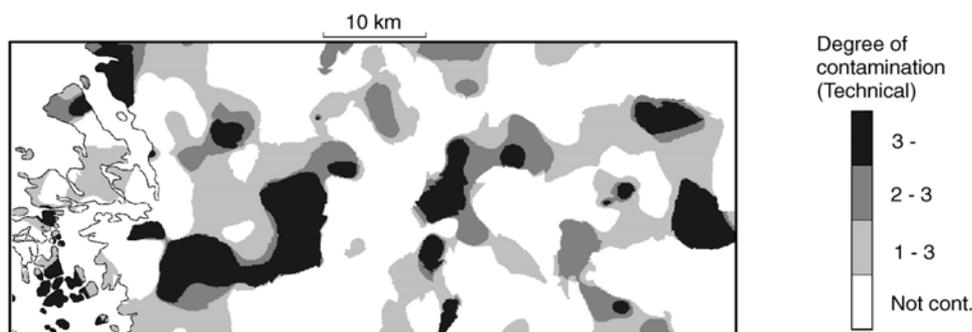
- risque sanitaire (F, NO₃, As, B, Ba, Cd, Cr, Ni, Pb, Rn, et Se),
- esthétique/technique (pH, consommation en KMnO₄, SO₄, Cl, Ag, Al, Cu, Fe, Mn, Na et Zn).

En Slovaquie, 1 seul groupe de paramètre qualité : T.D.S, SO₄, Cl, F, NO₃, NH₄, Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Sb, Se, et Zn.

Représentation de l'indice

Les classes d'indices de contamination sont reportées sur une carte de la région étudiée, la variation de couleur indiquant le degré de contamination

Ex : degré de contamination en Finlande :



Implantation

Ponctuelle Linéaire Surfactive

Points forts

Simplification de la représentation pour une meilleure lisibilité
Représentation en aplat

Points faibles

Pas d'indication sur les dates de prélèvements. Pas d'indication sur la méthode exacte utilisée pour la réalisation des cartes (interpolation, krigeage, contours à mains levés...)

Faisabilité

Dépendant de la densité de points dans le réseau qualité et sous réserve de connaître la méthode d'interpolation des indices de contamination.

Suivi de la qualité des eaux en Italie pour la mise en œuvre de la DCE

Description		Thème
Classification des eaux souterraines plus détaillée que la DCE (équivalent SEQ-ESO) et représentation régionalisée. Les objectifs sont : <ul style="list-style-type: none"> - de classer les eaux souterraines selon leurs concentrations en substances non naturelles, - de travailler dans le cadre de la directive européenne sur les substances dangereuses, - de régionaliser les données ponctuelles. 		Physico-chimie Biologie Morphologie X Transversal
Couverture géographique	Bibliographie	Cible
Nationale. L'ensemble du territoire italien est couvert par la mise en œuvre de ces travaux de suivi de la qualité des eaux souterraines.	Onorati G., Di Meo T., Bussettini M., Fabiani C., Farrace M.G., Fava A., Ferronato A., Mion F., Marchetti G., Martinelli A., Mazzoni M., 2006. Groundwater quality monitoring in Italy for the implementation of the EU water framework directive. Physics and Chemistry of the Earth 31	Grand public X Acteurs de l'eau X Expert
Producteur de l'indicateur		Producteur des données élémentaires
Environment Protection Agency of Campania Region, Naples, Italy Agency for Environment Protection and Technical Services, Rome, Italy. Health Prevention and Environmental Protection Agency of Veneto Region, Padova, Italy. Environmental Protection Agency of Umbria Region, Perugia, Italy. Environmental Protection Agency of Toscana Region, Florence, Italy		Agences régionales environnementales d'Italie
Méthode de calcul		
Classification des masses d'eau en fonction de la qualité des eaux souterraines en chaque point du réseau sur le principe du multi-seuil et krigeage de l'information pour les masses d'eau hétérogènes du point de vue de leur qualité des eaux souterraines. Chaque masse d'eau souterraine fait l'objet d'un programme annuel pour déterminer sa qualité en la rangeant dans une des 5 classes sur le principe du multi-seuils :		

classe1 : très bonne qualité, impact anthropique nul ou négligeable

classe2 : impact anthropique faible, bonne qualité hydrochimique

classe3 : impact anthropique significatif, qualité correcte

classe4 : impact anthropique fort, mauvaise qualité

classe0 : pas d'impact anthropique mais un faciès hydrogéochimique naturel particulier.

Depuis 2002, des classes intermédiaires ont été rajoutées (0-2, 0-3, 0-4) pour les eaux souterraines présentant des faciès hydrochimiques naturels particuliers (notamment par l'activité volcanique et tectonique) et une forte contamination anthropique.

Ce classement est croisé avec des informations quantitatives (Classes A-B-C-D en relation avec la piézométrie, les débits, les volumes prélevés et les tendances aux exutoires)

On obtient alors 5 classes réparties comme suit :

Cette méthode est appliquée à chaque point d'échantillonnage de la masse d'eau souterraine étudiée. En chaque point, une classe est attribuée à chacun des paramètres. La classe globale de l'échantillon est la plus mauvaise trouvée pour ses paramètres.

Échelle temporelle		Échelle spatiale	
État qualitatif des eaux souterraines à un instant t donné par la date du prélèvement en chacun des qualitomètres		Nationale X Bassin X Masse d'eau X Point	
Points forts	Points faibles	Faisabilité	
Régionalisation de l'information en comparant les proportions relatives des classes trouvées point par point dans la région. Tentative de représentation en aplats par krigeage et analyses thématiques (SIG)	Pas d'indication sur les évolutions des pollutions. Pas de mesure des substances pharmaceutiques.		

Mode de représentation

Libellé de l'indicateur : Suivi de la qualité des eaux en Italie pour la DCE

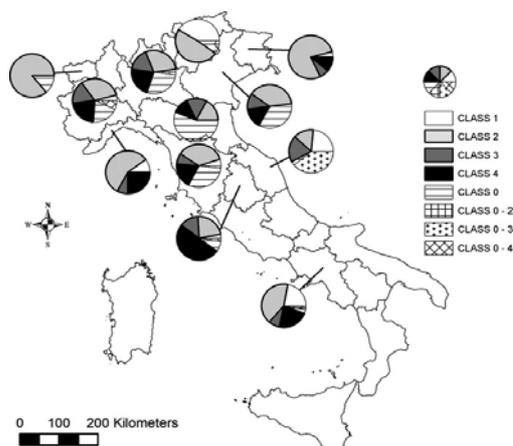
Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

7 paramètres de base : Conductivité, Cl, Mn, Fe, NO₃, SO₄, NH₄ et des paramètres additionnels en relation avec l'émission de micropolluants.

Des analyses ciblées peuvent être réalisées sur la température, la minéralisation totale, HCO₃, Ca, Mg, K, Na et Fe. Les pesticides et PCB sont mesurés localement en fonction de l'utilisation du sol du bassin étudié.

Représentation de l'indice

Pour chacune des régions d'Italie, la proportion de masse d'eau de chaque classe est présentée sous forme de diagramme circulaire dit « camembert » avec un code couleur et texture différent suivant la classe de qualité de l'eau. La figure suivante montre le rendu de cette représentation originale.



Les auteurs ont aussi expérimenté l'interpolation par krigeage de l'information pour certaines masses d'eau montrant un statut chimique hétérogène.

Implantation

Ponctuelle Linéaire Surfaique

Points forts

Représentation originale des résultats en combinant les informations ponctuelles et le regroupement des données afférents aux masses d'eau par région administrative.

Points faibles

Pas d'indication sur les tendances d'évolution de la qualité des eaux souterraines.

Faisabilité

GWQI : Indice de Qualité des eaux souterraines GWCI : Indice de Composition des eaux souterraines

Description		Thème
<p>L'objectif de ces indices est de mesurer l'influence des pratiques culturales sur différents paramètres clés de la chimie et de la potabilité des eaux souterraines. Il s'agit de montrer l'utilisation d'un indice de qualité des eaux souterraines comme outil de mesure de la pollution des eaux par les pratiques culturales. Le but final est de cartographier les indices de qualité qui concernent un groupement de différents éléments (pas seulement le nitrate) afin de déterminer les zones les plus impactées par des macropolluants et estimer celles qui pourraient potentiellement être impactées par des concentrations élevées en pesticides, difficiles à analyser et qui peuvent causer de sérieux troubles pour la santé.</p>		X Physico-chimie Biologie Morphologie X Transversal
Couverture géographique	Bibliographie	Cible
<p>Sélection de zones vulnérables vis à vis des pollutions azotées agricoles sur l'ensemble du territoire portugais.</p> <p>8 zones sélectionnées entre 20 et 100 km² de surface désignées NVZs (Nitrate Vulnerable Zones). Le krigeage final concerne deux de ces zones.</p>	<p>Stigter T.Y., Ribeiro L., Carvalho Dill A.M.M., 2006. Application of a groundwater quality index as an assessment and communication tool in agro-environmental policies - Two Portuguese case studies. Journal of Hydrology Volume: 327 Issue: 3-4.</p>	Grand public Acteurs de l'eau X Expert
Producteur de l'indicateur		Producteur des données élémentaires
<p>Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal</p> <p>Instituto Superior Técnico, A. Rovisco Pais, 1049-001 Lisbon, Portugal</p>		<p>Portuguese Water Institute et campagnes de mesures exceptionnelles menées par l'université de l'Algarve et l'institut technique supérieur de Lisbonne.</p>
Méthode de calcul		
<p>Trois étapes reprenant les fondements classiques de construction d'un indice de qualité tout en améliorant les principes de calcul et de classification pour chacune des phases :</p> <p>1- sélection par la classification des eaux par rapport aux standards de qualité, 2- standardisation par codification binaire des échantillons, 3- agrégation selon le test statistique d'analyse factorielle des correspondances.</p> <p>Les données sont tout d'abord distribuées selon trois classes pour chaque paramètre, sur la base du guide pour les eaux potables définies par la Directive Eau Potable (80/778/EEC). La première classe correspond aux concentrations inférieures à une valeur de référence (VR) correspondant au seuil à partir duquel une eau peut être considérée comme polluée, tandis que la troisième classe regroupe les concentrations supérieures à celle maximale admissible (CMA). La deuxième classe correspond aux intermédiaires. Une codification simple est effectuée : pour chacune des 3 classes, chaque échantillon se voit attribuer le chiffre 1 s'il appartient à cette classe, et 0 sinon.</p>		

Table 2 Standardisation procedure for nitrate

Sample no.	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻		
		≤GL	GL-MAC	>MAC
1	31	0	1	0
2	135	0	0	1
3	6	1	0	0
etc.				

GL = guide level, MAC = maximum admissible concentration.

Dans une seconde étape, deux échantillons d'eaux sont pris comme standards de qualité extrêmement bonne et extrêmement mauvaise. La première classe (≤VR) est attribuée à tous les paramètres de l'échantillon de haute qualité, et la troisième classe (>CMA) est attribuée à tous ceux de l'échantillon de basse qualité.

Finalement, les valeurs sont agrégées en appliquant, pour les standards et les échantillons vrais, un test statistique appelé Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). La projection orthogonale (et le calcul de l'indice) est mathématiquement formulé comme suit :

$$F_i = \frac{1}{p\sqrt{\lambda}} \sum_{j=1}^m \delta_j L_j$$

où F_i = valeur du facteur de l'échantillon i , p = nombre de paramètres impliqué dans la construction de l'indice, l = valeur propre, δ_j = code Booléen, ($\delta_j = 1$ si le paramètre appartient à la classe j , $\delta_j = 0$ si non), L_j = facteur de chargement de la classe j , m = nombre de classes (=3p).

Cette méthode matricielle cherche à déterminer le degré d'association entre les échantillons prélevés et les deux standards. Les résultats obtenus, qui sont des nombres rationnels discrets compris entre -1 (bonne qualité) et 1 (mauvaise qualité), correspondent aux valeurs de l'indice pour chaque échantillon.

Parallèlement à l'indice de qualité, un indice de composition des eaux souterraines (GWCI) a été créé en redéfinissant les limites des classes : les valeurs seuils de l'eau potable sont remplacées par des percentiles. En particulier, VR est remplacée par le premier tercile (33,3%), et CMA par le deuxième tercile (66,7%) de l'ensemble des données. Ainsi, avec cet indice la quantité de données pour chaque paramètre est similaire dans chaque classe.

Table 4 Definition of classes for GWQI and GWCI construction

	GWQI			GWCI		
	Class 1 HQ (≤GL)	Class 2 GL-MAC	Class 3 LQ (>MAC)	Class 1 HQ (≤P33%)	Class 2 (P33% - P67%)	Class 3 LQ (>P67%)
NO ₃ ⁻	≤25	25-50	>50	≤60	60-133	>133
SO ₄ ²⁻	≤25	25-250	>250	≤73	73-165	>165
Cl ⁻	≤25	25-250	>250	≤134	134-259	>259
Ca ²⁺	≤100	100-200	>200	≤146	146-200	>200

Units are mg/l.
 HQ = highest quality, LQ = lowest quality, GL = guide level, MAC = maximum admissible concentration, P33% = 33.3% data percentile (1st tercile), P67% = 66.7% data percentile (2nd tercile).

Échelle temporelle		Échelle spatiale	
Pas de composante temporelle dans la définition des indices de qualité (GWQI) et de composition (GWCI) des eaux souterraines.		Nationale X Bassin X Masse d'eau X Point	
Points forts	Points faibles	Faisabilité	
Création, à la fois d'un indicateur de la qualité, et d'un indicateur de la composition	Les contaminants organiques dérivés des pratiques agricoles (pesticides et métabolites) ne sont pas	Calculs complexes (CFA, krigeage,	

des eaux souterraines.

inclus dans l'analyse en raison du manque
d'information disponible.

variogrammes)
mais résultats
probants.

Après le calcul des indices, des cartes de la qualité et de la composition des eaux souterraines sont établies en utilisant un algorithme d'interpolation de krigeage ordinaire basé sur l'analyse structurale de la distribution spatiale de l'indice dans la zone étudiée. La carte de GWQI montre la distribution spatiale de la qualité des eaux souterraines (par rapport à des valeurs de référence), tandis qu'avec GWCI on obtient une carte de la répartition spatiale des altérations de la composition chimique naturelle des eaux souterraines.

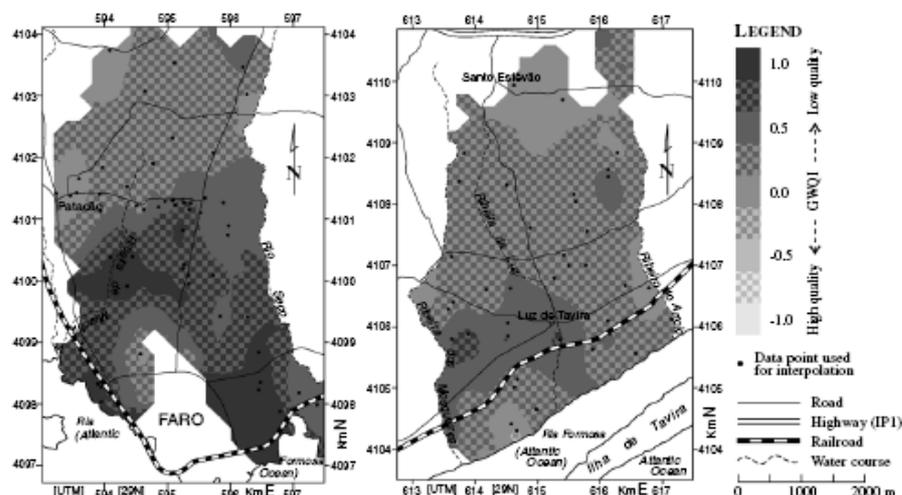


Figure 7 GWQI maps of Campina de Faro (left, depth $< 55\text{ m}</math>) and Campina da Luz (right, depth $< 85\text{ m}</math>), based on the variables Ca^{2+} , NO_3^- , SO_4^{2-} and Cl^- ; quality standards are always met for pH , NO_2^- , NH_4^+ and PO_4^{3-} .$$

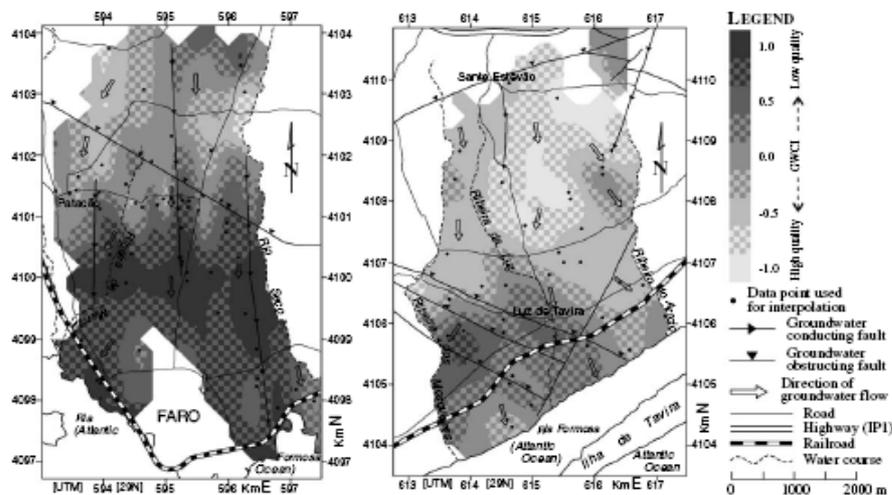


Figure 9 GWCI maps of Campina de Faro (left, depth $< 55\text{ m}</math>) and Campina da Luz (right, depth $< 85\text{ m}</math>), based on the parameters Ca^{2+} , NO_3^- , SO_4^{2-} and Cl^- .$$

Implantation

x Ponctuelle □ Linéaire x Surfacique

Points forts

Représentation en aplat de la distribution des indicateurs.
Étude par variogrammes expérimentaux et théoriques de la distribution spatiale des indicateurs.

Points faibles

Pas d'indication sur l'évolution des paramètres et donc pas d'exercice prévisionnel.

Faisabilité

SEQ eaux souterraines et méthode DRASTIC modifiés : Évaluation de la qualité et cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines en Wallonie

Description		Thème
<p>Travail global sur l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines en Wallonie.</p> <p>Développement d'un système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines, SEQESO (inspiré du SEQ-EAU français).</p> <p>Proposition d'une méthode d'amélioration de la cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines à partir de la méthode DRASTIC.</p>		<p>X Physico-chimie</p> <p>Biologie</p> <p>Morphologie</p> <p>X Transversal</p>
Couverture géographique	Bibliographie	Cible
Ensemble du territoire Wallon	<p>Observatoire des eaux souterraines, Direction de la Coordination Informatique, Direction des eaux souterraines : État des nappes d'eau souterraine de la Wallonie, Juin 2008.</p> <p>http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas</p> <p>« La qualité de l'eau de distribution : état des lieux et préservation en Wallonie et à Bruxelles »</p>	<p>X Grand public</p> <p>X Acteurs de l'eau</p> <p>Expert</p>
Producteur de l'indicateur		Producteur des données élémentaires
Ministère de la région wallonne, Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement (DGRNE), Observatoire des eaux souterraines, Direction de la Coordination Informatique, Direction des eaux souterraines		<p>Données quantitatives : DGRNE affecté à la Direction des Eaux souterraines</p> <p>Données qualitatives : producteurs d'eau sur la période 1994-2000.</p>
Méthode de calcul		
<p>Plusieurs indicateurs sont calculés en fonction du type de paramètre analysé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour le SEQESO, l'interprétation est basée sur l'examen des usages, la définition des seuils et le regroupement des paramètres par altération. Le principe est très proche du SEQ-EAU français. • La vulnérabilité des eaux souterraines est calculée à partir de la méthode DRASTIC améliorée en essayant de réduire la subjectivité de l'analyse. 		

Échelle temporelle		Échelle spatiale	
Travail réalisé la plupart du temps sur des moyennes annuelles		Nationale Bassin Masse d'eau X Point	
Points forts	Points faibles	Faisabilité	
Prise en compte de nombreux paramètres. En lien direct avec les attentes de la directive cadre européenne sauf pour la représentation en aplat et l'analyse prévisionnelle.	Pas de représentation en aplat, ni de l'état photographique, ni de l'évolution.		

Mode de représentation

Libellé de l'indicateur : SEQ - Eaux souterraines et DRASTIC modifié : Évaluation de la qualité et cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines en Wallonie

Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

Quantitatif : volumes prélevés, niveau piézométrique

Qualitatif : éléments majeurs, éléments traces, nitrates, pesticides et métabolites associés.

Représentation de l'indice

État quantitatif : suivi des prélèvements annuels dans les principaux aquifères, répartition des volumes prélevés par type de formation aquifère, suivi des chroniques piézométriques par type d'aquifère.

Etat qualitatif :

- élément majeurs : moyennes 1994-2000 par nappe principale, diagramme de Piper pour les mêmes moyennes.

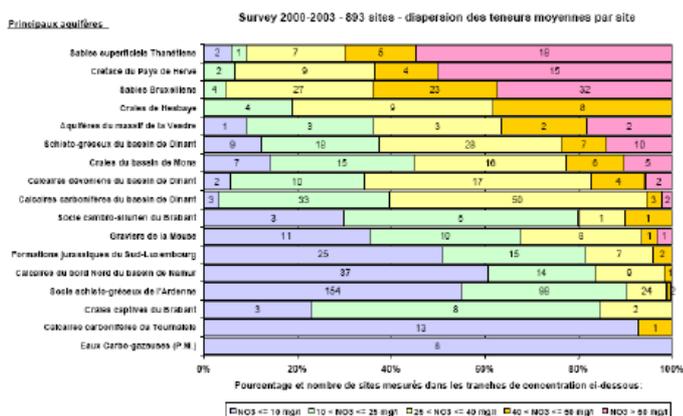
- éléments traces : moyennes 1994-2000 par nappe principale, détermination du fond géochimique naturel qui correspond à une valeur de référence égale au 90e percentile de la distribution des valeurs moyennes mesurées en chaque élément sur les captages.

Paramètre	LOQ	P50	P90	VR	Aquifères avec fond moyen dépassant VR (% des captages)*
Bore	-	17	94,3	100	Aq06 (100%), Aq07 (35%)
Zinc	10	15,2	89,8	90	Aq14 (30%)
Cuivre	2	1,8	13,4	15	Aq15 (60%), Aq04 (35%)
Nickel	2	2,1	9,2	10	Aq13 (20%)
Chrome	2	0,6	2,4	2,5	Aq05 (25%), Aq04 (20%)
Plomb	1	0,37	2,2	2,5	Aq06 (30%)
Sélénium	1,2	0,47	1,9	2	Aq03 (45%)
Cobalt	2	0,5	0,9	1	Aq17 (75%)
Arsenic	1	0,25	0,6	1	Aq16 (40%), Aq06 (20%)
Antimoine	1	0,25	0,28	0,5	
Cadmium	0,25	0,12	0,21	0,25	
Mercurure	0,2	0,05	0,05	0,1	

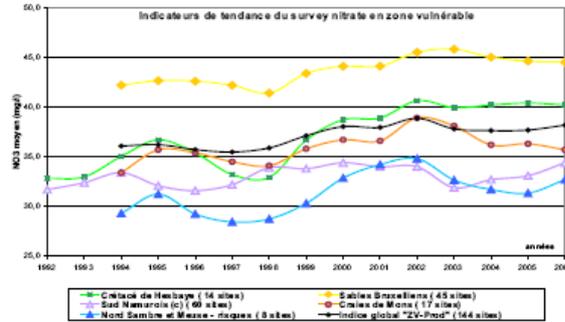
*Exemple de lecture : ligne Arsenic :

Dans le Socle du Brabant (Aq16), 40% des captages ont une teneur en Arsenic supérieur à 1µg/l (qui est la valeur de référence VR pour l'arsenic).

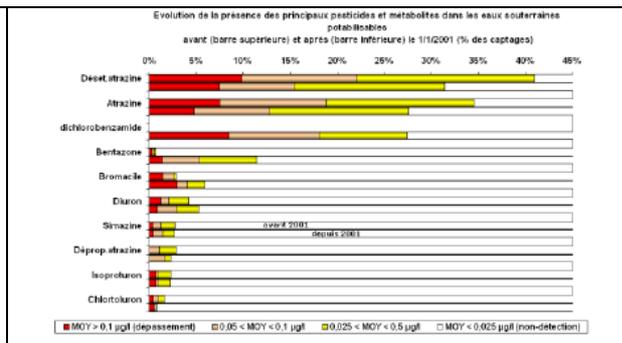
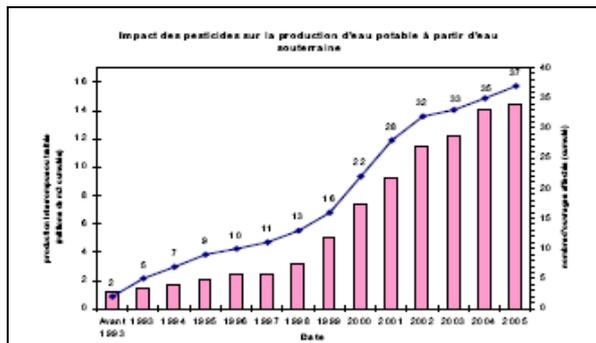
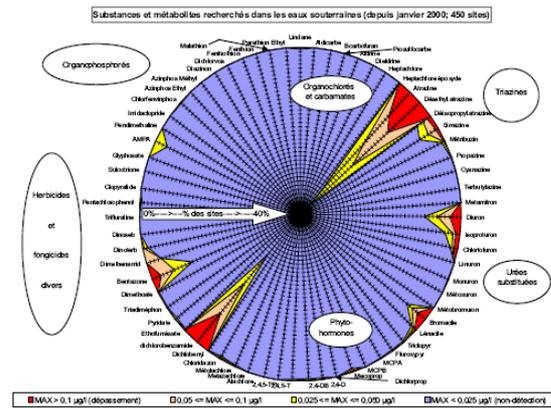
- les nitrates : classement des sites en fonction du pourcentage de sites mesurés dans les tranches de concentration choisies



Représentation des évolutions de moyennes annuelles des concentrations en nitrate agrégées pour un ensemble de sites répartis dans les différentes zones les plus vulnérables :



- les pesticides : pour qualifier les pesticides les plus pertinents, représentation astucieuse du pourcentage de présence de chaque substance ou métabolite recherché dans les sites prospectés. Comptage des captages fermés ou ayant bénéficié d'un traitement particulier en raison de la détection de pesticides. Évolution de la situation en déterminant l'évolution de la présence des principaux pesticides et métabolites dans les eaux souterraines avant et après l'année 2001.



Implantation

x Ponctuelle □ Linéaire □ Surfactive

Points forts	Points faibles	Faisabilité
Représentation de l'ensemble des substances et métabolites de la classe des pesticides sur un même diagramme radar dont la lisibilité reste pertinente.	Les tendances sont présentées de manière succincte sans analyse de la significativité statistique ni des pentes d'évolution	

A l'international (hors Europe)

En complément des indicateurs présentés précédemment, sont retenus à l'international deux projets qui traitent de problématique non encore évoquées et pourtant souvent rencontrées lors des travaux de détermination à grande échelle de la qualité des eaux souterraines.

Lorsque les eaux souterraines dont on veut montrer la qualité sont peu renseignées, soit en raison d'un réseau de points peu dense, soit en raison de fréquences de prélèvement faibles, soit encore en raison d'analyses sur un nombre restreint de paramètres ou bien que le budget alloué à la détermination de la qualité des eaux est faible, il est nécessaire de disposer de méthodes simples, économiques, rapidement et facilement mise en œuvre pour répondre à l'objectif d'indication de la qualité des eaux. En Iran, nation où les moyens mis à disposition pour la détermination de la qualité des eaux souterraines est nettement moins important que pour les pays de l'Union Européenne, le Department of Hydraulics and Environment a développé un indicateur simple, créé à partir d'un panel restreint et classique de paramètres mais dont les résultats sont validés par comparaison avec des données reconnues fiables. De plus, malgré l'aspect rudimentaire de la méthode, un effort de spatialisation de la représentation est réalisé avec des résultats qui apparaissent tout à fait satisfaisants.

Une autre problématique non encore évoquée est celle de l'interaction eaux de surface / eaux souterraines. En Chine, le College of Environment and ressources, de l'université de Jilin à Changchun s'est intéressé à la qualité des eaux souterraines de la ville de Changchun en prenant en compte les liens entre les eaux des nappes superficielles et celles des nappes souterraines. Outre les représentations classiques des données de qualité des eaux (Diagramme de Piper, boîtes à moustaches) l'intérêt de l'étude repose sur le mode de représentation en aplat de la qualité des eaux souterraines à des profondeurs différentes. Cette idée originale permet de visualiser les variations spatiales de la qualité des eaux à la fois en plan mais aussi en fonction de la profondeur investiguée.

GWQI : Ground Water Quality Index

Description		Thème																		
<p>Développer une analyse simple multivariée pour créer un indicateur de la qualité des eaux souterraines afin d'identifier les secteurs qui possèdent les eaux souterraines de meilleure qualité possible pour l'AEP.</p>		Physico-chimie Biologie Morphologie X Transversal																		
Couverture géographique	Bibliographie	Cible																		
Province de 15 821 km ² à partir de 163 puits, Iran	Saeedi M., Abessi O., Sharifi F., Meraji H., (2009) Development of groundwater quality index. Environ. Monit. Assess.	Grand public X Acteurs de l'eau X Expert																		
Producteur de l'indicateur		Producteur des données élémentaires																		
Department of Hydraulics and Environment, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Narmak, Tehran, Oran																				
Méthode de calcul																				
<p>Normalisation et standardisation des données de concentrations des eaux souterraines en quelques éléments majeurs. Comparaison avec les données des eaux minérales régionales. Régionalisation de l'information par la création de cartes en iso-valeur de l'indice de qualité.</p> <p>Utilisation des valeurs moyennes de 8 cations et anions de 163 puits sur une période 3 ans. La proportion des concentrations observées par rapport au maximum autorisé est calculée comme une valeur normalisée pour chacun des puits. L'indice final pour chaque puits est calculé en considérant le poids de chacun des paramètres à partir de la table suivante :</p>																				
<table border="1"> <caption>Table 2 Weight of participation of each parameter in final quality index</caption> <thead> <tr> <th>Selected parameters</th> <th>Parameters' weight in final water quality index</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K⁺</td> <td>0.04</td> </tr> <tr> <td>Na⁺</td> <td>0.06</td> </tr> <tr> <td>Mg²⁺</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>Ca²⁺</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>SO₄²⁻</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Cl⁻</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>TDS</td> <td>0.15</td> </tr> </tbody> </table>			Selected parameters	Parameters' weight in final water quality index	K ⁺	0.04	Na ⁺	0.06	Mg ²⁺	0.15	Ca ²⁺	0.2	SO ₄ ²⁻	0.1	Cl ⁻	0.1	pH	0.2	TDS	0.15
Selected parameters	Parameters' weight in final water quality index																			
K ⁺	0.04																			
Na ⁺	0.06																			
Mg ²⁺	0.15																			
Ca ²⁺	0.2																			
SO ₄ ²⁻	0.1																			
Cl ⁻	0.1																			
pH	0.2																			
TDS	0.15																			
<p>Les indices finaux sont alors comparés avec ceux des eaux minérales bien connus et avec les seuils de potabilité en vigueur dans le pays.</p>																				

Calcul de l'indice de qualité par rapport à la minéralisation des eaux souterraines et classement en qualité « faible », « appropriée » et « forte ».

Table 6 Some calculated indices in the study area

Well no.	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	pH	TDS	Final index	Water quality as mineral content
6	0.02	1	1.19	2.15	0.67	0.39	8.175	279	0.025	Low
53	0.01	2.06	0.55	1.05	0.35	0.36	7.77	234.3	0.020	Low
121	0.01	0.85	0.85	1.45	0.47	0.33	8.21	202.6	0.021	Low
108	0.065	5.76	1.89	2.38	1.75	4.82	7.75	635.25	0.055	Suitable
62	0.0725	5.33	2.87	3.41	3.97	3.7	7.93	764.5	0.067	Suitable
37	0.032	8.03	1.4	1.8	4.67	1.7	7.94	752.75	0.064	Suitable
72	0.096	18.2	2.63	4.26	8.31	11.7	8.17	1623.3	0.338	High
98	0.15	15.34	4.7	2.44	6.32	13.5	8.22	1506.5	0.329	High
93	0.172	18.3	4.53	2.59	8.12	13.97	8.19	1667.5	0.343	High

Échelle temporelle

Représentation d'un état qualitatif par calcul d'une moyenne sur 3 ans

Échelle spatiale

Nationale
 X Bassin
 Masse d'eau
 Point

Points forts

Méthode simple, peu chère, rapidement et facilement mise en œuvre.

Points faibles

Basée uniquement sur les concentrations en majeurs. Ne concerne que l'utilisation AEP. Pas de détermination de tendance d'évolution de la qualité des eaux.

Faisabilité

Les valeurs nécessaires au calcul sont disponibles en France grâce aux réseaux de suivi de la qualité des eaux souterraines. La qualité du résultat dépend de la densité spatiale des données d'entrée

Mode de représentation

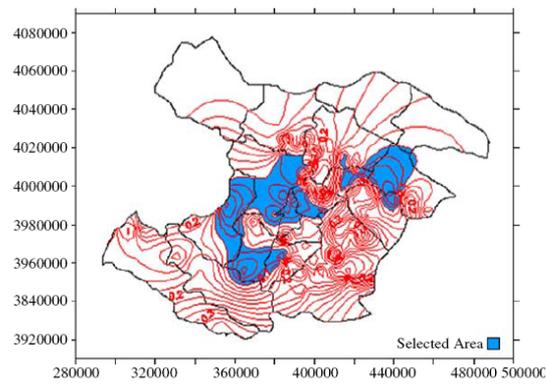
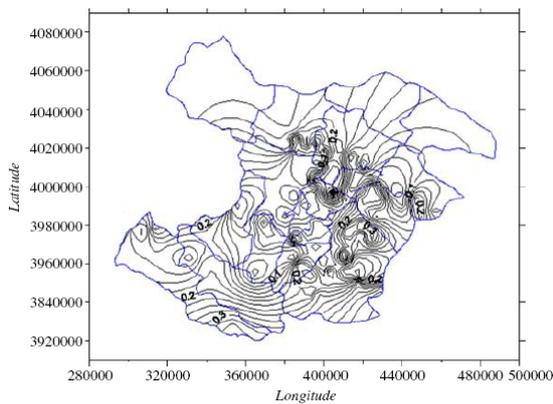
Libellé de l'indicateur : GWQI : Ground Water Quality Index

Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , pH, TDS

Représentation de l'indice

Les 163 points du réseau ont fait l'objet d'une détermination et d'une classification de l'indice de qualité selon la méthode définie auparavant. La représentation de ces résultats est basée sur la création d'une carte en iso-valeurs d'indices de qualité des eaux souterraines :



Ensuite, sont repérées les zones où l'indice est proche de celui des eaux minérales reconnues de très bonne qualité pour l'alimentation en eau potable

Implantation

Ponctuelle Linéaire Surfaccique

Points forts

Validation de l'indice par comparaison avec des eaux minérales bien connues. Effort de représentation spatiale

Points faibles

Nécessite un nombre important de points pour augmenter la qualité de représentation en iso-valeurs. Le calcul d'une moyenne sur trois ans ne tient pas compte des variabilités saisonnières possibles de la qualité des eaux souterraines.

Faisabilité

Groundwater Quality et Contamination Index (Chine)

Description		Thème																																									
L'objectif est de déterminer et caractériser la dynamique des changements de la qualité des eaux souterraines dans la ville de ChangChun à partir des données historiques. La finalité de l'exercice est de contribuer à une meilleure compréhension de l'hydrochimie et de l'évolution de la qualité des eaux souterraines sur la commune.		X Physico-chimie Biologie Morphologie Transversal																																									
Couverture géographique	Bibliographie	Cible																																									
Commune de ChangChun, en Chine dont la surface occupe environ 500 km ² .	Bokar H., Tang J., Lin N., (2004) Groundwater quality and contamination index mapping in Changchun city, China. Chinese Geographical Science, Science Press, Beijing, China.	Grand public X Acteurs de l'eau X Expert																																									
Producteur de l'indicateur		Producteur des données élémentaires																																									
College of Environment and ressources, Jilin University, Changchun 130026, P. R. China.		The Water ressource Office of Changchun City et The College of Environment and Ressource of Jilin University																																									
Méthode de calcul																																											
<p>Indicateurs à la fois photographique (diagramme de Piper), de l'évolution de la qualité des eaux (représentation en boîte à moustaches) et de la répartition de l'indice de qualité des eaux souterraines (interpolation des données par Krigeage).</p> <p>La cartographie de l'indice de contamination pour les principaux polluants NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, Mn²⁺ et Fe total débute par le classement des eaux en fonction de leur concentration en ces polluants, en respectant les standards de qualité chinois.</p>																																											
<p>Table 3 Classification of water quality according to concentration of pollutants</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ions (mg/L)</th> <th colspan="5">Standard class values</th> </tr> <tr> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> <th>V</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total Fe</td> <td>≤0.1</td> <td>≤0.2</td> <td>≤0.3</td> <td>≤1.5</td> <td>>1.5</td> </tr> <tr> <td>Mn²⁺</td> <td>≤0.05</td> <td>≤0.05</td> <td>≤0.1</td> <td>≤1</td> <td>>1</td> </tr> <tr> <td>NO₃⁻</td> <td>≤2</td> <td>≤5</td> <td>≤20</td> <td>≤30</td> <td>>30</td> </tr> <tr> <td>NO₂⁻</td> <td>≤0.00</td> <td>≤0.1</td> <td>≤1</td> <td>≤2</td> <td>>2</td> </tr> <tr> <td>NH₄⁺</td> <td>≤0.02</td> <td>≤0.02</td> <td>≤0.2</td> <td>≤0.5</td> <td>>0.5</td> </tr> </tbody> </table>			Ions (mg/L)	Standard class values					I	II	III	IV	V	Total Fe	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤1.5	>1.5	Mn ²⁺	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤1	>1	NO ₃ ⁻	≤2	≤5	≤20	≤30	>30	NO ₂ ⁻	≤0.00	≤0.1	≤1	≤2	>2	NH ₄ ⁺	≤0.02	≤0.02	≤0.2	≤0.5	>0.5
Ions (mg/L)	Standard class values																																										
	I	II	III	IV	V																																						
Total Fe	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤1.5	>1.5																																						
Mn ²⁺	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤1	>1																																						
NO ₃ ⁻	≤2	≤5	≤20	≤30	>30																																						
NO ₂ ⁻	≤0.00	≤0.1	≤1	≤2	>2																																						
NH ₄ ⁺	≤0.02	≤0.02	≤0.2	≤0.5	>0.5																																						
<p>Table 4 Repartition of given values according to grade (GB/T 14848-1993)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grade</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> <th>V</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F_i</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>			Grade	I	II	III	IV	V	F _i	0	1	3	6	10																													
Grade	I	II	III	IV	V																																						
F _i	0	1	3	6	10																																						
<p>A chaque polluant est affecté un indice Fi qui permet de calculer l'indice de qualité global des eaux F selon la formule donnée ci-après :</p>																																											

A chaque polluant est affecté un indice F_i qui permet de calculer l'indice de qualité global des eaux F selon la formule donnée ci-après :

$$F = \sqrt{\frac{\bar{F}^2 + F_{\max}^2}{2}} \quad (1)$$

where

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i \quad (2)$$

F_i is a given value for the pollutant, i is the grade (Table 3). F_{\max} is the highest F_i value for a pollutant i .
 n is number of pollutant.

Une nomenclature permet de relier un état qualitatif de l'eau à la valeur de l'indice de qualité F .

Table 5 Nomenclature according to index value
 (GB/T 14848-1993)

Water quality	Very Good	Good	Moderate	Bad	Worst
F	<0.80	0.80-2.50	2.50-4.25	4.25-7.20	>7.20

Échelle temporelle		Échelle spatiale	
Travail à l'échelle annuelle (moyenne annuelle de concentrations en éléments majeurs dans les eaux). Les données sont disponibles depuis 1981.		Nationale Bassin Masse d'eau X Point	
Points forts	Points faibles	Faisabilité	
<ul style="list-style-type: none"> • Représentation de l'état actuel des eaux souterraines, efforts de représentations de l'évolution de la qualité grâce aux données passées et définition d'un indice de qualité qui peut être représenté en aplat grâce au krigeage. • Comparaison et lien entre les eaux des nappes superficielles et les eaux des nappes souterraines. 	L'analyse ne prend pas en compte la pollution par les phytosanitaires et les produits pharmaceutiques.	De bonnes idées, notamment pour le principe de krigeage de l'indicateur qualité dont le calcul peut être repris et amélioré avec les données nationales. La qualité du krigeage dépend de la densité spatiale des points et de la représentativité de chacun d'eux dans le réseau.	

Mode de représentation

Libellé de l'indicateur : SEQ - Eaux souterraines Groundwater Quality et Contamination Index (CHINE)

Paramètres analysés pour la création de l'indicateur

pH, TDS, Ca^{2+} , Cl^- , TH, HCO_3^- , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , F^- , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , Fe total.

Représentation de l'indice

La comparaison de deux états qualitatifs dans les eaux superficielles et souterraines est réalisée en utilisant une représentation Piper pour les deux périodes :

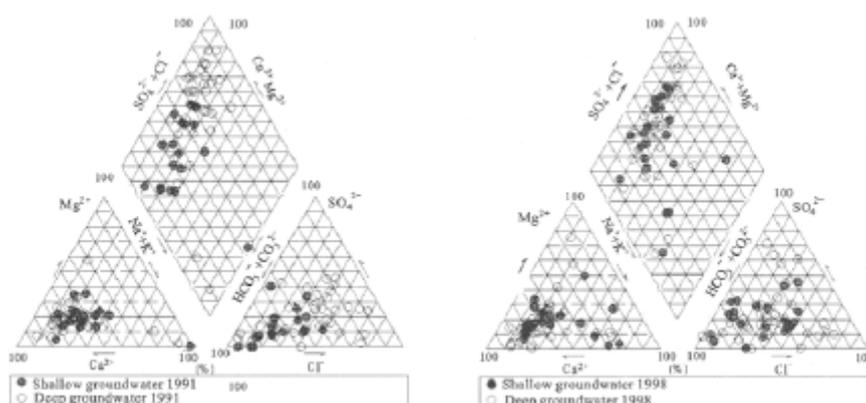


Fig. 3 Piper diagram showing the chemical composition of groundwater in Changchun City in 1991 and 1998

L'utilisation des représentations du type « boîtes à moustaches » permet de visualiser la distribution et l'évolution temporelle des paramètres statistiques décrivant la qualité des eaux souterraines.

Groundwater Quality and Contamination Index Mapping in Changchun City, China

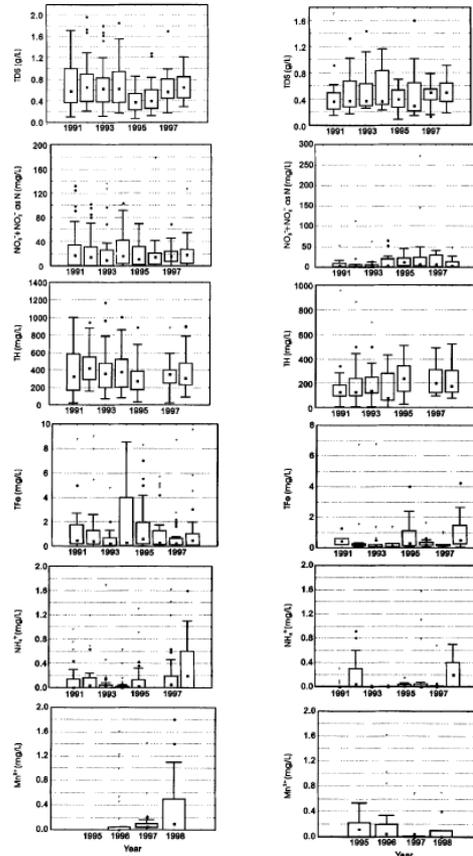


Fig. 4 Boxplots showing the distribution and the evolution of the TDS, NO₃-NO₂ (as N), TH, TFe, NH₄⁺ and Mn²⁺ concentrations data of the shallow (left) and deep (right) groundwater of Changchun City over the years

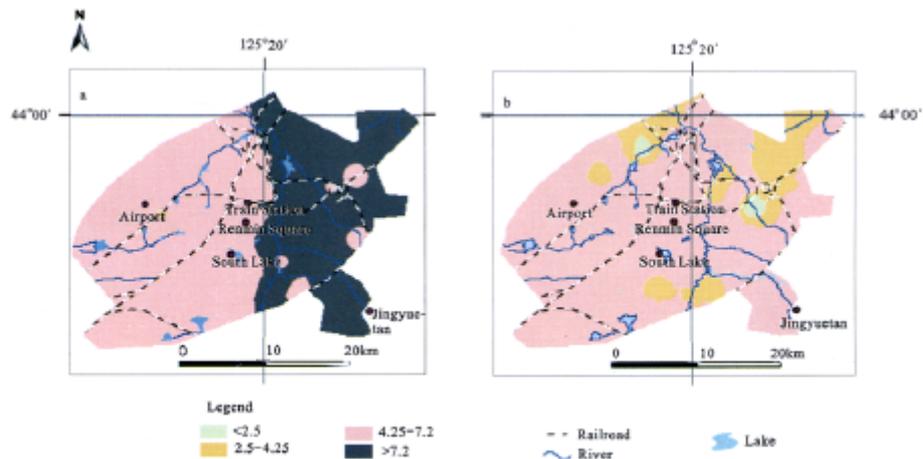


Fig. 5 Contamination index maps of shallow(a) and deep(b) groundwater in Changchun City in 1998

La représentation spatiale de la qualité des eaux souterraines repose sur l'élaboration d'une carte par krigeage de l'indice de qualité F sous ArcGIS.

Implantation		
<input type="checkbox"/> Ponctuelle <input type="checkbox"/> Linéaire <input checked="" type="checkbox"/> Surfacique		
Points forts	Points faibles	Faisabilité
<ul style="list-style-type: none"> • Effort de travail sur les tendances d'évolution des contaminations par comparaison d'états qualitatifs historiques. • Représentation en aplat de la qualité des eaux souterraines pour deux profondeurs différentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'analyses des substances phytosanitaires ou polluants émergents. • Surface étudiée relativement restreinte. 	

4.3. Conclusions de la phase 3 et perspectives

Ce chapitre donne un aperçu d'approches jugées pertinentes pour rendre compte de l'état et de l'évolution de la qualité des eaux souterraines. L'analyse de ces approches montre que les réflexions sont menées à des niveaux différents qui définissent les étapes essentielles de la production d'indicateurs de la qualité des eaux.

4.3.1. CONSTITUTION DES RESEAUX DE MESURE DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

L'étude de la qualité des eaux souterraines débute nécessairement par l'exploitation de mesures résultant du prélèvement d'eau à partir de points d'un réseau. La construction d'un réseau pertinent apparaît ainsi comme l'une des premières réflexions à mener lors de l'étude de la qualité des eaux avec la question sous-tendue de la représentativité de chacun des points ainsi que celle du réseau lui-même.

L'agence de l'environnement britannique (Environmental Agency of UK) propose ainsi un logigramme de constitution et/ou d'amélioration des réseaux de mesures. Il est recommandé de bien définir les objectifs des études afin d'adapter les réseaux en fonction et non l'inverse. La densité des points, les aquifères captés, les pressions sélectionnées, les analyses effectuées et les fréquences de mesure seront en effet toujours fonction de la question posée au début de l'étude.

En France, la réflexion sur la qualité des réseaux de mesure est essentiellement concentrée sur la représentativité des points des réseaux. L'échelle de travail varie du district hydrographique à la masse d'eau en passant par celle d'un aquifère. Des études se concentrent sur la façon d'estimer la représentativité de chacun des points afin de construire ou d'améliorer le réseau de mesure. Le but est d'optimiser le rapport nombre de points/surface représentée en sélectionnant les points les plus intégrateurs possibles.

Différents indices de représentativité spatiale des stations d'échantillonnage des eaux souterraines sont ainsi développés. On pourra citer à titre d'exemples :

- DCE : (%)
$$R_u = \frac{37,7}{dist \sqrt{k/area}}$$

Avec *dist* : moyenne de la distance minimale entre n'importe quel point de la masse d'eau et la station la plus proche,

k : nombre de stations de mesure,

area : superficie de la masse d'eau.

La représentativité est bonne si R_u atteint 80 %.

- L'indice proposé par le BRGM pour l'élaboration des réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine en Loire-Bretagne et en Seine-Normandie (Blum et al., 2006; Gourcy et al., 2006) :

Définition d'un indice de représentativité par point (IR_{point}), par masse d'eau (IRMESO) et pour le bassin complet (IRSN).

$IR_{point} = S_i / S_t$ où S_i est la surface de la sous-unité où est placé le point et S_t la surface totale de la masse d'eau considérée.

L'IRMESO correspond à l'importance de la surface des sous-secteurs sur lesquels sont placés les points attribués à cette masse d'eau par rapport à la surface de la masse d'eau selon la formule :

$$IRMESO = \sum S_i / S_t$$

L'IRSN est calculé selon la formule :

$$IRSN = \sum (IRMESO * S_t) / SSN \text{ où } SSN \text{ est la surface totale du bassin Seine-Normandie.}$$

4.3.2. CHOIX DES PARAMETRES A SUIVRE POUR DECRIRE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

Lors de la constitution d'un réseau de mesure, il est important de définir, dès cette première étape, les paramètres à analyser, et ce, toujours en concordance avec les objectifs de l'étude. Quels sont les paramètres les plus pertinents pour décrire la qualité des eaux, comment peut-on les choisir en fonction du contexte géologique, de la pression, de l'usage de l'eau ? Ce sont les questions à résoudre pour effectuer un choix judicieux. Le choix des substances à suivre dans un réseau de mesure dépend alors des connaissances sur les relations entre les types de pollutions et les substances polluantes associées. Différentes méthodes sont développées et testées dans ce sens

pour classer les substances en fonction de leur risque à transiter vers les eaux souterraines. La méthode de classification SIRIS (Jouany et al., 1982, Jouany, 1995, Babut et Breuzin, 2000) par exemple, est une méthode mathématique qui a démontré son efficacité pour sélectionner, notamment, les substances phytosanitaires à suivre de façon prioritaire dans les eaux souterraines en fonction du contexte local de pression. Des logiciels sont développés pour faciliter la mise en œuvre de telles méthodes.

Seulement, il ne faut en aucun cas limiter la liste des paramètres à analyser aux seuls éléments qui intéressent la (ou les) problématique(s) de l'étude mais toujours les accompagner d'analyses qui permettent une meilleure compréhension du fonctionnement hydrodynamique et hydrochimique des systèmes. En Suisse par exemple, le réseau NAQUA est développé en ce sens avec un cortège de paramètres dits « de base » analysés sur tous les points du réseau afin d'aider à la compréhension du fonctionnement des systèmes hydrogéologiques. En supplément, des groupes de substances, spécifiques aux pressions locales et donc répondant à des problématiques précises, sont analysés sur quelques points sélectionnés du réseau.

4.3.3. TRAITEMENTS ET ANALYSES DES DONNEES DE QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

Après avoir constitué un réseau de mesure cohérent avec les objectifs de l'étude et défini les paramètres à analyser en chacun des points du réseau, il est nécessaire de réfléchir sur la manière de traiter et d'analyser les résultats des campagnes de mesure de la qualité des eaux souterraines. La création d'indices de qualité repose souvent sur l'agrégation des résultats d'analyses des eaux en affectant un poids différent à chacun des paramètres qui entre dans le calcul. Des exemples de calcul d'indice de qualité sont reportés dans le rapport : l'indice de contamination C_d utilisé en Finlande et en Slovaquie, l'agrégation des analyses selon le principe du multi-seuils en Italie et les indices de qualité et de composition des eaux souterraines (GWQI et GWCI) au Portugal et en Chine. Ces indices permettent ensuite de classer les eaux suivant leur qualité, souvent définie en fonction de leur aptitude à satisfaire un usage particulier (SEQ-EAU).

L'exemple des travaux réalisés au Portugal est tout à fait intéressant car la méthode de création de l'indice reprend les trois étapes fondamentales de construction d'un indice de qualité tout en améliorant les principes de calcul et de classification pour chacune des phases :

- 1- sélection (par la classification des eaux par rapport aux standards de qualité),
- 2- standardisation (par codification binaire des échantillons),
- 3- agrégation (selon le test statistique d'analyse factorielle des correspondances dans l'exemple).

Les méthodes d'agrégation des analyses sont multiples et variées. Elles sont choisies, la plupart du temps, à dire d'experts en fonction des objectifs de l'étude.

4.3.4. LES NOUVEAUX MODES DE REPRESENTATION

La sélection, la standardisation et l'agrégation des données sont les étapes techniques de la détermination de la qualité des eaux. Elles aboutissent généralement à la création d'indices qu'il faut représenter de façon claire et didactique afin d'enrichir et argumenter la politique de gestion des milieux naturels et les actions de gestion des ressources en eau qui en découlent.

La représentation de la qualité des eaux par point d'eau ne suffit plus. Des nouveaux modes de représentation apparaissent : représentation en aplat par isolignes (Chine), krigeage (Finlande-Slovénie), autres méthodes (BRGM-AELB).

Définition de zones qui présentent le même comportement vis à vis des polluants étudiés. Prise en compte des caractéristiques géologiques, hydrodynamiques, climatiques et de pression.

4.3.5. PERSPECTIVES

Une revue, non exhaustive, des indicateurs utilisés en France ou à l'étranger pour qualifier l'état des eaux souterraines rappelle que ces indicateurs sont intimement liés :

- aux objectifs visés (représentation de l'état général d'un milieu, de sa capacité à satisfaire les usages, etc...),
- à la nature des données utilisées (nombre de points au regard des variations spatiales de concentrations, fréquence de prélèvement annuelle et inter-annuelle, paramètres analysés, etc...),
- à l'échelle de représentation (nappe, masse d'eau, district hydrographique, pays),
- au public visé (grand public, gestionnaires, communauté scientifique),
- aux connaissances des pressions qui s'exercent sur les eaux souterraines.

Les indicateurs étudiés dans ce chapitre traite essentiellement de « l'état des eaux souterraines » c'est à dire de la description du niveau de contamination de ces dernières. Aujourd'hui cette approche est insuffisante et pour la **révision du plan de gestion en 2013**, lier ces « états » aux **pressions** et identifier leurs impacts est une nécessité. Le constat de la contamination des eaux souterraines est aujourd'hui admis par tous. En comprendre mieux les sources reste un enjeu fort pour la mise en œuvre de programmes de mesures efficaces.

Le traitement de cette question dépend bien sûr du niveau de connaissance des caractéristiques de chaque masse d'eau et des pressions qui s'y exercent. L'accès aux données existantes et leur mise à disposition dans des formats compatibles avec les données du SIE est également au cœur de la question (en particulier pour les données relatives aux pratiques culturelles).

Il apparaît également très clairement que les spécifications des réseaux de surveillance produisant la donnée utilisée pour l'élaboration des indicateurs sont fondamentales. Dans la perspective de la **révision des programmes de surveillance de la DCE en 2013**, une réflexion va démarrer dès 2010 sur ce sujet. Sans préjuger des travaux qui seront menés, il apparaît dès aujourd'hui que les fréquences de prélèvement devront être accrues pour le suivi des pollutions diffuses. D'autre part, afin d'assurer une meilleure connaissance des relations entre les niveaux de concentration de polluants dans les eaux souterraines et les pressions, la question de l'intensification de l'acquisition de données sur certaines masses d'eau représentatives pourra être posé. Enfin, la prise en compte de l'évolution des performances analytiques est encore trop faible à ce jour et devra être mieux considérée. Les travaux du laboratoire national de référence Aquaref y contribueront certainement.

5. Conclusion et perspectives

La mise en place du Système d'Information sur l'Eau (SIE) en 2004 et la publication de son référentiel technique fin 2009 (le SNDE, Schéma National des Données sur l'Eau) marquent des étapes importantes pour l'organisation de l'acquisition, de la bancarisation, de la diffusion et de la valorisation des données en France. Dans le domaine des eaux souterraines, la banque de données ADES (mise en place en 2001 et ouverte au public en 2003 via un portail Internet libre et gratuit) y figure comme la banque nationale de référence pour le stockage des données piézométriques et des analyses chimiques.

La surveillance des eaux souterraines est pourtant une histoire ancienne (pour la piézométrie en particulier) et, sous l'impulsion de la législation, des changements majeurs sont survenus tout au long des quelques décades de surveillance. La mise en place des agences de l'eau en 1964, la loi sur l'eau de 1992 et la directive cadre sur l'eau de 2000 ont en particulier influencer l'organisation de la surveillance, ses objectifs et ses spécifications techniques (nombre de points, fréquences de prélèvements ou de relevé piézométrique, substances chimiques analysées, etc...).

C'est pourquoi, afin de rendre compte de ces **évolutions** et de mettre en valeur les **efforts mis en œuvre pour améliorer la surveillance des eaux souterraines**, l'ONEMA a demandé au BRGM de réaliser ce bilan à partir des données enregistrées dans ADES. Le même exercice a été réalisé pour la chimie des cours d'eau par l'OIE à partir de la BNDE.

A l'issue de cette exploitation de données, qui faisait l'objet de la **phase 1** du projet, voici, très succinctement, les principaux éléments à retenir :

5.1. Piézométrie

- La surveillance du niveau des nappes est une histoire ancienne puisqu'elle a débuté dès la fin du 19^{ème} siècle. Jusqu'en 2007, par le nombre de piézomètres comme par le nombre de mesures du niveau des nappes réalisées, la surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines était en constante augmentation. Cette tendance est en accord avec l'évolution de la législation française et européenne (création des agences de l'eau en 1964, loi sur l'eau de 1992, publication de la directive cadre sur l'eau en 2000, nouvelle loi sur l'eau en 2006). Une stabilisation de la surveillance est cependant à prévoir à partir de 2008.
- Jusqu'à la fin des années 90, la surveillance du niveau des nappes des eaux souterraines dépendait principalement de décisions locales. Avec la signature du protocole du RNES en 1999 et la mise en place des réseaux DCE fin 2006, un réseau national harmonisé s'est progressivement mis en place. Aujourd'hui, quasiment toutes les masses d'eau sont suivies.
- Des historiques importants sont donc disponibles sur un grand nombre de piézomètres et mériteraient d'être d'avantage exploités pour caractériser le comportement hydrodynamique des nappes. Dans le Bassin Parisien et le Bassin Aquitain, la plupart des piézomètres retenus dans le réseau DCE de suivi de l'état quantitatif des masses d'eau offrent des séries de données supérieures à 10 ans (plus de la moitié des points) et parfois même supérieures à 30 ans (19% des points principalement situés dans les bassins Artois-Picardie et Seine-Normandie).
- Longtemps la surveillance du niveau des nappes s'est contentée de deux relevés annuels dans les nappes libres et d'un relevé annuel dans les nappes captives (même si localement et ponctuellement des mesures mensuelles ont été réalisées). Ces dernières années, les évolutions technologiques ont permis de disposer de mesures en continu des niveaux piézométriques.

5.2. Chimie des eaux souterraines

- La surveillance de la qualité des eaux souterraines a débuté dans les années 70 dans les régions du Nord et de l'Est de la France (bassins Seine-Normandie, Artois-Picardie et Rhin-Meuse) contraintes de faire face à une pollution croissante des nappes. Dans ces régions, des chroniques de données importantes (>30ans) sont aujourd'hui disponibles pour les macro-polluants (nitrates en particulier).
- Jusqu'en 2007, par le nombre de qualitomètres comme par le nombre d'analyses chimiques réalisées, la surveillance de l'état chimique des eaux souterraines était en constante augmentation. Cette tendance est en accord avec l'évolution de la législation française et européenne (création des agences de l'eau en 1964, loi sur l'eau de 1992, réglementation sur l'auto-surveillance des installations classées en 1996, publication de la directive cadre sur l'eau en 2000, nouvelle loi sur l'eau en 2006). Une stabilisation de la surveillance est cependant à prévoir à partir de 2008.
- Jusqu'à la fin des années 90, la surveillance de la qualité des eaux souterraines dépendait principalement de volontés locales. Avec la signature du protocole du RNES en 1999 et la mise en place des réseaux DCE fin 2006, un réseau national harmonisé s'est progressivement mis en place. Aujourd'hui, quasiment toutes les masses d'eau sont suivies et cette surveillance est bien entendue renforcée dans les masses d'eau risquant de ne pas atteindre le bon état chimique en 2015.
- Réseaux DCE (RCS et RCO):
 - Malgré l'existence de prescriptions nationales, la surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine reste sensiblement différente d'un bassin à l'autre. Les densités minimales prescrites par la circulaire DCE 2003/18 sont respectées mais la densité des qualitomètres est plus importante dans les bassins Seine-Normandie et Rhin-Meuse que dans les autres bassins. L'existence d'aquifères multicouches ou de systèmes particulièrement hétérogènes (exemple : nappe d'Alsace) dans ces bassins explique en partie ce constat. Cependant, des aquifères complexes et/ou profonds existent également dans les autres bassins. D'autres raisons doivent ainsi être considérées comme par exemple les efforts financiers alloués par chaque agence à la surveillance des eaux souterraines ou encore la nature des points de surveillance retenus. La présence de sources, dont le caractère intégrateur suffit à représenter une large partie de la masse d'eau, dans le réseau de surveillance contribue ainsi à diminuer en apparence la densité de points. C'est le cas en Adour-Garonne où de nombreuses sources ont été retenues.
 - Bien que le réseau de contrôle opérationnel (RCO) mis en place sur les masses d'eau à risque ne soit pas achevé dans tous les bassins (Adour-Garonne par exemple), la comparaison entre ce réseau et le RCS met en évidence des stratégies de surveillance différentes d'un bassin à l'autre. Alors que les bassins Artois-Picardie et Rhône-Méditerranée ont identifié un grand nombre de points spécifiquement dédiés au RCO, le bassin Loire-Bretagne a opté pour des points communs et une concentration des efforts financiers sur l'augmentation des fréquences de prélèvement lorsque la masse d'eau est à risque de non atteinte du bon état en 2015. L'agence de l'eau Loire-Bretagne, qui doit majoritairement faire face aux pollutions diffuses d'origine agricole, espère ainsi mieux caractériser la tendance d'évolution de la contamination des nappes par les nitrates et les pesticides.
 - Avec deux prélèvements par an sur la moitié des points du RCS, les fréquences de prélèvements restent dans l'ensemble insuffisantes pour apprécier la variabilité saisonnière de la pollution par les nitrates et par les pesticides, et pour assurer une évaluation représentative de l'état chimique des masses d'eau souterraine. Par rapport au RNES qui recommandait deux prélèvements par an sur toutes les nappes libres et un prélèvement par an sur les nappes captives, des efforts ont cependant été faits. 38% des points du RCS disposent en effet de 4 prélèvements par an mais ce chiffre reste insuffisant.

- La surveillance de la qualité des eaux souterraines dans les DOM est récente mais, sous l'impulsion de la DCE, des efforts importants ont été déployés ces dernières années. Tous les DOM ainsi que Mayotte disposent aujourd'hui d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines.
- La nature des polluants analysés a évolué au fil des années. La surveillance des nitrates est une histoire ancienne tandis que les années 90 et 2000 sont marquées par l'explosion de la surveillance des micropolluants organiques (pesticides en particulier). Aujourd'hui ce sont quelques centaines de molécules qui sont couramment analysées pour chaque échantillon et la question de la pertinence de ce nombre doit être posée. De même l'abondance des données ne suffit pas et il apparaît nécessaire de mieux appréhender la qualité de ces données. Les nouvelles exigences européennes sur les performances analytiques des analyses DCE (directive de la Commission Européenne 2009/90/CE) et l'appui technique du laboratoire national de référence Aquaref y contribueront certainement.
- Les données acquises par les DDASS dans le cadre du contrôle sanitaire ont pendant longtemps représenté la majorité des analyses chimiques disponibles pour les eaux souterraines. Mais avec la montée en puissance des réseaux de surveillance gérés par les agences et les offices de l'eau (au titre du RNES puis de la DCE), ces derniers fournissent aujourd'hui chaque année autant d'analyses chimiques que les DDASS. Ce rapport doit cependant être considéré avec prudence car, en nombre de points, les captages destinés à l'AEP restent largement majoritaires. Les paramètres analysés par les DDASS sont d'autre part plus ciblés et les fréquences d'analyses plus variables en fonction de la population desservie.
- Récemment, avec le chargement dans ADES des données issues de l'auto-surveillance des Installations Classées pour l'Environnement, une augmentation significative du nombre d'analyses fournies par les DRIRE est visible.

La surveillance du niveau des nappes et de leurs caractéristiques chimiques (naturelles ou non) est importante mais insuffisante en elles-mêmes. A chaque programme de surveillance correspond un objectif, une information particulière. Un programme d'exploitation des données, qu'il soit complexe ou non, est ainsi toujours associé à un réseau de surveillance (comparaison des analyses chimiques à des normes pour l'AEP, exploitation des données piézométriques pour situer le niveau des nappes par rapport à une situation « normale », etc...). L'inventaire des différentes méthodes d'exploitation des données n'était pas l'objet de cette étude. Toutefois, afin d'alimenter les réflexions nationales sur la valorisation des données du SIE, l'ONEMA a souhaité que des **pistes de réflexion sur l'évolution des indicateurs** relatifs au niveau des nappes (en lien avec le BSH) et à leurs niveaux de contamination soient ouvertes. Ce travail a fait l'objet des phases 2 et 3 de l'étude. Pour ce faire, une revue non exhaustive des indicateurs existants et pertinents (à l'étranger en particulier) a été menée. Elle a abouti à l'identification de modes de représentation qui, utilisés à l'étranger, pourraient être exploités en France. Le bulletin de situation hydrologique produit au Royaume-uni par le BGS pour rendre compte du niveau des nappes et le graphe en « radar » publié par l'Observatoire des eaux souterraines de Wallonie pour représenter les pesticides recherchés et quantifiés en sont des exemples. Des recommandations ont également été formulées sur l'amélioration des réseaux de surveillance actuels et sur la nécessité d'acquérir ou de faciliter l'accès à d'autres types de données (données climatiques, pratiques culturelles, etc...).

5.3. Perspectives

Qu'il s'agisse du bilan des efforts de surveillance (phase 1) ou des pistes de réflexions sur les indicateurs destinés à rendre compte de l'état quantitatif et qualitatif des nappes (phases 2 et 3), les résultats de cette étude devraient contribuer aux travaux en cours ou à venir pour la mise en œuvre de la DCE et du SIE, et en particulier :

- La révision des programmes de surveillance en 2013 : mis en place en 2007 pour une durée de 6 ans, les programmes de surveillance de l'état quantitatif et chimique des masses d'eau souterraine exigés par la DCE devront, si nécessaire, être révisés en 2013. Afin de préparer cette échéance et d'assurer une cohérence nationale des travaux, le cahier des charges national sur la surveillance des eaux souterraines (MEDD, 2003) devra être mis à jour. Les travaux menés depuis la mise en œuvre de la DCE (y compris les difficultés rencontrées), pour notamment évaluer caractériser les masses d'eau souterraine, évaluer leur état chimique et quantitatif, et pour suivre l'efficacité du programme de mesures, devront être pris en compte. D'une manière générale, beaucoup de nouvelles connaissances ont été acquises sous l'impulsion de la DCE (notamment sur le fonctionnement hydrodynamique et hydrogéochimique de certaines masses d'eau et sur le devenir des pollutions diffuses vers les nappes). Des enseignements devront en être tirés.
- Les développements de l'outil SEEE (Système d'Évaluation de l'État des Eaux) : à la suite du SEQ-eau, le SEEE permettra la production d'indicateurs de l'état des eaux (souterraines, superficielles et marines). Si le SEEE, dont le développement est encore en cours, ne prévoit à ce stade qu'un nombre limité d'indicateurs, des évolutions auront certainement lieu dans les prochaines années. Les réflexions issues des phases 2 et 3 de la présente étude devraient alimenter ces travaux. Il en est de même pour la banque ADES dont les développements et les améliorations concernent de plus en plus les outils de valorisation des données.
- Enfin, il est important de préciser que l'ensemble de ces travaux s'inscrit dans une démarche plus large engagée par l'ONEMA pour déterminer une programme de valorisation des données du SIE. Pour mener à terme ce projet l'ONEMA est assistée du Groupe national de Valorisation de l'Information (GVI) composé des contributeurs du SIE. Ainsi que le précise le mandat du GVI, ce programme de valorisation comprend l'élaboration et le suivi de produits valorisés et en particulier :
 - une série d'indicateurs qui seront mis à jour régulièrement et serviront de tableau de bord de référence sur l'eau et les milieux aquatiques,
 - des synthèses mono- ou multi-thématiques, à différentes échelles (nationale, bassin, masse d'eau, etc...), qui seront établies en fonction des échéances stratégiques liées à la mise en œuvre de la politique de l'eau (SDAGE, etc...).

6. Bibliographie

6.1. Bibliographie générale

Agences de l'eau (2002) – SEQ – eaux souterraines. Rapport de présentation. Version 0. Les études des agences de l'eau n°80, 66p, ISSN 1161-0425.

BDRHFv1 Base de Données sur le référentiel Hydrogéologique Français (2002) RNDE.
<http://sandre.eaufrance.fr>

Baran N., Mouvet C., Négrel P. (2007) – Hydrodynamic and geochemical constraints on pesticide concentrations in the groundwater of an agricultural catchment (Bréville, France). *Environmental Pollution*, 148:729-738

Baran N., Lepiller M., Mouvet C. (2008) - Agricultural diffuse pollution in a chalk aquifer (Trois Fontaines, France): influence of pesticide properties and hydrodynamic constraints. *Journal of Hydrology*. 358, 56-69.

Babut M., Breuzin C. (2000) Pertinence d'une sélection des pesticides à mesurer dans un réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles à l'aide d'une méthode simplifiée d'évaluation des risques. *Revue des sciences de l'eau* 13/4(2000) p363-378.

Blum A. (2004) - L'état des eaux souterraines en France : aspects qualitatifs et quantitatifs, Collection Etudes et Travaux, n°43, Editions Ifen, 35 p.

Blum A., Gravier A., Mardhel V., Malon J.-F. (2006) – Élaboration d'un réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine en Loire-Bretagne conforme aux prescriptions de la directive cadre sur l'eau. Rapport final. Rapport BRGM RP-54830-FR, 73p, 5 annexes, 1 CDROM.

Bonnefoy D., Chery L., Trouillard J.-M. (2000), Architecture du système d'information sur les Eaux Souterraines, BRGM/RP-50269-FR,

Castany G., Margat J. (1977) – Dictionnaire français d'hydrogéologie, Éditions du BRGM, 248p.

IFEN (2004) – Les pesticides dans les eaux. Sixième bilan annuel. Données 2002, Collection Études et Travaux n°42, 32p, Editions Ifen, Orléans.

Jouany J.M., Vaillant M., Blarez B., Cabridenc R., Ducloux M., Schmitt S. (1982) Approach to hazard assessment by a qualitative

system based on interaction concept between variables. Symposium proceedings "chemicals in the environment", 18-20 october

1982, Lyngby, Copenhagen, Denmark.

Jouany J.M. (1995) Établissement d'une liste de substances phytosanitaires utilisées en agriculture à surveiller dans le bassin lémanique : méthodologie. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut. Campagne 1994, 217-233.

Lallemand-Barres A., Roux J.C. (1994) – Carte des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines de la France. Ed. BRGM.

Mardhel V., Normand M., Gravier A. (2005) – Mise en œuvre de la DCE – référentiel cartographique national des masses d'eau souterraine (version 1). BRGM/RP-53923-FR, 71 p., 7 fig., 7 tabl., 4 ann.

Martin Y. (1996), Rapport sur la gestion durable des eaux souterraines, Conseil Général des Mines, 29 janvier 1996, Ministère de l'industrie et de la poste et des télécommunications.

MEDD (2003a) – Mise en œuvre de la DCE. Identification et délimitation des masses d'eau souterraine. Guide méthodologique. BRGM. Janvier 2003, 31p.

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

MEDD (2005) – Architecture du Système d'information sur l'eau. Livre vert. Janvier 2005, 36 p.

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

Normand M., Gravier A. (2005) – Mise en œuvre de la DCE – Premières synthèses des caractéristiques principales et secondaires des masses d'eau souterraine et de l'analyse du Risque de Non Atteinte du Bon Etat environnemental en 2015. Pistes de réflexion pour la caractérisation plus détaillée. BRGM/RP-53924-FR, 105 p., 34 fig., 41 tabl., 4 ann.

Roux J.-C. (2006) – Aquifères et eaux souterraines en France. Ouvrage collectif. Collection Scientifique et Technique. BRGM éditions. 2 tomes.

SANDRE (2005a) – Dictionnaire de données Piézométrie, version 2005-1, 77p.

SANDRE (2005b) – Dictionnaire de données Mesure qualité des eaux souterraines, version 2005-1, 117p.

SOeS (2009) – Les pesticides dans les eaux en 2006, Statistiques disponibles sur le site Internet du SOeS/Ex-lfen, <http://www.ifen.fr/acces-thematique/eau/les-pesticides-dans-les-eaux.html>

Gourcy L., Vernoux J.-F., Allier D., Malon J.-F. (2006) – Élaboration d'un réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine en Seine-Normandie. Rapport final. Rapport BRGM RP-55053-FR.

6.2. Textes réglementaires et guides européens

Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, Journal Officiel du 3 mars 1998.

Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

European Commission (2003) – Monitoring under the Water Framework Directive, CIS Guidance Document N°7, European Commission, Brussels.

European Commission (2006) – Groundwater Monitoring, CIS Guidance Document N°15, European Commission, Brussels.

Commission Européenne (2009) – Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment, CIS Guidance Document n°18, European Commission, Brussels.

Convention internationale d'Aarhus du 25 juin 1998, convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement. Ratifiée par la France le 8 juillet 2002.

Directive n°2009/90/CE de la Commission du 31 juillet 2009 établissant, conformément à la directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil, des spécifications techniques pour l'analyse chimique et la surveillance de l'état des eaux.

Directive n°2006/118/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration, Journal officiel de l'Union Européenne, L372 du 27 décembre 2006, pp19-31.

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

Directive 93/57/CEE du Conseil du 29 juin 1993 modifiant les annexes des directives 86/362/CEE et 86/363/CEE concernant la fixation de teneurs maximales pour les résidus de pesticides sur et dans les céréales et les denrées alimentaires d'origine animale.

Directive 91/676/CEE du Conseil, du 12 décembre 1991, concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles.

Loi sur l'eau n°64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution.

Loi sur l'eau n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau.

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

6.3. Sites Internet

<http://www.eaufrance.fr>

<http://www.sandre.eaufrance.fr/>

<http://www.adeseaufrance.fr>

7. Annexes

7.1. Liste des abréviations

ADES - Accès aux Données des Eaux Souterraines ;
AEAG – Agence de l’Eau Adour-Garonne ;
AEAP – Agence de l’Eau Artois-Picardie ;
AELB – Agence de l’Eau Loire-Bretagne ;
AEP – Alimentation en Eau Potable ;
AERM – Agence de l’Eau Rhin-Meuse ;
AERM&C – Agence de l’Eau Rhône-Méditerranée et Corse ;
AESN – Agence de l’Eau Seine-Normandie ;
BDRHF – Base de Données du Référentiel Hydrogéologique Français ;
BNDE – Banque National des Données sur l’Eau ;
BRGM – Bureau de Recherches Géologiques et Minières ;
BSH – Bulletin de Situation Hydrologique ;
BSS – Banque du Sous-Sol ;
CO – Contrôle Opérationnel ;
CS – Contrôle de Surveillance ;
DDASS – Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales ;
DCE – Directive Cadre sur l’Eau ;
DGS – Direction Générale de la Santé ;
DIREN – Direction Régionale de l’Environnement ;
DRIRE – Direction Régionale de l’Industrie de la Recherche et de l’Environnement ;
MEDAD – Ministère de l’Ecologie du Développement et de l’Aménagement du Territoire ;
MEEDDM – Ministère de l’Ecologie, de l’Energie, du Développement Durable et de la Mer ;
OIE – Office International de l’Eau ;
ONEMA – Office National de l’Eau et des Milieux Aquatiques ;
ONQES – Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines ;
RBESP – Réseau de bassin de suivi quantitatif des Eaux Souterraines ;
REESQ – Réseau de bassin de suivi qualitatif des Eaux Souterraines ;
RNABE – Risque de Non Atteinte du Bon Etat ;
RNDE – Réseau National des Données sur l’Eau ;
RNES – Réseau National de connaissance des Eaux Souterraines ;
RNESP – Réseau National de connaissance des Eaux Souterraines (suivi piézométriques) ;
RNESQ – Réseau National de connaissance des Eaux Souterraines (suivi qualitatif) ;
RCS – Réseau de Contrôle de Surveillance ;
RCO – Réseau de Contrôle Opérationnel ;
SAGE – Schéma d’Aménagement et de Gestion des Eaux ;
SDAGE – Schéma Directeur d’Aménagement et de Gestion des Eaux ;
SDDE – Schéma Départemental des Données sur l’Eau ;
SIE – Système d’Information sur l’Eau ;
SISE_Eaux – Système d’Information Santé Environnement Eaux de la Direction Générale de la Santé ;
SNDE – Schéma National des Données sur l’Eau

7.2. Liste des familles de paramètres ADES

GROUPE	SOUS - GROUPE	GROUPE	SOUS - GROUPE
MICROPOLLUANTS ORGANIQUES	ALDEHYDES	PHYTOSANITAIRES	ACIDES CHLOROPHENOXYALCANOÏQUES
	AMINES		ACIDES PHENOXYACÉTIQUES
	ANILINES CHLOROANILINES		ACIDES PHOSPHONIQUES
	BENZIDINES		ACIDES PYRIDINE CARBOXYLIQUE
	BENZODIOXINES		ACYLUREES
	CFC		ALDEHYDES (PHYTOSANITAIRES)
	CHLOROPHENOLS ET COMPOSES		AMINES AMIDES
	PHENOLIQUES		AMINOPHOSPHONATES
	COHV		AMMONIUMS QUATÉRNAIRES
	COMPOSES PHENOLIQUES		ANILINES ANILIDES
	DERIVES DU BENZENE		ARYLOXYACIDES
	DIVERS		ARYLOXYPHENOXY
	FURANES		ARYLOXYPROPIONIQUES
	HAP		AVERMECTINES
	HYDROCARBURES		BENZAMIDES
	NITRILES		BENZHYDRAZIDES
	NITROTOLUENES		BENZONITRILES
	NONYLPHENOLS		BENZOTHIODIAZINONES
	ORGANOCHLORES		BENZOXAZINE
	ORGANOSTANNEUX		BENZOYL UREES
	PCB		CARBAMATES
	PHTALATES		CARBINOLS
	POLYBROMODIPHENYLETHERS		CHLOROACÉTIQUES
	POLYCHLORODIPHENYLMETHANE		CHLORONICOTINILES
SOLVANTS	COUMARINES		
SOLVANTS POLAIRES	DERIVE CYCLOHEXANE DIONE		
MICROPOLLUANTS-MINÉRAUX		DERIVES ACIDE BENZOÏQUE	
NON CLASSES		DERIVES ACIDE CARBAMIQUE	
PARAMÈTRES ECOTOXIQUES		DERIVES DE L'ACIDE BENZOÏQUE	
PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX		DERIVES DE OXADIAZOLE	
PARAMÈTRES LIÉS À LA RADIOACTIVITÉ ET AUX ISOTOPES	TRACEURS ISOTOPIQUES RADIOACTIFS	DERIVES DU BENZENE (PHYTOSANITAIRES)	
	TRACEURS ISOTOPIQUES STABLES	DERIVES DU PHENOL	

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES			DERIVES PHTALIQUES
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES			DERIVES QUINOLINE
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES			DIAZINES
	CARACTERISTIQUES GENERALES		DICARBOXIMIDES
	ELEMENTS MAJEURS (ou composés bilantiels)		DIPHENYL ETHERS
	INDICE "HALOGENES ADSORBABLES"		DITHIOCARBAMATES
	INDICE "HALOGENES TOTAUX"		FORMAMIDINES
	PARAMETRES LIES AUX TRAITEMENTS DE DESINFECTION		FURANES (PHYTOSANITAIRES)
	PARAMETRES QUANTITATIFS		HETEROCYCLES SOUFRES
	PHYCOTOXINES		IMIDAZOLES
	PIGMENTS VEGETAUX	FLAVONES	IMIDAZOLINONES
			INDANEDIONE
	STEROIDES	OESTRADIOLS	ISOXAZOLES
	SUBSTANCES PHARMACEUTIQUES		ISOXAZOLIDINES
			ISOXAZOLIDINONES
			MORPHOLINES
			NITROPHENOLS
			NITROPHENYL ETHER
			NITROSAMINES
			NON CLASSES (PHYTOS)
			N-PHENYLIMIDES
			ORGANOCHLORES (PHYTOSANITAIRES)
			ORGANOPHOSPHORES
			ORGANOSTANNEUX (PHYTOSANITAIRES)
			OXADIAZOLES
			PHENOXY NICOTINANILIDE
			PHENYLUREES
			PIPERIDINES
			PYRAZOLES
			PYRETHRINOIDES
			PYRIDAZINES - PYRIDAZINONES
			PYRIDINES
			PYRIMIDINES
			PYROLIDONES
			QUINAZOLINES
			QUINOXALINES
			STROBILURINES

		SULFAMIDES ET DERIVES SOUFRES
		SULFONES ET SULFONATES
		SULFONYLUREES
		THIOCARBAMATES
		TOLUIDINES
		TRIAZINES
		TRIAZINONES
		TRIAZOLES
		TRIAZOLOPYRIMIDINES
		TRICETONES
		URACILES
		UREES SUBSTITUEES

7.3. Tableau récapitulatif des indicateurs

Réseau de suivi quantitatif			
Piézomètres	Nombre de piézomètres	Illustration 1 : Évolution du nombre de piézomètres (valeur cumulée) suivis par année dans ADES de 1899 à 2006 (ensemble des qualitomètres de la base ADES)	
		Illustration 2 : Évolution du nombre de nouveaux piézomètres suivis par bassin et par année de 1899 à 2006 (ensemble des piézomètres de la base ADES)	
		Illustration 3 : Évolution du nombre de nouveaux piézomètres suivis par année dans les DOM-COM de 1970 à 2007 (ensemble des piézomètres de la base ADES)	
	Localisation géographique	Illustration 4 : Évolution de la localisation des piézomètres en France métropolitaine et dans les DOM-COM (ensemble des qualitomètres de la base ADES)	
	Répartition dans les réseaux	Illustration 5 : Répartition des piézomètres des réseaux de surveillance de l'état quantitatif DCE et RNES	
		Illustration 6 : Répartition du nombre de piézomètres par type de masse d'eau dans le réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE et répartition de la surface cumulée des masses d'eau souterraine par type (D'après Normand et Gravier-2005).	
Mesures piézométriques	Nombre de mesures	Illustration 7 : Évolution du nombre de mesures piézométriques disponibles (valeur cumulée) par année dans ADES de 1899 à 2006 (ensemble des piézomètres de la base ADES)	
		Illustration 8 : Évolution du nombre de mesures piézométriques réalisées par année par bassin de 1899 à 2006 (ensemble des piézomètres de la base ADES)	
		Illustration 9 : Évolution du nombre de mesures piézométriques réalisées par année dans les DOM-COM (ensemble des piézomètres de la base ADES)	
		Illustration 10 : Évolution du nombre de mesures piézométriques par année dans le réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE de 1899 à 2006	
	Nombre d'années de mesures	Illustration 11 : Répartition du nombre de points par nombre d'années de mesures piézométriques par bassin de 1899 à 2006 (ensemble des piézomètres de la base ADES).	
		Illustration 12 : Répartition du nombre de points par nombre d'années de chroniques piézométriques par DOM-COM de 1970 à 2007 (ensemble piézomètres de la base ADES).	
		Illustration 13 : Répartition par district du nombre d'année de mesures piézométriques disponibles par point pour le réseau de contrôle de surveillance de l'état quantitatif DCE et tableau de statistique	
		Illustration 14 : Répartition du nombre de masses d'eau par nombre d'années de mesures piézométriques disponibles (piézomètres du réseau de surveillance de l'état quantitatif DCE)	
	Producteurs de données	Illustration 15 : Évolution du nombre de producteurs et du nombre de mesures par type de producteurs par année de 1899 à 2006 (ensemble des piézomètres de la base ADES)	
		Illustration 16 : Producteurs de données piézométriques dans les DOM – COM (ensemble des piézomètres de la base ADES)	
Réseau de suivi qualitatif			
Qualitomètres	Nombre de qualitomètres	Illustration 17 : Évolution du nombre de qualitomètres (valeur cumulée) mesurés par année de 1942 à 2006 (ensemble des qualitomètres de la base ADES)	
		Illustration 18 : Évolution du nombre de nouveaux qualitomètres suivis par bassin par année de 1942 à 2006 (ensemble des qualitomètres de la base ADES)	
		Illustration 19 : Évolution du nombre de nouveaux qualitomètres suivis par année dans les DOM-COM de 1990 à 2007 (ensemble des qualitomètres de la base ADES)	
	Localisation géographique	Illustration 20 : Évolution de la localisation des qualitomètres en France métropolitaine et dans les DOM-COM (ensemble des qualitomètres de la base ADES)	
	Répartition dans les réseaux	Illustration 21 : Répartition des qualitomètres des réseaux de surveillance de l'état qualitatif du RCS et du RNES (RNES Qualité) et statistiques de répartition par bassin hydrographique.	

		Illustration 22 : Répartition des qualitomètres des réseaux de surveillance de l'état qualitatif du RCS et du RCO et statistiques de répartition par district DCE
		Illustration 23 : Répartition du nombre de qualitomètres par type de masse d'eau dans les réseaux de surveillance de l'état quantitatif DCE (RCS et RCO) et dans l'ensemble des réseaux de la base ADES
		Illustration 25 densités de surveillance et répartition du nombre de points du réseau de contrôle de surveillance (RCS) par type de masse d'eau et par bassin (unité pour la densité de points au km ² identique à la densité du cahier des charges national).
Analyses	Nombre d'analyses	Illustration 26 : Évolution du nombre d'analyses disponibles (valeur cumulée) par année de 1942 à 2006 (ensemble des qualitomètres de la base ADES)
		Illustration 27 : Évolution du nombre d'analyses réalisées par année de 1942 à 2006 par bassin (ensemble des qualitomètres de la base ADES)
	Nombre d'années d'analyses	Illustration 28 : Évolution du nombre d'analyses réalisées par année dans les DOM-COM (ensemble des qualitomètres de la base ADES)
		Illustration 28 : Répartition du nombre d'analyses par type de masse d'eau dans le réseau de contrôle de surveillance de l'état qualitatif (RCS)
		Illustration 29 : Répartition du nombre d'années d'analyses disponibles par qualitomètre (ensemble des qualitomètres de la base ADES)
		Illustration 30 : Répartition du nombre de points par nombre d'années d'analyses par bassin de 1942 à 2006 (ensemble des qualitomètres de la base ADES)
Illustration 31 : Répartition du nombre de points par nombre d'années d'analyses par DOM-COM de 1990 à 2007 (ensemble des qualitomètres de la base ADES)		
Fréquence de prélèvements	Illustration 32 : Nombre de prélèvements en 2006 pour l'ensemble des qualitomètres de la base ADES (exceptés les points du réseau DDASS (RNSISEAU)) et pour les points du RCS.	
Producteurs d'analyses		Illustration 33 : Évolution du nombre de producteurs et du nombre d'analyses par type de producteurs par année de 1942 à 2006 (ensemble des qualitomètres de la base ADES)
		Illustration 34 : Producteurs d'analyses dans les DOM-COM (ensemble des qualitomètres de la base ADES)
Paramètres d'analyses		Illustration 35 : Nombre moyen de paramètres analysés par bassin (ensemble des qualitomètres de la base ADES)
		Illustration 36 : Répartition du nombre moyen de paramètres analysés par point dans le réseau de contrôle de surveillance de l'état qualitatif (RCS) en 2006
		Illustration 37 : Variation du nombre d'analyses, du nombre de paramètres et du nombre de nouveaux paramètres créés dans ADES, par groupe de paramètres et par année de 1942 à 2006
		Illustration 38 : Évolution du nombre de paramètres analysés par groupe de paramètres par année de 1942 à 2006 par bassin (ensemble des qualitomètres de la base ADES)
		Illustration 39 : Évolution du nombre d'analyses par groupe de paramètres par année dans les DOM –COM (ensemble des qualitomètres de la base ADES)

Onema
Hall C – Le Nadar
5 square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

Brgm
3 avenue Claude Guillemin
45060 Orléans Cedex 2
02 38 64 34 34
www.brgm.fr