

Evaluation de l'impact socio-économique de la pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et les pesticides : une approche prospective

Rapport de synthèse

BRGM/RP -55304-FR
Aout 2006



Document public

Evaluation de l'impact socio-économique de la pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et les pesticides : une approche prospective

Rapport de synthèse

BRGM/RP-53172-FR

Aout 2006

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Recherche du BRGM - AGIRE 02EAUR02/9

Jean-Daniel Rinaudo
Philippe Elsass
Claire Arnal
Raymonde Blanchin



Mots clés : Alsace ; eaux souterraines ; économie ; géostatistique ; nitrates ; pesticides ; pollution diffuse agricole ; prospective.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : Rinaudo J-D, Elsass P., Arnal C., Blanchin, R. et Meilhac A. (2006) - Evaluation de l'impact socio-économique de la pollution de la nappe d'Alsace, une approche prospective. Rapport BRGM-RP-53172-FR. Orléans : BRGM.

© BRGM, 2006 ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le présent rapport est une synthèse des travaux de recherche réalisés par le BRGM pour le compte de la Région Alsace, dans le cadre d'une étude intitulée « **Evaluation de l'impact socio-économique de la pollution de la nappe d'Alsace une approche prospective** ». Cette étude, financée dans le cadre du Contrat de nappes d'Alsace et réalisée entre 2002 et 2006, a mobilisé un nombre important d'experts locaux et des scientifiques issus de diverses disciplines dont l'économie, la géologie, l'hydrogéologie et la statistique. Ce rapport présente une synthèse du travail de **prospective** réalisé, lequel est décrit plus en détail dans trois rapports thématiques portant sur (i) le coût de la pollution entre 1988 et 2002, (ii) le résultat d'une enquête auprès de l'industrie agroalimentaire et (iii) l'évolution des teneurs en nitrates dans la nappe d'Alsace.

Ce rapport de synthèse est organisé comme suit. Après une introduction, **le chapitre 2 présente l'approche générale** retenue pour évaluer l'impact économique de la dégradation de la qualité de la nappe d'Alsace d'une part, et les différentes étapes de la méthodologie opérationnelle développée et les outils mis en œuvre d'autre part. Le lecteur pressé pourra commencer sa lecture par **le troisième chapitre qui présente les enjeux socio-économiques de la protection de la nappe d'Alsace** pour lutter contre les pollutions diffuses par les nitrates et les pesticides. Il y trouvera une description fine et chiffrée des différents usages de l'eau, basée sur l'utilisation de données statistiques de l'INSEE, ainsi qu'une description de la perception sociale de ce patrimoine naturel que représente la nappe. Cette analyse de la perception sociale s'appuie sur l'analyse d'articles parus dans la presse locale entre 1996 et 2002, le résultat d'une enquête réalisée par l'Université Louis Pasteur en 1995, et différentes expertises réalisées pour le compte de la Région Alsace par des consultants en communication ainsi qu'une consultation de collectivités locales réalisée dans le cadre de cette étude.

Le quatrième chapitre présente une estimation du coût passé de la pollution par les nitrates et pesticides au cours de la période 1988 – 2002 (15 années). A partir d'un travail d'archives, de consultation de bases de données et d'enquêtes auprès des collectivités, il apparaît que près d'un tiers des collectivités produisant de l'eau potable à partir de la nappe d'Alsace ont été concernées par ce type de pollution. Ces collectivités alimentent 177 communes et desservent en eau plus de 432 000 habitants. Les investissements qui ont dû être réalisés en réponse à ces pollutions ont été estimés à **26 millions d'euros**, plus des trois quarts étant attribués au problème des nitrates. Le coût de ces investissements a été répercuté sur le prix de l'eau (hausse de 20 centimes d'euros en moyenne pour les collectivités concernées), ce qui a conduit à une augmentation de la facture d'eau de 30 € par an environ pour un ménage de quatre personnes. A noter que l'augmentation de la facture d'eau aurait été comprise entre 60 et 100 € par an et par ménage si les collectivités n'avaient pas bénéficié de subventions importantes de la part de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et des Conseils généraux. La pollution a aussi contribué à accentuer la crise de confiance des consommateurs vis à vis de la qualité de l'eau du robinet, d'où une augmentation

importante des dépenses d'achat d'eau en bouteilles et des achats de dispositifs de traitement à domicile, dont le coût imputable à la pollution par les nitrates et les pesticides est évalué à **165 millions** d'euros sur 15 ans. Le **secteur industriel** a probablement été lourdement pénalisé par la progression des teneurs en nitrates et pesticides, comme en témoigne l'exemple de l'une des principales brasseries alsaciennes, pour laquelle la hausse des teneurs en nitrates a généré plus de **10 millions** d'euros de dépenses en 15 ans. L'enquête réalisée auprès d'une trentaine d'entreprises montre aussi que la présence de traces de pesticides dans les eaux souterraines et l'eau potable représente une source de préoccupation majeure pour les industriels du secteur alimentaire. Enfin, la dégradation de la nappe phréatique d'Alsace représente une perte de valeur du **patrimoine naturel** de la population alsacienne. Bien qu'il soit difficile de la chiffrer en termes monétaires, cette perte de valeur a été évaluée entre 16 et 24 millions d'Euros par an soit de **180 à 270 millions** d'euros sur 15 ans¹.

Le cinquième chapitre présente une analyse de l'évolution des teneurs en nitrates à partir des données issues des trois inventaires régionaux de 1991, 1997 et 2003. Le calcul, basé sur des méthodes géostatistiques, de la différence des concentrations entre deux inventaires successifs a permis d'élaborer des cartes montrant la répartition spatiale des écarts de concentrations mesurés aux différentes dates. Ces cartes mettent en évidence les surfaces concernées par des augmentations ou des diminutions de concentrations. L'analyse montre globalement que, après une période de croissance soutenue des teneurs en nitrates entre 1991 et 1997, la tendance semble s'inverser entre 1997 et 2003. Les résultats acquis sur la base de l'analyse des évolutions passées sont ensuite utilisés pour élaborer des scénarios d'évolution future et réaliser des projections à l'horizon 2015. Les projections pour l'année 2015 aboutissent à une fourchette de valeurs situées entre une stagnation par rapport à 2003 et une poursuite de l'amélioration amenant à une situation relativement satisfaisante, même si les toutes les zones présentant des concentrations supérieures à 50 mg/L ne disparaissent pas totalement. Ces projections n'ont pas de valeur prédictive, mais sont réalisées en vue d'alimenter la réflexion prospective des acteurs. Elles pourraient également être valorisées dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur l'Eau, qui prévoit de construire des scénarios tendanciels à l'horizon 2015.

Enfin, le sixième et dernier chapitre tente d'élaborer des scénarios d'évolution des concentrations en pesticides, en s'appuyant à la fois sur les données issues des inventaires régionaux de 1997 et 2003 et sur une analyse de données fournies par la LfU du Bade-Wurtemberg (aujourd'hui LUBW). Une analyse de la tendance d'évolution entre 1997 et 2003 en Alsace montre une forte diminution du nombre de points où la présence de simazine et de diuron a pu être quantifiée (de l'ordre de 30%). De même, le nombre de points où les seuils de potabilité sont dépassés baisse considérablement. On note en revanche une augmentation significative du nombre de points où l'alachlore a été détecté, les concentrations mesurées dépassant dans 4 cas le seuil de potabilité. Une analyse des résultats de mesures réalisées au Bade Wurtemberg permet de

¹ Somme actualisée sur 15 ans du coût (16 ou 24 millions selon hypothèse) avec un un taux de 3%.

quantifier plus précisément une fonction de décroissance des teneurs en atrazine et de son principal métabolite après l'interdiction de cette substance. Elle confirme également l'émergence de nouvelles molécules utilisées en substitution à l'atrazine. Les évolutions constatées sur la période 1997 – 2003 sont ensuite projetées pour construire deux scénarios (optimiste et pessimiste) de teneurs en pesticides à l'horizon 2015. La carte des captages d'eau potable est ensuite superposée à ces cartes de risque de contamination des eaux souterraines à l'horizon 2015 afin d'identifier les collectivités dont la ressource en eau est susceptible d'être affectée. Selon les hypothèses, il est estimé que les seuils de potabilité (0,1 µg/L par substance ou 0,5 µg/L pour la somme des substances) risqueraient d'être dépassés dans 27 à 33 captages, alimentant en eau 17 à 21 collectivités (communes ou syndicats intercommunaux). En outre, de 36 à 68 captages supplémentaires (selon le scénario) se trouvent dans des zones de la nappe où il est estimé que la présence de phytosanitaires sera supérieure à 0,05 µg/L en 2015. Le risque de dépassement ponctuel de la norme de potabilité est probable dans ces zones, ce qui pourrait obliger les collectivités concernées à demander une dérogation à la DDASS pour poursuivre la distribution d'eau et générer des contraintes techniques et économiques pour certaines entreprises, notamment dans le secteur agroalimentaire. En tout, ce sont donc entre 63 et 100 captages qui sont à divers degrés concernés par un risque de contamination durable ou occasionnel par les pesticides, soit près de la moitié des forages utilisés pour la production d'eau potable à partir de la nappe phréatique d'Alsace. Le coût des mesures que les collectivités devraient mettre en place pour faire face à cette situation est estimé à une fourchette entre 600.000 et 1 million d'euros par an.

En conclusion, les auteurs insistent sur le fait que les résultats de cette étude sont à considérer **non comme des prévisions** mais comme le résultat d'une réflexion prospective visant à construire **une représentation la plus plausible possible du futur**. De nombreuses hypothèses, parfois héroïques, ont du être réalisées afin de conduire cet exercice à son terme, en dépit des incertitudes et des données manquantes.

Sommaire

1. INTRODUCTION	10
2. METHODOLOGIE.....	12
2.1. CADRE CONCEPTUEL GENERAL.....	12
2.2. ETAT DE L'ART	14
2.2.1. Méthodes d'évaluation économique des dommages environnementaux	14
2.2.2. Etudes existantes en Alsace.....	15
2.3. PRINCIPALES ETAPES DU TRAVAIL	16
3. IDENTIFICATION DES ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES DE LA POLLUTION DE LA NAPPE D'ALSACE	18
3.1. ETAT DES LIEUX DE LA POLLUTION PAR LES NITRATES ET LES PESTICIDES	18
3.2. LES ENJEUX ECONOMIQUES DE LA POLLUTION DIFFUSE	19
3.2.1. L'enjeu eau potable.....	19
3.2.2. L'enjeu industriel.....	21
3.2.3. Le cas de l'industrie agroalimentaire	23
3.3. PERCEPTION SOCIALE DE LA POLLUTION PAR LES NITRATES ET PESTICIDES	26
3.3.1. Perception et couverture de la problématique par la presse locale.....	26
3.3.2. Perception de la problématique nitrates et pesticides par les gestionnaires de services d'eau potable.....	28
3.3.3. Un sujet de conflit émergent	29
3.4. ENJEU ENVIRONMENTAL.....	30
4. COUT DE LA POLLUTION PAR LES NITRATES ET PESTICIDES SUR LA PERIODE 1988-2003	31
4.1. COUT DE LA POLLUTION POUR LES COLLECTIVITES DU SECTEUR EAU POTABLE.....	31
4.1.1. Méthode de travail et sources d'information	31
4.1.2. Les différentes configurations rencontrées	33
4.1.3. Importance du problème et population concernée.....	36
4.1.4. Les investissements réalisés	38
4.2. COUT SUPPORTES PAR LES MENAGES	40
4.2.1. Augmentation de la facture d'eau	41
4.2.2. Coût des achats d'eau en bouteille	41
4.3. LE COUT POUR L'INDUSTRIE AGRO-ALIMENTAIRE	43
4.3.1. Objectif et déroulement de l'enquête	43
4.3.2. Cas des entreprises disposant de leur propre ressource en eau	44
4.3.3. Cas des entreprises utilisant l'eau du réseau collectif.....	45
4.3.4. Principaux enseignements.....	46
4.4. LE COUT POUR LES GENERATIONS FUTURES.....	47
4.5. RESUME ET CONCLUSION	47
4.5.1. Bilan des coûts générés par la pollution par les nitrates et les pesticides entre 1988 et 2002	47
4.5.2. Mise en perspective des résultats.....	48
5. CARACTERISATION ET SCENARIOS D'EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN NITRATES	50
5.1. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES	50

5.2.	CARTOGRAPHIE NUMERIQUE.....	51
5.3.	ANALYSE DES INCERTITUDES.....	54
5.4.	SCENARIOS D'EVOLUTION DES TENEURS EN NITRATES.....	55
5.4.1.	<i>Eléments de méthode</i>	55
5.4.2.	<i>Résultats</i>	56
5.5.	RESUME ET CONCLUSION.....	59
6.	SCENARIOS D'EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN PESTICIDES.....	61
6.1.	HYPOTHESES D'EVOLUTION DES TENEURS EN PRODUITS PHYTOSANITAIRES.....	61
6.1.1.	<i>Methodologie mise en œuvre</i>	61
6.1.2.	<i>Evolutions observées entre 1997 et 2003 en Alsace</i>	62
6.1.3.	<i>Evolutions observées entre 1991 et 2003 dans la partie badoise de la nappe phréatique</i>	64
6.1.4.	<i>Définition d'hypothèses d'évolution future</i>	66
6.2.	SCENARIOS D'EVOLUTION A L'HORIZON 2015.....	67
6.2.1.	<i>Projection de l'évolution des concentrations à l'horizon 2015</i>	67
6.2.2.	<i>Extrapolation cartographique à 2015</i>	70
6.3.	IMPACT ECONOMIQUE DES SCENARIOS D'EVOLUTION.....	72
6.3.1.	<i>Eléments de méthode</i>	72
6.3.2.	<i>Nombre de collectivités concernées</i>	73
6.3.3.	<i>Coût des mesures rendues nécessaires par l'évolution de la qualité de l'eau</i>	77
7.	CONCLUSIONS.....	79
8.	REFERENCES.....	83

Liste des figures

Figure 1 : Répartition de l'emploi dans le secteur agroalimentaire en Alsace par type d'activité. Source : d'après données Insee (fichier Sirene).....	24
Figure 2 : Montant des dépenses réalisées suite à une pollution diffuse par les collectivités en fonction de leur taille (nombre d'habitants desservis).....	40
Figure 3 : Restitutions numériques par krigeage des cartes des inventaires 1991, 1997 et 2003. Données issues de l'inventaire régional 2003 de la qualité de l'eau de la nappe d'Alsace (Région Alsace). Réalisation des cartes BRGM sous maîtrise d'ouvrage Région Alsace.....	52
Figure 4 : Cartes des écarts entre teneurs krigées (différentiel 1997-1991 et 2003 - 1997).....	53
Figure 5 : Projections à 2015 de la tendance 1997-2003.....	56
Figure 6 : Projections à 2015 de la tendance 1991-2003.....	57
Figure 7 : Evolution des concentrations en l'atrazine et déséthylatrazine au Bade-Wurtemberg entre 1991 et 2004 sur des ouvrages sélectionnés au Pays de Bade (données LfU Baden Württemberg).....	64
Figure 8 : Evolution des concentrations moyenne en triazines dans 16 points de suivi de la qualité au Pays de Bade.....	65
Figure 9 : Historiques d'évolution du bentazone au Bade-Wurtemberg pour des ouvrages sélectionnés (données LfU).....	66
Figure 10: Evolution du risque de contamination des eaux souterraines par les produits phytosanitaires. Situation 2003 (A). Extrapolation 2015 "optimiste" (B). Extrapolation "pessimiste" (C). Ecart entre 2003 et 2015 (D).....	71
Figure 11 : Superposition des captages au cartes de risque de contamination par les phytosanitaires de la nappe d'Alsace (scénario pessimiste).....	72
Figure 12 : Superposition de la carte des captages d'eau, des unités de gestion et de distribution d'eau potable et du risque estimé de contamination des eaux souterraines par les pesticides en 2015 (scénario "optimiste").....	75
Figure 13 : Superposition de la carte des captages d'eau, des unités de gestion et de distribution d'eau potable et du risque estimé de contamination des eaux souterraines par les pesticides en 2015 (scénario "pessimiste").....	76

Liste des tableaux

Tableau 1 : Thèmes relatifs à l'eau, traités par un quotidien régional de septembre 1996 à décembre 2001.....	27
Tableau 2 : Nombre d'unités de distribution d'eau potable ayant dû mettre en œuvre des mesures spécifiques en réponse à une pollution par des nitrates et/ou des pesticides.....	36
Tableau 3 : Type de solution adoptée par les collectivités en réponse à la pollution subie.....	37
Tableau 4 : Montant des dépenses réalisées par les opérateurs du secteur eau potable en réponse à la pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et/ou les pesticides (période 1988 – 2002 ; en euros constants 2001).....	39
Tableau 5 : Evolution des teneurs et des surfaces en fonction des plages de concentrations.....	54
Tableau 6 : Différences moyennes entre les inventaires par classe de teneur.....	58
Tableau 7 : Résultats globaux des projections.....	59
Tableau 8 : Evolution des teneurs en produits phytosanitaires entre 1997 et 2003 dans la nappe phréatique d'Alsace (données inventaires régionaux, Région Alsace).....	63
Tableau 9 : Tableau d'extrapolation des concentrations en phytosanitaires à 2015.....	68
Tableau 10 : Evolution du nombre de points de l'inventaire où le seuil de potabilité est dépassé.....	69
Tableau 11 : Evolution du pourcentage de points de l'inventaire où le seuil de potabilité est dépassé.....	69
Tableau 12 : Impact économique des deux scénarios de dégradation de la qualité de l'eau étudiés.....	78

Remerciements

Nous souhaitons remercier les experts de différentes institutions qui ont contribué à la réalisation de ce travail en mettant à notre disposition leur expertise, des données ou nous permettant d'accéder à leurs archives : Mlle Barnier et Nicolaï, MM. Blanc, Bourmaud, Febrey, Gras, Mailleux, Ramon et Ricour de l'Agence de l'eau Rhin Meuse ; Mme Mellac-Beck, MM. Paugam et Kraft du Conseil général du Bas Rhin ; MM. Bretecher et Baldeck du Conseil général du Haut Rhin ; Mme Gerdole, MM. Wiederkehr et Guillard de la DDASS du Bas-Rhin ; Mme Bonneval de la DDASS du Haut-Rhin ; MM. Anselme, Butz et Malfroy du SDEA. Nous remercions également les industriels et membres des équipes municipales que nous avons rencontrés et qui ont bien voulu nous accorder un peu de leur temps pour nous faire partager leur expérience. Enfin, nous remercions tout particulièrement Mme Lucienne Gartner de la Région Alsace qui a assuré le pilotage de cette étude et fortement contribué à l'avancement de la réflexion au cours des différentes étapes du travail.

1. Introduction

Depuis les années 1980, la hausse continue des teneurs en nitrates mesurées dans les eaux de surface et les eaux souterraines a alimenté un débat politique d'intensité croissante sur la gestion des pollutions diffuses d'origine agricole. En France, comme dans la plupart des autres pays du Nord de l'Europe (Allemagne, Belgique, Danemark, Pays-Bas) la prise de conscience de l'importance du problème a conduit à la promulgation de la Directive nitrates en 1991 (91/676/EEC) et à la mise en œuvre de programmes de mesures visant à réduire la pollution diffuse d'origine agricole dans les années qui ont suivi. Dix ans après l'entrée en vigueur de cette directive, une évaluation réalisée par la Commission Européenne montre que ces mesures n'ont pas été suffisantes pour inverser la tendance et maintenir la concentration en nitrates en dessous des 50 mg/L dans la plupart des zones vulnérables (European Commission, 2002).

En France, la préoccupation des acteurs de l'eau vis-à-vis des pollutions diffuses d'origine agricole a été renforcée par la prise de conscience, au cours des dix dernières années, de la présence quasi systématique de pesticides dans les eaux souterraines. L'étude de l'IFEN (Blum, 2004) montre ainsi que la présence de pesticides a été détectée sur 60% des points suivis au niveau national, et que les concentrations dépassent les normes de potabilité dans 41% des cas. La déséthylatrazine et l'atrazine sont les principales molécules détectées (présentes sur respectivement 48% et 40% des points suivis) mais au total 123 molécules (sur 373 recherchées) ont été détectées. Ce constat est d'autant plus préoccupant que les risques liés à l'absorption de pesticides (effets cancérigènes, baisse de la fertilité) sont jugés importants par les scientifiques (Guerin *et al.*, 2003 – cité dans Blum, 2004).

La publication de la Directive cadre sur l'eau (2000/60/EC), qui impose aux Etats Membres de maintenir ou restaurer le « bon état » des masses d'eau pour 2015 remet le sujet sur l'agenda politique à l'échelle nationale et régionale. En effet, à la différence de la directive nitrates qui imposait une obligation de moyens (définir des zones vulnérables, mettre en place un code de bonne pratique, limiter la fertilisation azotée, etc.), la Directive cadre impose une obligation de résultats. Pour atteindre l'objectif de 50 mg/L pour les nitrates et 0,5 µg/L pour les pesticides (ou 0,1 µg/L par substance individuelle) dans les eaux de surface et souterraines, la plupart des Etats Membres devront intensifier de manière très significative leur effort de protection des ressources en eau et de réduction des pollutions d'origine agricole. Le coût élevé des mesures à mettre en place relance le débat qui se focalise de plus en plus sur la dimension économique de la problématique environnementale, à savoir l'évaluation des coûts et des bénéfices des mesures de protection.

Si les acteurs du monde agricole sont souvent capables de produire des estimations de la perte de revenu qu'engendrerait la mise en place de différents scénarios de protection des ressources en eau, il existe en contrepartie relativement peu d'études permettant d'évaluer les dommages qui pourraient être évités par la mise en place de telles mesures. Il existe, de ce fait, un risque que les mesures de protection ou de restauration de la qualité des ressources en eau soient perçues comme « disproportionnellement coûteuses ». Ceci pourrait inciter certains acteurs à demander à ce que des dérogations d'objectifs soient justifiées sur la base d'un argumentaire économique, comme le prévoit l'article 4 de la Directive Cadre sur l'Eau. La crainte d'un recours trop fréquent aux dérogations génère donc une demande nouvelle d'évaluation économique des dommages qui pourraient être évités par la mise en place d'une politique de protection et de restauration des ressources en eau.

C'est dans ce contexte général que la Région Alsace a confié au BRGM la réalisation d'une étude visant à évaluer l'impact économique et social de la pollution diffuse de la nappe

d'Alsace par les nitrates et les pesticides². Cet aquifère est en effet particulièrement affecté par la présence de nitrates et pesticides d'origine agricole, urbaine et industrielle. Ainsi, les teneurs en nitrates observées sont en hausse constante depuis le début des années 1970. Les concentrations en nitrates étaient inférieures au seuil de potabilité sur la quasi totalité de la nappe en 1973, ce seuil était dépassé sur une surface proche de 8% de la nappe en 1997 et 2003 (inventaire transfrontalier 1997, Région Alsace 2000 ; inventaire transfrontalier 2003, Région Alsace 2004). Les pesticides (en particulier les herbicides), recherchés depuis le début des années 1990, sont également présents à des concentrations dépassant les normes de potabilité et représentent une importante menace pour cet aquifère. Cette dégradation durable est à l'origine de dommages économiques significatifs pour les usagers de la nappe, en particulier dans les secteurs eau potable et industriel. Cependant, bien que l'existence de tels dommages soit reconnue par la plupart des acteurs³, ceux-ci n'ont pas été évalués en terme monétaire. L'objectif de la présente étude est de réaliser une évaluation de ces dommages afin d'apporter de nouveaux éléments d'information dans le débat public.

Ce rapport de synthèse est organisé comme suit : le chapitre suivant (chapitre 2) présente l'approche générale retenue pour évaluer l'impact économique de la dégradation de la qualité de la nappe d'Alsace d'une part, et les différentes étapes de la méthodologie opérationnelle développée et les outils mis en œuvre d'autre part. Le lecteur pressé pourra commencer sa lecture par le troisième chapitre qui présente les enjeux socio-économiques de la protection de la nappe d'Alsace pour lutter contre les pollutions diffuses par les nitrates et les pesticides. Il y trouvera une description fine et chiffrée des différents usages de l'eau, basée sur l'utilisation de données statistiques de l'INSEE, ainsi qu'une description de la perception sociale de ce patrimoine naturel que représente la nappe. Cette analyse de la perception sociale s'appuie sur l'analyse d'articles parus dans la presse locale entre 1996 et 2002, sur les résultats d'une enquête réalisée par l'Université Louis Pasteur en 1995, et sur différentes expertises réalisées pour le compte de la Région Alsace par des consultants en communication ainsi qu'une consultation de collectivités locales réalisée dans le cadre de cette étude. Le quatrième chapitre présente une estimation du coût passé de la pollution par les nitrates et pesticides au cours de la période 1988 – 2002 (15 années). Enfin, les cinquième et sixième chapitres présentent des scénarios d'évolution de la qualité de la nappe d'Alsace (nitrates et pesticides) et les implications économiques de ces scénarios.

² Le BRGM a financé, dans le cadre de ses activités propres de recherche, le développement de la méthodologie à mettre en œuvre. La Région Alsace a de son côté financé, avec le soutien de l'Agence de l'eau Rhin Meuse, le test de cette méthodologie à travers son application à la nappe phréatique d'Alsace.

³ On peut ainsi lire dans le préambule du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux III Nappe Rhin que l'eau « a acquis une valeur économique et peut devenir un facteur limitant le développement des activités, en raison d'une pénurie saisonnière ou chronique ou d'une altération de sa qualité » (Commission Locale de l'Eau, 2003).

2. Méthodologie

2.1. CADRE CONCEPTUEL GENERAL

La dégradation de la qualité de l'eau souterraine en Alsace génère des coûts de natures très différentes. Nous tentons ici d'en réaliser une typologie afin de bien définir ceux qui font l'objet d'une évaluation monétaire dans cette étude qui vise, rappelons-le, à évaluer l'impact socio-économique de la pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et produits phytosanitaires.

Pour définir ce que nous entendons par « impact socio-économique de la pollution », nous nous sommes appuyés sur le modèle conceptuel Moteurs-Pression-Etat-Impact-Réponse (DPSIR en anglais, pour Driver-Pressure-State-Impact-Response), conformément aux recommandations formulées dans le dernier rapport d'évaluation du Contrat de nappes d'Alsace. Le modèle Moteurs-Pression-Impact-Etat-Réponse conduit à représenter la problématique de la pollution de la nappe la manière suivante :

- Les activités socio-économiques à l'origine de la pollution diffuse par les nitrates et les pesticides sont considérés comme les **moteurs** du système étudié, c'est-à-dire ceux sur lesquels il est possible d'agir pour contrôler la situation ; il s'agit ici de l'agriculture (cultures et élevage), des particuliers (rejets de nitrates par les particuliers ne bénéficiant pas d'un système d'assainissement, utilisation de pesticides dans les jardins), des collectivités (rejets d'effluents urbains par les stations d'épuration et utilisation d'herbicides en zone urbaine) et des gestionnaires d'infrastructures de transport utilisant des désherbants (SNCF, DDE, etc.).
- Ces activités génèrent des **pressions** qui correspondent à des émissions, mesurables en kilogrammes d'azote lessivés par hectare par exemple ou en kilogramme d'azote relâché dans les cours d'eau. Ces pressions conduisent à une dégradation de **l'état** des eaux souterraines, cet état pouvant être mesuré par des indicateurs comme la concentration moyenne en nitrates ou pesticides, la surface totale où l'eau des couches superficielles de la nappe n'est pas conforme aux normes de potabilité, etc.
- La dégradation de l'état des eaux souterraines induit des **impacts** négatifs sur les acteurs économiques (surcoûts), le tissu social (augmentation des conflits sociaux, perte de confiance de la population dans l'eau du robinet et la capacité de l'Etat à protéger la santé publique, etc.) ou l'environnement (perte de biodiversité, effets mutagènes ou perturbateurs endocriniens de certaines substances sur la faune, eutrophisation des cours d'eau, etc.).
- Pour faire face à ces impacts, les acteurs (publics et privés) mettent en place des actions correctives (**réponses**) qui visent à réduire les pressions en influençant le fonctionnement des activités à l'origine de la pollution. Il s'agit par exemple : des investissements réalisés pour améliorer le rendement des stations d'épuration; des opérations de conseil et sensibilisation visant à modifier les pratiques agricoles (opérations Fertimieux et Phytomieux) ou urbaines, de la politique de subvention mise en place par la Région pour maintenir les terres en prairies ; etc.

L'utilisation de ce cadre conceptuel permet de mettre en évidence trois grandes catégories de coûts :

- La première catégorie de coûts correspond aux ressources investies dans des opérations de connaissance des *pressions* et de *l'état*. Il s'agit en particulier (i) des projets visant à acquérir, organiser et structurer des données sur la qualité de la nappe dont les inventaires transfrontaliers notamment ; (ii) des projets et études liés à la modélisation de l'écoulement de la nappe et de l'évolution des pollutions ; (iii) des études visant à établir l'origine de pollutions, etc. Ces coûts sont imputables à différents types de pollutions et d'activités économiques ; ils ne seront pas estimés dans cette étude.⁴
- La deuxième catégorie de coûts correspond aux dommages décrits sous le terme d'*impacts* (page précédente). Il s'agit de dommages subis par les usagers de la nappe phréatique et en particulier : (i) des surcoûts de fonctionnement pour les gestionnaires d'eau potable (coût de déplacement de captages, d'interconnexion et mise en place de dilution, de traitement) ; (ii) des surcoûts pour l'industrie (coût de traitement, etc.) ; (iii) des coûts pour la population (achat d'eau en bouteille) ; (iv) des coûts sociaux liés à l'augmentation du nombre et de l'intensité des conflits ; et (v) des coûts environnementaux (dégradation des écosystèmes dépendant de la nappe d'Alsace).
- Enfin, la troisième catégorie correspond aux ressources investies dans des actions visant à réduire la pollution (et ses impacts), décrites sous le terme *réponses* (page ci-dessus). Il s'agit en particulier : (i) du coût des programmes de sensibilisation et d'information mis en place à l'échelle de la nappe (opérations Fertimieux, Phytomieux) ; (ii) du coût lié à la mise en œuvre de mesures agro-environnementales (coût partagé entre l'Etat qui subventionne ces pratiques et les agriculteurs qui subissent éventuellement une diminution de revenu du fait des contraintes imposées) ; (iii) du coût des programmes de maintien des prairies (programmes subventionnés) ; (iv) ou encore du coût d'amélioration des réseaux d'assainissement (taux de collecte des réseaux, taux de rendement des stations d'épuration, etc.).

Les deux dernières catégories de coûts ne sont pas sommables, car de natures très différentes. Ils sont d'ailleurs interdépendants, puisque toute augmentation du montant des ressources investies dans les actions visant à réduire la pollution (catégorie 3 ci-dessus) conduit théoriquement à une diminution des dommages générés par cette pollution (catégorie 2 ci-dessus).

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons uniquement à la seconde catégorie de coût. L'objectif de l'étude est d'évaluer le coût des dommages liés à une dégradation de la nappe, que cette dégradation ait été observée dans le passé (période 1988-2003 retenue dans l'étude) ou qu'elle soit anticipée (horizon 2015 dans l'étude).

⁴ Il est par exemple très difficile d'évaluer quelle est la part du coût des inventaires transfrontaliers de la qualité de la nappe phréatique qui peut être imputée aux nitrates et pesticides. En effet, ces inventaires seraient probablement réalisés même en absence de pollution significative de ce type, afin de s'assurer de leur absence. Une telle surveillance est d'ailleurs rendue obligatoire par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau.

2.2. ETAT DE L'ART

2.2.1. Méthodes d'évaluation économique des dommages environnementaux

La pollution des eaux souterraines génère différents types d'impacts et de dommages économiques, dont l'importance peut varier selon l'environnement naturel, socio-économique, réglementaire, etc. Schématiquement, on distingue cinq types de dommages : (i) les dommages sur la santé des populations, liés à la consommation d'eau présentant des teneurs élevées en substances toxiques ; (ii) les dépenses d'évitement engagées par les victimes de la pollution pour ne pas en subir les effets ; (iii) les dommages écologiques qui peuvent survenir lorsque la pollution des eaux souterraines entraîne la dégradation d'écosystèmes dépendant de la qualité des eaux souterraines (zones humides ou rivières réalimentées par les nappes) ; (iv) les dommages liés à la perte de confiance des consommateurs et au développement d'un sentiment de crainte et d'anxiété de la population ; et (v) la perte de valeur patrimoniale de la nappe considérée par la population comme un élément de patrimoine commun à transmettre aux générations futures. Plusieurs méthodologies ont été développées et appliquées pour évaluer ces différents types de dommages, elles sont rapidement présentées dans les paragraphes suivants.

La méthode des **coûts de santé** consiste à évaluer les dépenses de santé générées par l'exposition de la population à un niveau élevé de substances toxiques. On comptabilise ainsi le coût des dépenses médicales et la perte de salaire des individus devant cesser leur activité professionnelle. Cette méthode s'avère pertinente lorsque les dommages sur la santé représentent l'essentiel du dommage, par exemple en Inde et au Bangladesh où la contamination des eaux souterraines par l'arsenic ou le fluor a eu un impact sur la santé de centaines de milliers de personnes. En revanche, la méthode n'est pas pertinente pour le cas des pollutions diffuses d'origine agricole, où les niveaux d'expositions restent relativement faibles et où des études épidémiologiques ne mettent pas en évidence d'impact à grande échelle sur la santé des populations.

La méthode des **coûts d'évitement** consiste à évaluer le montant des dépenses consenties par les victimes de la pollution pour éviter d'en subir les effets. Il s'agit par exemple des dépenses liées à l'installation de systèmes de purification de l'eau par les industriels ou les ménages, ou encore du coût de l'achat d'eau en bouteille (eau de source ou eau minérale) par les ménages n'ayant plus confiance dans l'eau du robinet. Cette approche est pertinente si les victimes de la pollution ont la possibilité technique et économique de se protéger de ses effets. De nombreuses applications de cette méthode ont été réalisées dans les pays développés comme dans les pays en développement, et pour des problématiques de pollution très diverses (pour une synthèse, voir Abdalla, 1994). Cette méthode semble pertinente dans le cas alsacien, vu l'importance de la population déclarant dans divers sondages consommer de l'eau par crainte que celle-ci soit contaminée par les nitrates ou les pesticides.

La méthode des **coûts de remplacement** consiste à évaluer le coût de remplacement de la ressource naturelle dégradée par une ressource ou une infrastructure susceptible de rendre des services équivalents à la société. Cette approche a été largement appliquée pour évaluer la valeur économique des zones humides : les zones humides remplissant diverses fonctions naturelles comme l'épuration des rivières, l'écrêtage des crues, la recharge des nappes etc., on considère que leur suppression rend nécessaire la création d'infrastructures artificielles, comme des stations d'épuration, des barrages écrêteurs de crues ou des champs de recharge artificielle des nappes. La valeur de la zone humide est considérée comme égale au coût des infrastructures artificielles à créer pour produire les services

qu'elle rendait naturellement. Cette méthode peut être appliquée aux eaux souterraines, comme nous le montrerons ci-dessous à travers l'étude de Gaumand (1984).

La méthode des **coûts de restauration** consiste à évaluer le coût des mesures à mettre en œuvre pour restaurer un bien environnemental dégradé. Dans le cas des eaux souterraines, cette approche revient à considérer que le dommage est égal au coût de dépollution des aquifères pollués. Si cette approche peut éventuellement être pertinente à l'échelle d'un site pollué (local), elle ne l'est pas à l'échelle d'une masse d'eau de la taille de la nappe d'Alsace, car la restauration d'une telle masse d'eau, si elle s'avère techniquement faisable, est une opération de longue durée.

Enfin, la méthode **d'évaluation contingente** consiste en la réalisation d'une enquête auprès d'un échantillon représentatif de la population dont on cherche à estimer le consentement à payer pour la préservation de l'eau souterraine. Le consentement à payer déclaré par les personnes interrogées est ensuite extrapolé à l'ensemble de la population concernée pour obtenir une estimation quantifiée de la valeur économique totale de la nappe. La valeur ainsi estimée correspond à la fois à une valeur d'usage de la nappe (celle que les personnes interrogées lui attribuent pour les usages directs dans le domaine agricole, industriel et eau potable) et une valeur de non usage (celle que les personnes interrogées lui attribuent en tant que patrimoine naturel pouvant être utilisé dans l'avenir et devant être légué intact aux générations futures). Cette méthode a été très largement utilisée aux Etats-Unis, et dans une moindre mesure en Europe, au cours de la dernière décennie (pour une synthèse, voir Stenger and Willinger, 1998; Görlach and Interviews, 2003).

2.2.2. Etudes existantes en Alsace

Plusieurs études ont été réalisées entre 1984 et 1994 en vue de quantifier la valeur économique de la nappe d'Alsace. Elles adoptent des approches et méthodes de complexité variable et reposent sur des fondements théoriques différents. Nous présentons ci-dessous deux de ces études afin d'illustrer la diversité des méthodes mises en œuvre.

La première, réalisée par Claude Gaumand de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse en 1984, s'inspire de la méthode du coût de remplacement. Gaumand définit la valeur de la nappe comme une rente de situation, il en estime la valeur en calculant les coûts qu'induirait l'absence de cette nappe. La valeur de cette rente est estimée en supposant que si la nappe n'était pas accessible ou totalement dégradée, les usagers devraient avoir recours à l'eau de surface, plus coûteuse car devant être transportée sur de plus grandes distances et traitée (selon les exigences des usages). Pour chaque secteur d'activité, le montant de cette **rente de situation** est calculé comme le produit des volumes consommés par la différence entre le coût de mobilisation d'eau de la nappe et celui de l'eau de surface. La rente est ainsi évaluée à 14,8 M€ par an pour les services d'eau potable (97 MFF en 1984), 23,8 M€ par an pour le secteur industriel (156 MFF en 1984) et 2,3 M€ pour l'agriculture, soit une valeur totale de 41 M€ par an (270 MF), sans compter les avantages économiques liés aux usages thermiques (géothermie). Gaumand souligne le fait que les dépenses réalisées chaque année pour mieux connaître la nappe et la protéger ne représentent (en 1984) que 4% de la richesse qu'elle procure.

La deuxième étude, réalisée par plusieurs chercheurs de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg entre 1993 et 1995, repose sur l'utilisation de la méthode d'évaluation contingente décrite ci-dessus (Rozan, Stenger, Willinger 1995 ; Stenger and Willinger, 1998). Cette étude, réalisée par l'Université de Strasbourg, s'appuie sur une enquête réalisée auprès de 976 ménages répartis dans 10 communes. Elle conduit à une estimation du consentement à payer égal à 93 €/ménage et par an (en 1995) pour les usagers (habitants recevant de l'eau du robinet en provenance de la nappe) et de 52 €/ménage et par an pour les non usagers (habitants recevant de l'eau du robinet en provenance des Vosges). En

extrapolant ces valeurs à l'ensemble de la population alsacienne utilisant la nappe phréatique, la valeur d'usage de la nappe est estimée à 56 à 66 millions d'euros par an (368 à 435 M€). L'extrapolation de la valeur de non usage n'est pas réalisée, du fait de la difficulté à définir quelle est la population de non usager qui se sent concernée par la protection de cette ressource en eau.

Les méthodologies mises en œuvre dans ces deux études ont toutes deux des limites :

- L'approche retenue par Gaumand permet de quantifier l'avantage économique que procure l'existence de la nappe d'Alsace pour différentes catégories d'acteurs. Par contre, elle ne permet de chiffrer que la valeur d'usage de la nappe. Comme Gaumand le souligne dans la conclusion de son exposé, si le chiffrage économique de la valeur d'usage de la nappe constitue un élément de décision irremplaçable pour le court terme, celui-ci est insuffisant pour appréhender le long terme. Ainsi, l'analyse économique mise en œuvre ne permet pas de « traduire en termes économiques l'intérêt qu'il y a aujourd'hui à protéger la nappe pour maintenir dans 50 ans, 200 ans, les usages connus et permettre peut être à d'autres de se développer ».
- En revanche, si l'approche retenue par Rozan, Stenger et Willinger permet d'appréhender à la fois la valeur d'usage et de non usage (et donc de rendre compte de la valeur de la nappe pour les générations futures), elle ne permet pas d'analyser la distribution des avantages économiques liés à la présence de la nappe entre les catégories d'usagers. Il en résulte une certaine difficulté d'appropriation des résultats par les décideurs publics. Cette difficulté est renforcée par un certain scepticisme des décideurs publics vis-à-vis du crédit à accorder au consentement à payer exprimé par la population.
- Enfin, les deux méthodes présentent un inconvénient commun : elles permettent de comparer d'un point de vue économique deux situations extrêmes (la nappe est protégée *versus* la nappe est complètement dégradée et inutilisable) mais pas de comparer différents niveaux de dégradation de la nappe, qu'il s'agisse de niveaux observés dans la passé ou anticipés. Or il s'agit bien de la question posée dans le cadre de cette étude : évaluer les dommages générés par la dégradation partielle de la nappe dans le passé, et anticiper la valeur des dommages à venir en supposant une prolongation de la tendance.

Nous avons donc essayé, dans le cadre de cette étude, de développer une méthode composite, empruntant des éléments aux différentes approches présentées ci-dessus. Les principales étapes de cette méthode et du travail réalisé sont présentés ci-dessous.

2.3. PRINCIPALES ETAPES DU TRAVAIL

L'analyse réalisée comporte quatre étapes principales :

- La première étape a consisté à identifier les entités économiques concernées par la dégradation de la qualité de la nappe d'Alsace (voir délimitation de la zone d'étude dans l'encadré ci-dessous). Une base de données a été développée, compilant l'information relative aux différents usages (eau potable, industrie), à la qualité de l'eau distribuée par les services d'eau potable (extraction des analyses de qualité stockées en banque de données du sous sol), les données statistiques communales (population, inventaire communal) et la qualité de la ressource en eau. La base de données est couplée à un système d'information géographique permettant le passage de fichiers de données aux

cartes correspondantes et vice-versa. Cet outil est présenté plus en détail en annexe du rapport technique BRGM-RP-52316-FR (2005)⁵.

- La seconde étape a consisté à caractériser - et évaluer en termes monétaires lorsque cela était possible - les dommages générés par la hausse des teneurs en nitrates et en pesticides au cours des 15 dernières années (1988-2002). L'analyse s'est concentrée sur le secteur de l'eau potable et celui de l'industrie agro-alimentaire, deux usages économiques fortement sensibles à la qualité de l'eau et ayant une importance économique significative à l'échelle régionale. L'analyse des dommages subis par le secteur eau potable a été réalisée à travers un travail d'archives et des entretiens auprès des collectivités, tandis que les dommages subis par le secteur industriel ont été appréhendés à travers une enquête auprès d'un petit échantillon d'entreprises.
- La troisième étape a consisté à construire un scénario tendanciel d'évolution des teneurs en nitrates. Ce scénario a été construit en supposant une prolongation des tendances observées entre les deux inventaires les plus récents (1997-2003) et en utilisant des outils géostatistique (krigeage). Cette démarche n'a pas pu être appliquée à la problématique des pesticides du fait de l'insuffisance des données disponibles.
- La quatrième et dernière étape a consisté à évaluer les conséquences de ce scénario hypothétique de prolongation des tendances sur le tissu économique de l'Alsace. Compte tenu des nombreuses limites de l'approche mise en œuvre pour décrire ces scénarios, les résultats obtenus sont à considérer avec prudence et doivent plus être utilisés comme support de discussion que comme outil d'aide à la décision.

La méthodologie a été développée dans le cadre des activités de recherche du BRGM tandis que l'application à la nappe d'Alsace a été financée par la Région et l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, dans le cadre du Contrat de nappes d'Alsace. Le développement méthodologique, initié en 2002, a été appliqué en plusieurs étapes qui se sont échelonnées sur trois années et demie, notamment en raison des délais de mise à disposition des données de l'inventaire de la qualité des eaux souterraines de 2003.

Encadré : Délimitation de la zone d'étude

Dans le cadre de cette étude, il a été décidé en accord avec la Région Alsace, de restreindre le champ géographique de l'analyse économique à l'aquifère des alluvions quaternaires de la vallée du Rhin, appelé nappe d'Alsace dans la suite de ce document. L'aquifère du pliocène (région de Haguenau) ainsi que les eaux souterraines du Sundgau sont ainsi exclues de la zone d'étude. La nappe d'Alsace ainsi définie couvre une surface d'environ 2700 km² dans la partie française de la vallée du Rhin supérieur (4200 km² en incluant la partie située dans le Land du Bade Wurtemberg). Son épaisseur varie de quelques mètres sur la partie vosgienne à plus de 200 mètres en centre plaine ; elle est de 70 mètres en moyenne. L'eau y circule à une vitesse moyenne de 1 à 2 mètres par jour suivant une direction globalement Sud-Nord. Le renouvellement de l'eau est assuré par les infiltrations du Rhin et de ses affluents (80% des apports) et par la pluie (20%). Avec un volume d'eau stocké de l'ordre de 32 milliards de mètres cubes (44 milliards si l'on inclut la partie située au Bade-Wurtemberg, de Bâle à Lauterbourg), il s'agit de la plus importante réserve d'eau douce souterraine en Europe.

⁵ La base de données a été développée en utilisant le logiciel Microsoft Access ® et le SIG en utilisant MapInfo ®. Le lien dynamique entre les deux composantes est développé en utilisant MapX ®.

3. Identification des enjeux socio-économiques de la pollution de la nappe d'Alsace

3.1. ETAT DES LIEUX DE LA POLLUTION PAR LES NITRATES ET LES PESTICIDES

Les prélèvements importants réalisés dans la nappe d'Alsace par les usagers économiques, bien que permettant de satisfaire l'essentiel des besoins en eau de la région, restent très largement inférieurs au volume de renouvellement naturel de la nappe. Il n'y a donc pas de surexploitation de cette ressource. En revanche, la nappe a largement subi l'effet de pollutions diverses, dues au fort développement économique qu'ont connu les secteurs industriel et agricole, et à la croissance de la population (400 habitants au km²), entraînant une forte consommation d'espace, le développement des transports, la multiplication des sites de stockage de déchets, etc.

La présence des nitrates dans de fortes concentrations reste l'une des premières causes de dégradation de la nappe d'Alsace. Alors que les teneurs étaient inférieures au seuil de potabilité (50 mg/L) sur l'intégralité de la surface de la nappe dans les années 1979, ce seuil est aujourd'hui dépassé sur 8% de la surface de la nappe. En 2003, la teneur moyenne s'établit autour de 27 mg/L (Région Alsace, 2004), teneur à comparer avec la valeur guide de 25 mg/L définie par la Directive Eau Potable.

Les pesticides représentent autre cause tout aussi importante de dégradation de la nappe. L'inventaire de 1996-97 (Région Alsace, 2000) montre ainsi que la présence d'atrazine et de ses métabolites a été détectée dans respectivement 59% et 63% des points suivis du côté alsacien, les concentrations mesurées dépassant le seuil de potabilité dans respectivement 13 et 17% des échantillons. La simazine, la desisopropyl-atrazine et le diuron sont également présents dans respectivement 21%, 13% et 6% des points de mesure (côté alsacien et badois confondus), le seuil de potabilité étant dépassé dans 2%, 3% et 2% des échantillons respectivement. Les premiers résultats de l'inventaire 2003 (Région Alsace, 2004) confirment cette tendance. En 2003, la norme de potabilité est dépassée dans environ 17% des points de mesure pour l'atrazine et ses métabolites ; 26% des points sont caractérisés par un dépassement de la norme pour la simazine. Le diuron est détecté dans 11,4% des points et le métolachlore dans 17,5% des points.

L'observation de la tendance d'évolution du secteur agricole ne peut que renforcer la crainte d'une poursuite de la dégradation de la qualité des eaux : la comparaison du résultat des deux derniers recensements agricoles (1988 et 2000) montre en effet une hausse des surfaces en cultures intensives (+13% pour les surfaces en vigne, +60% pour les surfaces en maïs) et une baisse de l'importance relative des cultures moins intensives (-25% pour le blé) et des prairies (-13%). Cette tendance n'est pas susceptible d'être inversée à court terme, vu que la France n'appliquera probablement pas avant 2013 la réforme de la Politique Agricole Commune décidée lors des accords de Luxembourg en 2003 (notamment découplage des aides). Par conséquent, il existe toujours un risque que les teneurs en nitrates et pesticides continuent d'augmenter dans les zones soumises aux plus fortes pressions agricoles.

Il convient cependant de rappeler que des efforts significatifs ont été réalisés par une grande partie de la profession agricole pour améliorer ses pratiques, avec le soutien financier des acteurs publics du secteur de l'eau⁶. Les politiques mises en œuvre dans ce sens incluent les opérations Fertimieux, la mise en place d'actions d'animation et de conseil, les aides à la mise en place de cultures pièges à nitrates⁷ et à la lutte biologique contre les parasites, les mesures visant à réduire les pollutions par les pesticides liées au stockage ou à la manipulation des produits, etc. (Ramon, 2004). L'ensemble de ces politiques semble avoir eu un impact notable sur les pratiques agricoles, notamment concernant la gestion de l'azote avec la généralisation du fractionnement des apports d'engrais (Ramon et Dory, 2004). L'impact réel sur l'état de la nappe d'Alsace reste cependant difficile à mesurer et demeure un sujet de débat.

3.2. LES ENJEUX ECONOMIQUES DE LA POLLUTION DIFFUSE

Les principaux « enjeux » de la pollution, définis comme les usages susceptibles de subir une gêne ou des dommages économiques liés à la dégradation de la qualité de la nappe d'Alsace. Il s'agit principalement des distributeurs d'eau potable (collectivités), de la population, de certains établissements publics (établissements de soin et scolaires), des activités de production assimilées domestiques (artisans agroalimentaire, restauration, etc.), et des industries agroalimentaires. D'autres secteurs d'activité ne sont pas concernés, dont la plupart des activités industrielles autres que agro-alimentaires et l'agriculture (usages irrigation et élevage).

Pour réaliser le recensement des enjeux, des données de sources différentes ont été mobilisées et compilées dans une même base de données qui a été couplée à un système d'information géographique. Cette section présente les résultats de cette analyse. La base de données développée, qui représente un livrable du projet remis au maître d'ouvrage sur un support CD Rom, est présentée en annexe du rapport BRGM/RP-52316-FR.

3.2.1. L'enjeu eau potable

La nappe phréatique d'Alsace est la principale ressource en eau potable de la région. Utilisée par 89 unités de distribution d'eau (syndicats, communautés de commune, ou communes) alimentant au moins en partie 434 communes et 1,321 millions d'habitants (données INSEE, 1999), elle assure la satisfaction des besoins en eau potable de 75% de la population alsacienne.

Elle alimente également en eau une multitude d'opérateurs économiques et de services publics connectés au réseau public d'eau potable et dont le bon fonctionnement dépend de la qualité de l'eau qui leur est fournie. Pour quantifier l'importance économique de ces opérateurs privés et services publics, nous avons sollicité l'INSEE pour réaliser une requête sur la base de données SIRENE, qui recense l'ensemble des établissements d'un numéro Siret (établissements d'une entreprise en tant qu'entité géographiquement localisée). La

⁶ Ramon (2004) évalue à 68 millions d'Euro les montants financiers alloués de 1993 à 2002 par l'agence de l'eau pour la réduction des pollutions d'origine agricole dans le bassin Rhin Meuse (aides au recyclage des boues incluses). Pour plus de détail, voir Ramon, 2004.

⁷ Les surfaces couvertes en CIPAN sont estimées à 6000 ha en Alsace en 2000 (recensement général agricole). Ramon (2004) estime ces surfaces à 7700 ha en 2001 (4700 ha bénéficiant d'une aide) et de 9400 ha en 2002 (6400 ha bénéficiant d'une aide). L'agence de l'Eau Rhin Meuse subventionne les CIPAN et l'enherbement des cultures de maïs depuis 2001 seulement.

requête commandée vise à recenser l'ensemble des établissements dont l'activité est sensible à la qualité de l'eau du robinet.

a). Les activités économiques dépendant de la qualité de l'eau potable

Concernant les activités économiques, nous avons considéré que les catégories d'entreprises suivantes étaient sensibles à la présence de nitrates ou pesticides dans l'eau du réseau public, que les normes de potabilité soient dépassées ou non :

- **Les artisans-commerçants agroalimentaires** du secteur de la boulangerie, pâtisserie, chocolaterie, charcuterie artisanale et fromagerie artisanale. Insérés dans le tissu urbain, ils utilisent l'eau du réseau public comme matière première ou composant secondaire pour la fabrication de leurs produits, et pour le lavage des équipements. Cette catégorie regroupe 1044 établissements dont des boulangers (747), pâtisseries (156), charcutiers artisanaux (56), chocolatiers (34), et quelques autres artisans représentant plusieurs activités marginales. L'ensemble représente entre 6700 et 12500 emplois⁸. L'eau utilisée doit être conforme aux normes de potabilité, un dépassement de ces normes impliquant théoriquement un arrêt de la production, la mise en place d'un traitement individuel (techniquement difficile et trop coûteux), ou encore l'utilisation d'une ressource alternative (approvisionnement par camions citerne). A noter que lorsque de tels dépassements ont lieu, et lorsque les teneurs mesurées ne dépassent pas les seuils de dangerosité fixés par l'Organisation Mondiale de la Santé, la DDASS accorde une dérogation au distributeur, et l'eau distribuée est considérée comme potable, bien que non conforme aux normes européennes.
- **Les entreprises agroalimentaires** utilisant l'eau du réseau public font l'objet d'une analyse séparée dans la section « Industries » dans la section 3.2.2 de ce rapport.
- **Les activités de restauration** : en 1999 (données INSEE), le secteur de la restauration et hôtellerie artisanale représente entre 11 000 et 20 500 emplois liés à l'activité de 2742 restaurants, 616 cafés, 448 hôtels et 344 hôtels-restaurants recevant de l'eau potable provenant de la nappe d'Alsace. Le secteur de la restauration collective représente 230 établissements supplémentaires (2000 à 3900 emplois). Les activités de restauration sont soumises aux mêmes contraintes réglementaires que les activités agroalimentaires artisanales décrites ci-dessus et doivent disposer d'une source d'eau potable pour la fabrication des plats, la vaisselle, etc. Elles peuvent néanmoins utiliser une eau dont la teneur en nitrates ou pesticides dépasserait les normes européennes à condition que la DDASS ait accordé une dérogation au distributeur d'eau.
- les **activités de soin médicaux** exercées en profession libérale impliquent l'accueil du public et parfois l'utilisation d'eau, qui doit respecter les normes de potabilité, pour l'acte médical (dentistes, infirmiers). Bien que la sensibilité de ces activités à la qualité de l'eau n'ait pas été clairement définie, nous avons recensé 1012 dentistes et près de 2000 auxiliaires médicaux exerçant dans la zone d'étude (donc utilisant de l'eau de la nappe). De même, les laboratoires d'analyses médicales pourraient éventuellement être sensibles à la qualité de l'eau (traces de pesticides) ; ils représentent 180 établissements, soit entre 775 et 1450 emplois.

⁸ L'estimation du nombre d'emploi par activité est basée sur le fichier SIRENE de l'INSEE qui donnent, pour chaque établissement, le nombre d'employés par tranches (entre 1 et 2 ; 3 et 5 ; 5 et 9 ; 10 et 19 ; 20 et 49, etc). Il n'est donc pas possible, à partir de cette donnée, d'estimer l'emploi représenté par chaque catégorie avec plus de précision.

b). Services publics dépendant de la qualité de l'eau potable

Concernant les services publics, nous avons retenu les activités suivantes :

- les *établissements médicaux* (180 hôpitaux ou cliniques, 18700 à 35 000 emplois) sont susceptibles d'être sensibles à la qualité de l'eau, essentiellement utilisée comme boisson par les patients, pour la préparation des repas (si la restauration collective est assurée par l'établissement de soins) et pour certaines activités médicales⁹. Un dépassement des normes de potabilité sur les paramètres pesticides ou nitrates, même temporaire, rendrait impératif l'utilisation d'eau en bouteilles¹⁰, causant une gêne importante compte tenu des volumes quotidiennement utilisés.
- les *565 établissements d'accueil sociaux* regroupent des crèches et garderie d'enfants (206), établissements d'accueil de personnes âgées (184) ou handicapées (60), accueil d'enfants en difficulté (35) et autres établissements d'accueil sociaux. Ils représentent globalement de 7 800 à 16 500 emplois. Ces établissements utilisent l'eau du réseau pour la boisson et la préparation de repas ; une détérioration de la qualité de l'eau imposerait également le recours à l'eau en bouteille occasionnant une gêne tout aussi importante que pour les établissements de soins décrits ci-dessus.
- les *établissements scolaires* recevant une eau en provenance de la nappe sont au nombre de 1556 (nombre d'emploi non renseigné dans la base de données SIRENE) dont 1191 écoles primaires, 232 établissements secondaires et 136 établissements d'enseignement supérieur. Ces établissements délivrent également de l'eau susceptible d'être consommée par un public très important, et l'utilisent, dans certains cas, pour la fabrication de repas (cas où le service de restauration est assuré sur place et n'est pas délégué à une entreprise de restauration collective).

3.2.2. L'enjeu industriel

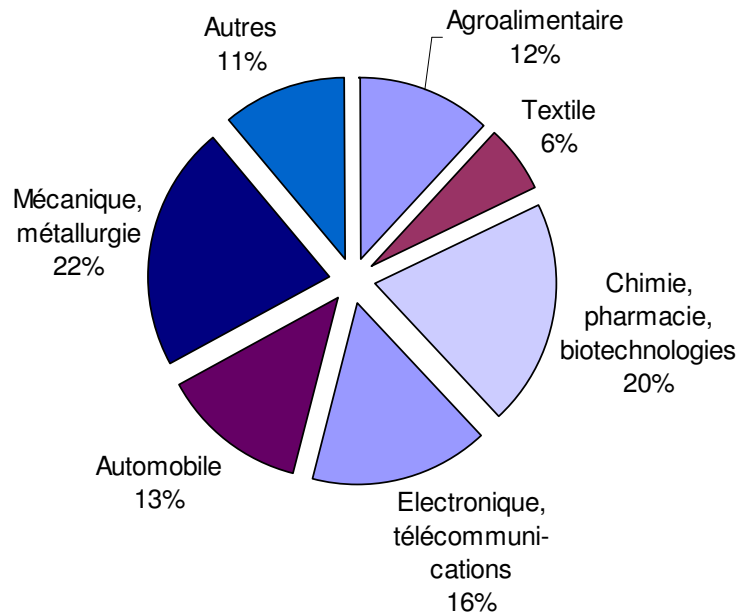
La présence de la nappe d'Alsace représente un avantage comparatif pour l'industrie alsacienne, qui joue un rôle significatif dans l'économie régionale (28% de la richesse produite). Les principales activités industrielles (voir encadré) bénéficient de cet avantage comparatif, lié à l'abondance de la ressource et à sa bonne qualité. L'eau est en effet devenue un facteur de qualité à part entière, dans la mesure où elle intervient dans le processus de fabrication, entre en contact avec le produit final (industrie électronique, textile, etc.) ou représente un composant de celui-ci (agro-alimentaire, chimie, etc.). Le maintien de la bonne qualité de la nappe d'Alsace, qui permet de minimiser les coûts de traitement par rapport à d'autres industries devant utiliser de l'eau de surface, représente donc un enjeu majeur.

⁹ Une autre utilisation significative en volume est la préparation d'eau stérile à usage chirurgical et l'eau de dialyse (25 000 litres par an et par patient selon Masson et alii.) qui sont produites de manière industrielle, impliquant un traitement qui ne serait pas fondamentalement modifié (ni techniquement, ni en terme de coûts) par la présence de nitrates ou pesticides.

¹⁰ Le recours à l'eau en bouteille n'est pas obligatoire d'un point de vue strictement réglementaire si la DDASS a accordé une dérogation à la collectivité distribuant l'eau. Cependant, la pression sociale (parents, personnes hébergées) est susceptible d'être suffisamment forte pour que les gestionnaires de ces établissements optent pour un approvisionnement en eau en bouteille.

Encadré : Répartition par secteurs de la valeur ajoutée créée par l'industrie en Alsace (source Insee, 2001)

Parmi les principaux secteurs d'activité, trois sont des utilisateurs d'eau importants : la chimie pharmacie et biotechnologies, qui représentent 20% de la valeur ajoutée en 2001 ; l'agroalimentaire (12% de la valeur ajoutée) et le textile (6% de la valeur ajoutée).



Des entretiens avec des représentants du secteur industriel et des contacts directs établis avec des entreprises de différents secteurs nous ont cependant conduits à relativiser l'importance de l'enjeu « nitrates et pesticides » pour l'industrie, et à réaliser le constat suivant. **Les trois principaux soucis des industriels en matière de qualité d'eau sont le niveau de minéralisation** (l'eau de la nappe est relativement dure et doit généralement être adoucie), **la présence potentielle de micro-organismes** et, dans le cas où l'eau provient du réseau public, **la présence de trace de chlore** (notamment depuis la mise en place du plan Vigipirate). Seule l'industrie agro-alimentaire est véritablement sensible à la présence de nitrates et pesticides dans l'eau utilisée, qui doit être conforme aux normes de potabilité, voir répondre à des normes inférieures pour des raisons techniques ou commerciales.

En revanche, les secteurs de la chimie pharmacie et parapharmacie ou de l'électronique ne sont pas particulièrement sensibles aux paramètres nitrates et pesticides. En effet, ils ne peuvent généralement pas utiliser l'eau brute, qu'elle soit prélevée dans la nappe via un forage individuel ou qu'elle provienne du réseau. L'eau doit répondre à des caractéristiques précises dépendantes du processus de fabrication, différentes des critères de qualité de l'eau potable notamment en matière de minéralisation. Elle est donc systématiquement traitée (par osmose inverse par exemple), parfois distillée et la présence de nitrates ou de pesticides n'induit pas de difficulté technique ou de surcoût notable (voir encadré ci-dessous).

Ce constat est confirmé par diverses sources bibliographiques (voir références citées dans Masson *et al.* 1999). Elle a donc conduit à concentrer notre analyse sur le secteur de l'industrie agroalimentaire, qui représente non seulement une part importante de la valeur ajoutée par l'industrie alsacienne, mais qui véhicule également une grande partie de son image de marque. La section suivante présente l'enjeu de la qualité de l'eau pour ce secteur.

Encadré : Activités industrielles sensibles à la qualité de l'eau dans les principaux secteurs d'activité (d'après Masson *et al.* 1999 : pp 70-76)

L'industrie pharmaceutique utilise une eau très pure chimiquement, physiquement et biologiquement, pour la préparation de médicaments (dilution, fabrication de solutions absorbables ou injectables). Elle utilise de l'eau purifiée, produite par osmose inverse, ou de l'eau distillée produite à partir d'eau osmosée. Les nitrates et pesticides étant éliminés par ces traitements, leur présence éventuelle ne pose pas de problèmes particuliers à cette branche d'activité.

L'industrie de la chimie et parachimie. La chimie lourde produit des molécules simples (éthylène, benzène, ammoniac, soude...) et met en œuvre des réactions chimiques qui ne sont pas sensibles à la présence de micropolluants (pesticides) et de nitrates. En revanche, la chimie fine, qui produit des molécules plus complexes en faibles quantités, doit impérativement utiliser de l'eau débarrassée de toute pollution minérale, bactériologique ou organique pour atteindre des objectifs de pureté et de rendement élevés. La parachimie, qui élabore des produits divers pour des usages spécifiques (détergents, produits de beauté, peintures, etc.) est soumise à des contraintes similaires. Dans les deux cas, l'eau de process est souvent déminéralisée en associant des traitements de type floculation, filtration et charbons actifs et l'utilisation de résines échangeuses d'ions. La présence de nitrates ou de pesticides peut éventuellement conduire à une augmentation des besoins de régénération (échangeurs d'ions, charbons actifs) mais ne nécessite pas de traitement spécifiques.).

L'industrie informatique utilise l'eau ultra pure pour des opérations de rinçage de composants de circuits intégrés. La grande sensibilité des procédés à toute contamination requiert l'utilisation d'une eau déminéralisée et exemptes de toute trace de micropolluants. Le coût de production de cette eau ultra pure est certes fonction de la qualité de l'eau brute utilisée, lequel pourrait être légèrement augmenté en cas de présence significative de nitrates ou pesticides, mais probablement sans incidence économique ou technique sur les entreprises.

L'industrie textile utilise de l'eau pour les chaudières, la préparation du fil des textiles artificiels, le blanchiment et la teinture des fibres et le conditionnement de l'air des salles de filatures ou tissage. L'eau est généralement adoucie, déminéralisée ou décarbonatée. Les fibres contiennent de nombreuses substances dont des pesticides qui posent éventuellement des problèmes en matière de rejets, mais pas pour le process de fabrication. De même, *l'industrie papetière*, qui utilise de l'eau pour la trituration de la cellulose et pour produire de la vapeur utilisée pour l'élaboration des feuilles de papier, n'est pas sensible à la présence de nitrates ou pesticides.

3.2.3. Le cas de l'industrie agroalimentaire

a). Importance économique du secteur

L'activité de production agroalimentaire est partie intégrante de l'économie alsacienne depuis plusieurs siècles. Ce développement est dû en grande partie à la présence d'une eau souterraine d'excellente qualité, abondante et facilement accessible à faible profondeur – donc de faible coût d'exploitation. Le secteur agroalimentaire est considéré comme un fleuron de l'industrie alsacienne, dont il véhicule une grande partie de l'image de marque, à travers un certain nombre de produits phares : bière, vin, choucroute, charcuterie, pâtes aux œufs, bretzel, raifort... Le poids de cette industrie dans l'économie régionale est très important, puisqu'il représente 23 486 emplois (2001, source Insee) et 1838 établissements, dont quelques très grosses entreprises (dont 2 des 10 plus gros employeurs de la région), de nombreuses PME et un nombre élevé d'artisans indépendants. Le secteur a également un effet d'entraînement important sur l'agriculture, qui produit, sous contrat pour l'industrie agroalimentaire, des produits à forte valeur ajoutée, comme la betterave à sucre, le houblon, le chou à choucroute, etc.

La Figure 1 ci-dessous présente l'importance économique des différentes activités de la branche industrielle agroalimentaire en termes d'emploi¹¹. Les activités liées à l'industrie de la viande, du lait et du poisson viennent en première position (35% de l'emploi du secteur agroalimentaire, dispersé sur un nombre important d'entreprises), suivie par la production de la bière, boissons rafraîchissantes et jus de fruits (15% de l'emploi, relativement concentré) et le secteur de la boulangerie, pâtisserie, biscuiterie et pâtes alimentaires (12% de l'emploi).

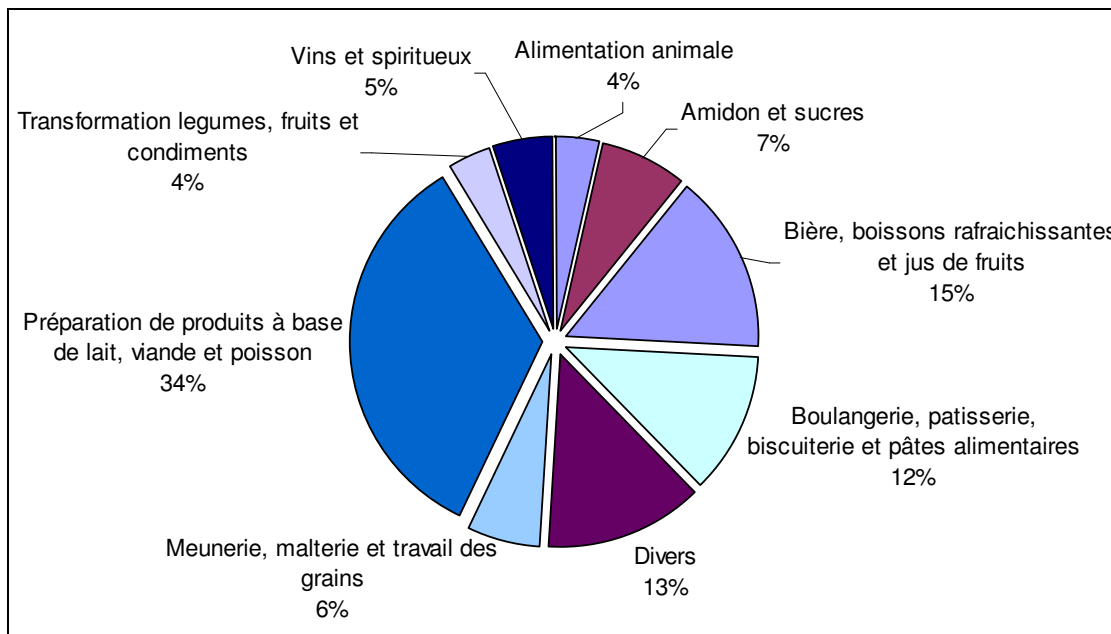


Figure 1 : Répartition de l'emploi dans le secteur agroalimentaire en Alsace par type d'activité.
Source : d'après données Insee (fichier Sirene)

b). Une industrie fortement dépendante de la qualité de l'eau

L'eau représente une **matière première** pour plusieurs secteurs de l'industrie agroalimentaire, dont la brasserie et la fabrication de boissons rafraîchissantes et de jus de fruits. Pour d'autres secteurs, comme la boulangerie et la pâtisserie industrielle, la biscuiterie, les conserveries de fruits et légumes, la production de pâtes alimentaires et la fabrication de produits amylacés, l'eau est un composant secondaire. Globalement, ces secteurs représentent 104 établissements et de 2800 à 5300 emplois. Le secteur le plus important, la brasserie, regroupe 5 établissements industriels d'importance nationale ou internationale en termes de parts de marchés (Fischer, Heineken, Kronenbourg, Meteor, Schutzenberger) et 3 brasseries artisanales. La brasserie emploie en tout de 1100 à 2100 emplois (voir encadré ci-dessous).

¹¹ L'utilisation des données de chiffre d'affaire de la base de données Sirene, fournis par tranche et comportant de nombreuses valeurs manquantes, ne permet pas d'estimer l'importance relative des différentes activités en chiffre d'affaire.

Encadré : Importance économique des usagers de l'eau de la nappe d'Alsace.
 Source: à partir des données du fichier SIRENE (INSEE).

Secteur	Activité détaillée	Nombre d'établissements	Emploi estimé (hypothèse basse / haute)	
Etablissements d'accueil sociaux	Accueil des personnes âgées	183	2587	5514
	Accueil des enfants handicapés	48	1693	3498
	Crèches et garderies d'enfants	205	1619	3299
	Accueil des adultes handicapés	59	1014	2086
	Accueil des enfants en difficulté	34	555	1210
	Autres hébergements sociaux	36	391	804
Artisanat commerçants agroalimentaire	Boulangier	744	2986	5294
	Chocolaterie, confiserie	33	2205	4397
	Pâtisserie artisanale	155	898	1660
	Charcuterie artisanale	70	455	850
	Cuisson de produits de boulangerie	25	87	150
	Fabrication de fromages	6	43	92
	Fabrication de glaces et sorbets	7	26	40
Enseignement	Enseignement secondaire général	179	934	1717
	Enseignement secondaire technique ou professionnel	51	542	1087
	Enseignement supérieur	135	423	799
	Enseignement primaire	1191	79	135
Hôpitaux	Activités hospitalières	171	18291	38871
	Centre de collectes et banque d'organes	8	471	637
Industries agroalimentaires	Préparation industrielle de produits à base de viandes	43	1769	3413
	Brasserie	10	1116	2074
	Industries alimentaires non classées auparavant	18	791	1446
	Fabrication industrielle de pain et de pâtisserie fraîche	22	591	1057
	Production de viandes de boucherie	32	418	885
	Fabrication de produits amylacés	3	370	747
	Industrie du poisson	8	283	564
	Meunerie	17	270	521
	Vinification	27	269	560
	Fabrication d'aliments pour animaux de compagnie	1	250	499
	Fabrication de pâtes alimentaires	13	217	428
	Fabrication de sucre	2	201	250
	Transformation du thé et du café	12	161	346
	Transformation et conservation de légumes	26	138	265
	Biscotterie, biscuiterie, pâtisserie de conservation	12	131	272
	Fabrication de condiments et assaisonnements	9	124	256
	Production de viandes de volailles	9	122	265
	Fabrication de lait liquide et de produits frais	4	108	210
	Fabrication d'aliments adaptés à l'enfant et diététiques	3	107	210
	Autres activités de travail des grains	4	64	125
	Production de boissons rafraîchissantes	2	56	108
	Production d'eaux de vie naturelles	13	55	105
	Champagnisation	1	50	99
	Malterie	4	41	88
	Fabrication d'aliments pour animaux de ferme	4	32	70
	Fabrication d'huiles et graisses brutes et raffinées	3	26	58
	Production d'alcool éthylique de fermentation	3	22	51
Transformation et conservation des fruits	3	22	51	
Industrie des eaux de table	1	20	49	
Préparation de jus de fruits et légumes	4	13	25	
Fabrication d'huiles et graisses raffinées	1	10	19	
Transformation et conservation de pommes de terre	2	7	10	
Restauration, hôtellerie	Restauration de type traditionnelle	2061	8057	14660
	Hôtel avec restaurant	344	3027	5874
	Restauration de type rapide	539	2146	4271
	Cantines et restaurants d'entreprises	206	1168	2225
	Débits de boissons	599	1120	1831
	Restauration collective sous contrat	24	834	1661
	Traiteurs, organisation de réceptions	136	758	1507
	Hôtels de tourisme sans restaurant	156	737	1307
	Autre hébergement touristique	120	403	746
	Hébergements collectifs non touristique	62	386	812
	Exploitation de terrains de camping	41	37	51
	Cafés tabacs	17	32	51
	Auberges de jeunesse et refuges	8	27	43
Soins et analyses médicales	Pratique médicale	3112	4299	6409
	Activité des auxiliaires médicaux	1989	2296	2843
	Pratique dentaire	1012	1614	2790
	Laboratoires d'analyse médicale	110	767	1443

Pour d'autres activités de production agroalimentaire, l'eau est utilisée pour la **cuisson** (charcuterie, conserverie de fruits et de légumes, préparation à base de viande ou de poissons, etc.). Entrant en contact avec le produit final, elle doit également être conforme aux critères de potabilité. En cas de dépassement des seuils, la réglementation impose à l'entreprise de cesser sa production et de trouver une ressource de substitution (approvisionnement par camions citerne), sauf si la DDAS a accordé une dérogation au distributeur d'eau. Mais dans ce cas, le risque que des traces de pesticides puissent être détectées dans le produit final met en danger l'image de marque de l'entreprise.

De même, l'usage de l'eau pour le **lavage** des emballages, des équipements de production ou des produits avant transformation doit répondre aux normes de potabilité. L'intégralité des entreprises du secteur agroalimentaire sont confrontées à cette exigence. En cas de dépassement des normes, l'activité peut se poursuivre sans grande conséquence pour l'industrie. En effet, même si l'eau utilisée pour le lavage contient des pesticides ou nitrates dans des proportions dépassant les normes de potabilité, il est fort peu probable que ces substances puissent se retrouver dans le produit final même sous forme de traces.

3.3. PERCEPTION SOCIALE DE LA POLLUTION PAR LES NITRATES ET PESTICIDES

3.3.1. Perception et couverture de la problématique par la presse locale

Une analyse de la manière dont la presse locale couvre le sujet de la pollution de l'eau peut être un bon indicateur des préoccupations de la population à ce sujet. En effet, la presse se fait généralement l'écho des problèmes survenus localement et des conflits qu'ils engendrent éventuellement. Une revue des articles de l'un des principaux quotidiens d'Alsace a été réalisée pour la période allant de Septembre 1996 à Décembre 2001.

Plus de 890 articles traitant en partie d'un sujet lié à l'eau ont été identifiés, dont 110 traitent exclusivement de ce sujet. La répartition de ces 110 articles en fonction du sujet traité est décrite dans le tableau ci-dessous, chaque article pouvant aborder plusieurs sujets. A l'évidence, les deux sujets les plus couverts sont la pollution de la nappe (traité par 50% des articles) et le prix de l'eau (36% des articles). Les problèmes de captages d'eau potable (abandon, interconnexion, mise en place de dilution, création de nouveau forage) sont également bien couverts (traité dans 33% des articles). La presse couvre également bien les sujets liés à la dépollution de l'eau, qu'il s'agisse de dépollution de site ou de traitement de l'eau sur sites pollués (29% des articles). Enfin, il est à noter que le problème de la pollution diffuse d'origine agricole n'occupe pas le devant de la scène : seulement 15% des articles traitent de la pollution par les nitrates ou les pesticides et 10% abordent la question de la lutte contre les pollutions d'origine agricole.

Thème traité par l'article	Nombre d'articles	Pourcentage (*)
Pollution de la nappe	55	50 %
Prix de l'eau	40	36 %
Dépollution	32	29 %
Création de captages eau potable	28	25 %
Nitrates et pesticides	15	14 %
Lutte contre la pollution d'origine agricole	11	10 %
Fermeture de captages eau potable	7	6 %
Mise en place de dilution (captages pollués)	2	2 %
Nombre total d'articles analysés	110	-

(*) Chaque article pouvant traiter de plusieurs sujets, la somme des pourcentages n'est pas égale à 100.

Tableau 1 : Thèmes relatifs à l'eau, traités par un quotidien régional de septembre 1996 à décembre 2001.

Il existe relativement peu d'enquêtes et de sondages d'opinion réalisés sur la question de la pollution de l'eau en Alsace. Seules trois études ont été recensées : la première, réalisée entre 1993 et 1995 par le laboratoire BETA de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg porte sur un échantillon de 817 ménages usagers et 159 ménages non usagers répartis dans 10 communes de la région ; la seconde, réalisée par l'UMR Gestion des Services Publics (Engées-Cemagref, Strasbourg) porte sur 219 ménages de la Communauté Urbaine de Strasbourg ; la troisième, réalisée à l'échelle transfrontalière par la société Welcome Byzance pour la Région Alsace, repose sur un nombre limité d'entretiens détaillés réalisés avec des citoyens.

La première étude confirme que **la population est fortement sensibilisée au problème de pollution des eaux souterraines**. Ainsi, 90% des ménages interrogés recevant de l'eau de la nappe au robinet sont capables de citer des sources de risque de pollution ; 43% sont capable d'identifier précisément certaines sources de pollution (Stenger et Willinger, 1998). Environ 22% de cet échantillon se considère comme victime de la pollution ; plus de 88% consomment de l'eau en bouteille et plus de deux tiers ne consomment pas – ou rarement – de l'eau du robinet¹². A noter que cette perception est partagée par les 159 personnes interrogées habitant des communes qui n'utilisent pas l'eau de la nappe ; l'étude montre ainsi que 86 % de ces ménages pensent qu'il existe des risques de pollution pour les eaux souterraines, près de la moitié citant le problème des nitrates (Rozan, Stenger et Willinger, 1997). Enfin, l'étude montre que 98% des personnes interrogées pensent qu'il est important de mettre en œuvre en programme de protection de la nappe d'Alsace, 70% se déclarant prêts à contribuer au financement d'un tel programme.

L'étude plus récente réalisée par l'Engées et le Cemagref, bien que portant sur la perception de la qualité de l'eau du robinet, permet de confirmer les résultats de l'enquête décrite ci-dessus. Montginoul et Waechter (2001) confirment ainsi que **les ménages alsaciens ont relativement peu confiance dans l'eau du robinet** (54% pensent que la qualité de l'eau est mauvaise). Seulement 35% de leur échantillon déclare consommer régulièrement de l'eau du robinet contre 58% au niveau national (sondage IFEN 2000). Ce mauvais jugement de la qualité de l'eau potable est généralement attribué au mauvais goût de l'eau du robinet (plus de 60%), suivi par un manque de confiance (21%). Seules 3 personnes déclarent ne

¹² Si ce phénomène n'est pas spécifique à l'Alsace, il semble cependant s'y manifester de manière plus importante qu'au niveau national où on assiste à un début de perte de confiance des ménages dans la qualité de l'eau du robinet. En effet, bien que 70% des ménages français déclarent avoir confiance dans l'eau du robinet (CIEAU, 2000), ils sont cependant de moins en moins nombreux à la boire. En témoigne le pourcentage élevé de ménages qui consomment de l'eau en bouteille : ils sont ainsi 64% à en consommer plusieurs fois par semaine, 45% plusieurs fois par jour et 28% exclusivement (CIEAU, 2000).

pas boire d'eau du robinet par crainte des nitrates ou pesticides (mais il convient de noter que ce type de problème n'a jamais concerné la CUS et que l'échantillon ne peut à ce titre pas être considéré comme représentatif de la situation alsacienne). Et à la question « *Pensez-vous que la consommation de l'eau du robinet peut avoir des effets sur la santé ?* », 55% des personnes interrogées répondent par l'affirmative, 31% par la négative et 14% répondent ne pas savoir. L'étude de l'Engees-Cemagref montre également que la consommation d'eau en bouteille est importante en Alsace (87% de l'échantillon) et qu'elle s'est probablement accélérée ces dernières années, puisque **37% de la population déclare avoir commencé à consommer de l'eau en bouteille depuis moins de 5 ans**, 60% depuis moins de 10 ans. Les consommateurs d'eau en bouteilles justifient leur choix de consommation par le mauvais goût de l'eau potable (évoqué par 37% des consommateurs d'eau en bouteille) et par **manque de confiance** dans l'eau du robinet qu'ils craignent être polluée (32%). Ce manque de confiance est avant tout lié à une crainte de problèmes bactériologique et chimique, les personnes interrogées ne pouvant généralement pas citer le type de polluant, hors les nitrates qui sont évoqués par quelques personnes.

La troisième étude a été réalisée par la société Welcome Byzance pour le compte de la Région Alsace. Elle vise à caractériser la perception de la nappe phréatique en Alsace et au Bade Wurtemberg. A la différence des deux précédentes, elle repose sur des entretiens semi-directifs plus détaillés que dans les études précédentes, réalisés avec seulement 14 citoyens (7 alsaciens, 7 badois). Ses auteurs mettent en évidence que la pollution diffuse d'origine agricole par les nitrates et les pesticides est perçue comme un enjeu majeur, l'agriculture étant largement considérée comme le principal responsable des pollutions actuelles de la nappe phréatique. Ils notent que l'agriculture focalise les débats dès que l'on parle de responsabilités dans les pollutions de la nappe. Le trafic routier est également perçu comme source de pollution importante, plus en termes de risques accidentels que de rejets chroniques et diffus (hydrocarbures). Et les rejets industriels sont quasiment absents de l'esprit des particuliers. Plus globalement, l'étude suggère que le public ne s'intéresse à la nappe que lorsque celle-ci est menacée (pollution accidentelle médiatisée, eau non potable, pénurie d'eau ou augmentation du prix de l'eau potable). Et bien que les personnes interrogées ne semblent pas percevoir l'importance économique de la nappe phréatique, toutes adhèrent à l'objectif politique de « protection et reconquête de la qualité des eaux souterraines pour garantir une eau potable sans traitement préalable pour les générations présentes et futures » (Région Alsace, 2006), confirmant ainsi les résultats de l'enquête quantitative de l'Université Louis Pasteur.

3.3.2. Perception de la problématique nitrates et pesticides par les gestionnaires de services d'eau potable

Pour compléter les études existantes, une enquête directe a été réalisée auprès de 22 collectivités gestionnaires d'eau potable afin de caractériser leur perception de la problématique nitrates et pesticides, de l'ampleur de la pollution et son évolution future. Ces 22 collectivités (sur 87 dans la zone d'étude) représentent une population totale de 147 000 habitants. La plupart d'entre elles (18) ont connu un épisode de pollution, soit par les nitrates et/ou les pesticides (14), soit par d'autres substances, notamment d'origine industrielle (4). Douze d'entre elles ont été confrontées à un dépassement des normes de potabilité et 14 ont dû réaliser des investissements ou projettent de le faire, pour faire face à un problème de pollution de la nappe. Il s'agit donc d'un échantillon fortement sensibilisé au problème de la pollution des eaux souterraines et à ce titre non représentatif de la situation alsacienne dans son ensemble. Les points de vue exprimés par ces collectivités sont présentés ci-dessous.

Les 22 gestionnaires interrogés témoignent de la crise de confiance des consommateurs vis-à-vis de l'eau du robinet. Cette crise de confiance, à laquelle ils sont directement confrontés, se traduit notamment par une augmentation de la consommation d'eau en bouteille qui est

perçue par la plupart des gestionnaires comme une pratique régulière pour plus de 50% de la population. Les gestionnaires indiquent également que de plus en plus de ménages installent des dispositifs de filtration de l'eau à domicile par crainte que l'eau distribuée par le réseau présente des risques pour la santé¹³. Ces craintes sont, selon l'avis de plusieurs gestionnaires, largement entretenues par les démarcheurs commerciaux vendant les dispositifs individuels de traitement d'eau, qui n'hésitent pas, dans certains cas, à avoir recours à des pratiques commerciales discutables¹⁴.

La vision des gestionnaires est en revanche moins pessimiste en ce qui concerne l'évolution future de la qualité de l'eau souterraine qu'ils utilisent. Ils sont une minorité (4/22) à penser qu'elle va se dégrader dans les 20 ans à venir, 10 pensent qu'elle va s'améliorer et 8 qu'elle ne va pas évoluer. L'attitude est légèrement plus pessimiste lorsque la même question est posée pour l'ensemble de la nappe : ils ne sont que 5 à penser que la qualité de la nappe va s'améliorer dans les 20 ans à venir, 12 pensent qu'elle n'évoluera pas, et 5 anticipent une poursuite de la dégradation.

3.3.3. Un sujet de conflit émergent

La pollution diffuse par les nitrates et les pesticides d'origine agricole est un sujet de conflit émergent, porté par les consommateurs et les associations qui les représentent. Ces derniers acceptent en effet de moins en moins de supporter le coût d'une pollution générée par d'autres acteurs, notamment les agriculteurs. A l'échelle régionale, certaines associations (Confédération des Syndicats de Cadre de Vie, Alsace Nature, Gaia) mettent en place des campagnes de sensibilisation du public, insistant sur le fait que le consommateur paie de plus en plus cher une eau qui est de moins en moins « pure ». La forte hausse qu'a connu le prix de l'eau potable au cours des dernières années favorise cette prise de conscience¹⁵.

Dans un nombre limité de cas, des conflits apparaissent à l'échelle locale : les associations locales de consommateurs organisent des manifestations publiques ou font état de leurs revendications via la presse. Ces associations engagent parfois des démarches juridiques à l'encontre du distributeur d'eau, comme par exemple dans la commune de Rixheim (Haut Rhin) où l'Association de Consommateurs pour la Qualité de l'Eau se plaint depuis plusieurs années de concentrations en pesticides dépassant la limite européenne de potabilité. Après une série de manifestations (voir DNA du 27 janvier 2002), la justice a été saisie et le tribunal d'instance de Mulhouse a condamné la SAUR à payer 33 350 € à certains de ses clients

¹³ Selon un sondage Canal-Ipsos réalisé pour la Lyonnaise des Eaux, 7,2% des ménages français installeraient des systèmes de filtration à domicile (adoucisseurs inclus). A noter que, selon ce sondage, plus de 80% des ménages connaissent les systèmes de filtration et les jugent utiles pour « réduire l'entartrage » (72%) et « rendre l'eau plus saine » (59%).

¹⁴ Selon des témoignages, certains vendeurs cherchent convaincre leurs acheteurs potentiels de la présence de pesticides ou autres substances dans l'eau du réseau public, en trempant dans un verre d'eau un test réactif, qui en changeant de couleur indiquerait la dangerosité de l'échantillon. Si de tels tests existent effectivement (techniques immuno-enzymatiques) leur coût et la technicité de leur utilisation rend peu probable leur manipulation par du personnel commercial. La Chambre de Consommation d'Alsace fait également référence à la nature de ces pratiques commerciales en ces termes : « *Les consommateurs s'inquiètent d'autant plus [de la qualité de l'eau du robinet] que les démarcheurs à domicile sont toujours plus coriaces et leurs démonstrations plus alarmantes. Par souci pour la santé de leurs proches, les victimes de ces démarchages n'hésitent pas à surpayer des appareils dont ils n'ont pas forcément besoin. Les prix dépassent parfois les 4000 € !* » (Chambre de Consommation d'Alsace, 2003).

¹⁵ Selon le Consommateur D'Alsace (Numero 152, Septembre 2003), le prix de l'eau est passé de 0,7 €/m³ en 1984 à 2,31 en 2001 (en € constants), soit une augmentation de 7% par an en moyenne.

exigeant le remboursement de l'achat des bouteilles d'eau achetées (jugement du 3 mai 2005). L'apparition de ce type de conflit, qui n'avait à ce jour été observé qu'en Bretagne, est révélateur d'une évolution de la perception du problème de la qualité des eaux par la population.

3.4. ENJEU ENVIRONMENTAL

Etant donné le rôle important de la nappe d'Alsace dans la réalimentation des cours d'eau et des zones humides de la plaine du Rhin, notamment en période de basses eaux (Ill en amont de Colmar, ruisseaux phréatiques de plus petit gabarit), sa contamination par les nitrates et les pesticides est susceptible d'avoir un impact sur les milieux aquatiques de surface.

Ainsi, l'eutrophisation de certains cours d'eau pourrait être en partie due à des apports de nutriments (dont nitrates) par les eaux souterraines. Cette eutrophisation génère des coûts directs pour certains acteurs pour l'élimination des algues dans certains cours d'eau par exemple à Strasbourg, l'augmentation des besoins d'épuration pour les stations d'épurations rejetant dans les cours d'eau eutrophisés, etc. et des coûts indirects (mortalité piscicole, etc.).

De même, la présence de pesticides dans les cours d'eau et leur impact sur la vie piscicole et la biodiversité, pourraient en partie être dus à la contamination des eaux souterraines. Cette dégradation est également à l'origine de dommages environnementaux dont la valeur économique pourrait éventuellement être chiffrée. Cependant, aucune étude n'ayant permis à ce jour de quantifier l'importance relative des apports en nitrate et pesticides par les eaux souterraines et le ruissellement de surface, la quantification de ces dommages d'un point de vue économique n'a pas pu être réalisée.

4. Coût de la pollution par les nitrates et pesticides sur la période 1988-2003

Cette section présente une évaluation des dommages économiques générés par la progression des teneurs en nitrates et pesticides dans les eaux souterraines de la plaine d'Alsace au cours des 15 dernières années (1988-2003)¹⁶. L'analyse a essentiellement porté sur le secteur de l'eau potable et celui de l'industrie agro-alimentaire, deux usages économiques fortement sensibles à la qualité de l'eau et ayant une importance économique significative à l'échelle régionale. L'analyse des dommages subis par le secteur eau potable a été réalisée à travers un travail d'archives et des entretiens auprès des collectivités, tandis que les dommages subis par le secteur de l'agro-alimentaire ont été appréhendés à travers une enquête auprès d'un petit échantillon d'entreprises.

4.1. COUT DE LA POLLUTION POUR LES COLLECTIVITES DU SECTEUR EAU POTABLE

Le travail présenté dans cette section du rapport a pour principal objectif de quantifier les dépenses engagées au cours des quinze dernières années par les opérateurs du secteur eau potable pour faire face à l'augmentation des teneurs en nitrates et en pesticides des eaux souterraines qu'ils exploitent. Plus précisément, il s'agit de recenser les unités de distribution d'eau (syndicats, mairies) ayant eu à mettre en œuvre des programmes d'*investissement* en réponse à une dégradation de la qualité de la nappe d'Alsace. Ont été recherchés les investissements matériels liés à la construction d'infrastructures (nouveau captage, interconnexion), la réalisation d'études (recherche de l'origine des nitrates) et les investissements immatériels (opérations de sensibilisation des acteurs aux problèmes de pollution, financement de programmes de mesures de reconquête de la qualité de l'eau, financement d'une mission d'animation, etc.). Le *montant total* de ces investissements a été quantifié pour chaque collectivité concernée. Le détail de l'information recueillie est présenté sous forme de fiches en annexe du rapport BRGM-RP-52316-FR¹⁷.

4.1.1. Méthode de travail et sources d'information

Le travail a été réalisé en mobilisant plusieurs sources d'informations. Les dossiers relatifs aux subventions accordées par les Conseils Généraux du Bas et Haut-Rhin et par la Région Alsace ont d'abord été consultés, permettant de dresser une première liste des collectivités (communes, syndicats) ayant du réaliser des investissements du fait d'une pollution de l'eau

¹⁶ Cette période est choisie en raison des difficultés à obtenir des données pour des événements survenus il y a plus de quinze ans.

¹⁷ Rinaudo JD (2005) Evaluation de l'impact socio-économique de la pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et les pesticides. Volume 1 : Coût de la pollution pour le secteur eau potable entre 1988 et 2002. Rapport BRGM/RP53216-FR. Région Alsace : Strasbourg.

par des teneurs trop élevées en nitrates ou des pesticides¹⁸. L'information recueillie a été validée par les chargés d'affaires de l'Agence de l'eau Rhin Meuse (entretiens) et par une consultation de la base de données INTERVENTION de l'Agence de l'eau. Des entretiens complémentaires ont été réalisés par téléphone ou en face à face avec une trentaine de collectivités concernées par un problème de pollution diffuse des eaux souterraines. Enfin, les résultats ont été agrégés et le coût total calculé après avoir ramené les dépenses en euros 2001 (multiplication par l'indice de prix pour prendre en compte l'inflation).

L'une des principales difficultés rencontrées est due au fait que, dans la plupart des cas recensés, la pollution de la nappe par les nitrates et/ou les pesticides n'est pas le seul facteur justifiant la réalisation d'investissements dans le secteur eau potable¹⁹. En effet, en créant un nouveau captage, ou une interconnexion avec un réseau voisin, les communes cherchent en même temps :

- à répondre à une hausse de la demande en eau à court ou moyen terme ; dans certains cas, les nouveaux forages créés permettront de vendre de l'eau à des communes voisines²⁰ ; dans d'autres cas, ils permettront la réalisation de projets de développement de zones d'activité économique pour lesquelles l'eau représente une contrainte dans la situation actuelle²¹.
- à sécuriser leur approvisionnement en eau potable en diversifiant les ressources utilisées (réduction du risque lié aux pollutions accidentelles) ; dans certains cas, le captage abandonné était impossible à protéger (périmètre de protection impossible à mettre en œuvre) ce qui justifiait son abandon à court ou moyen terme, indépendamment du problème de pollution²².
- à acquérir une autonomie communale (ou intercommunale) en matière d'approvisionnement en eau ; ceci est le cas de certaines collectivités qui achètent actuellement de l'eau à des unités de distribution voisines et qui souhaitent s'affranchir de cette dépendance, souvent coûteuse ;
- à améliorer le fonctionnement de leur réseau de distribution ; les travaux d'interconnexion s'accompagnent ainsi parfois d'une restructuration du réseau, de la construction d'un réservoir supplémentaire rendu nécessaire par les travaux²³.
- enfin, on retrouve parfois une autre source de pollution qui justifie les travaux (par exemple pollution bactériologique).

¹⁸ Les cas de pollution ne sont recherchés que dans les unités de distribution exploitant des captages d'eau de la nappe phréatique d'Alsace, c'est à dire les eaux souterraines contenues dans le réservoir des alluvions quaternaires du fossé d'effondrement du Rhin. Sont donc exclues les unités de distribution situés dans le Sundgau, les Vosges ou la région de Saverne : bien que certains cas de pollution y aient été signalés (Bouxwiller, Hirsingue, etc.) ils ne sont pas pris en compte dans le recensement présenté ci-dessous.

¹⁹ Ces autres motivations ne sont pas toujours clairement explicitées dans les dossiers de demande de subvention que nous avons consultés et dans lesquels l'argument principal mis en avant est systématiquement le problème de pollution.

²⁰ Par exemple, la CU de Sélestat dimensionne son nouveau captage pour pouvoir vendre de l'eau à deux nouvelles communes (Kintzheim et Orschwiller) ; la Communauté de Communes de Marckolsheim construit un forage dimensionné pour être une ressource principale d'un futur réseau intercommunal maillé.

²¹ Par exemple, la Communauté de Communes de Bernstein et Ungersberg projette de réaliser une interconnexion en raison de la dégradation de la qualité de sa ressource mais aussi parce qu'elle souhaite développer une zone d'activité économique sur une surface de 80 hectares.

²² Par exemple, le captage de Orschwiller est abandonné en raison d'une pollution par les nitrates ; il est également proche de l'autoroute et donc impossible à protéger.

²³ Exemple de la Commune de Herrlisheim qui réalise une interconnexion pour un coût de 535 000 € mais qui doit aussi construire un nouveau château d'eau pour un montant de 455 000 €.

En d'autres termes, les investissements qui semblent rendus nécessaires par un problème de qualité de l'eau génèrent des bénéfices annexes dont la valeur –bien que difficile à évaluer- n'est pas négligeable. Pour estimer le coût de la pollution en toute rigueur, il faudrait donc théoriquement retrancher la valeur de ces services rendus par les nouveaux ouvrages au coût du projet. Nous n'avons pas effectué un tel calcul, qui supposerait de réaliser de nombreuses hypothèses, toutes susceptibles d'être l'objet de critiques importantes de la part des communes concernées. Par conséquent, le montant total estimé ci-dessous doit être considéré comme une *estimation haute des investissements* rendus nécessaires par la pollution par les nitrates et les pesticides *dans le secteur eau potable*.

4.1.2. Les différentes configurations rencontrées

Le recensement réalisé a mis en évidence six stratégies principales adoptées par les opérateurs du secteur eau potable lorsque la ressource qu'ils exploitent est affectée par une pollution diffuse (nitrates et/ ou pesticides).

a). Abandon de captage et mobilisation de ressource alternative

La première stratégie consiste à abandonner le captage affecté par la pollution et à rechercher une ressource de substitution. Il peut s'agir soit de la création d'un nouveau captage, soit de la réalisation d'une interconnexion avec un autre réseau d'eau potable. Le captage concerné par la pollution peut être abandonné²⁴ avec un retrait des pompes voire rebouchage du forage, ou au contraire conservé pour une éventuelle utilisation future. Certains captages peuvent même être maintenus en état de marche et fonctionner de quelques minutes à quelques heures par jour. A noter que l'information recueillie dans les dossiers de subvention ne permet pas de recenser les captages définitivement abandonnés et ceux qui sont maintenus en état.

Dans le cas de la réalisation d'un nouveau forage, l'investissement à réaliser inclut l'étude de recherche d'eau, le forage de reconnaissance, le forage, l'équipement du puits et le raccordement du nouveau captage au réseau (canalisation, éventuellement restructuration du réseau).

Dans le cas de la réalisation d'une interconnexion avec un autre réseau de distribution, l'investissement à réaliser est essentiellement lié à la pose de canalisations et, selon la topographie, à une station de pompage. Le choix de l'interconnexion implique aussi, pour la collectivité qui se raccorde, un surcoût de production de l'eau potable lié au fait que l'eau doit être achetée à la collectivité fournisseuse (à un prix parfois supérieur au coût de production antérieur). Un coût de pompage (énergie, entretien des pompes) peut s'y rajouter en fonction de la topographie. Par contre, l'interconnexion semble parfois être envisagée comme une solution temporaire en attendant la reconquête de la qualité de l'eau du ou des forages menacés.

b). Arrêt d'exploitation de captage sans mobilisation de ressource alternative

La seconde stratégie consiste à arrêter (ou ralentir) l'exploitation du captage affecté par la pollution et à augmenter l'exploitation des autres captages restés fonctionnels. En effet, l'arrêt d'un captage n'entraîne pas nécessairement la réalisation d'investissements si la

²⁴ A noter que l'abandon est obligatoire si la teneur en nitrates de l'eau brute dépasse 100 mg/L (eau impropre à la consommation). Bien qu'aucun cas de ce type n'ait été recensé, il n'est pas exclu que cette situation puisse se présenter dans les années à venir, notamment dans le piémont vosgien (par exemple à Barr où les teneurs en nitrates, proches de 70 mg/L, continuent à augmenter).

commune dispose d'autres ressources suffisantes pour couvrir les besoins en eau. Cette stratégie est généralement retenue par les collectivités qui espèrent parvenir à reconquérir la qualité de la nappe à court ou moyen terme. C'est par exemple le cas de la Ville de Mulhouse qui a arrêté l'exploitation de ses captages de la forêt de la Hardt tout en les maintenant en état afin de pouvoir en reprendre l'exploitation dès que possible.

Cet arrêt d'exploitation représente néanmoins un coût puisque le capital investi dans le captage est « gelé ». Ce coût pourrait être estimé en multipliant la valeur du capital immobilisé par un taux moyen de placement (4%). Ce coût n'a pas été estimé dans le cadre de cette étude du fait de la difficulté à effectuer un recensement exhaustif des captages dont l'exploitation a été provisoirement arrêtée. De plus, la fermeture d'un captage fragilise la sécurité de l'approvisionnement en eau de la collectivité, sécurité qui était garantie par l'existence de plusieurs captages (assurance contre le risque de pollution accidentelle).

c). Dilution de l'eau d'un captage pollué

La troisième stratégie consiste à poursuivre l'exploitation des captages pollués et à diluer l'eau (non conforme) qu'on y prélève avec une eau provenant d'une autre source. Si la collectivité dispose de plusieurs captages donnant accès à des ressources de qualité différente, une dilution peut être mise en œuvre à l'échelle de la collectivité. Cela peut impliquer des travaux de restructuration du réseau de façon à permettre le mélange des eaux de différentes provenances avant distribution. L'analyse des dossiers de subvention ne nous a pas permis de recenser les collectivités se trouvant dans cette configuration. La dilution peut également être pratiquée en important de l'eau d'un autre réseau, ce qui nécessite la pose de canalisations et, si nécessaire, d'une station de refoulement. Le coût de production de l'eau potable est augmenté (achat d'eau, coût de relevage).

Les communes du piémont vosgien, où il n'est pas rare qu'un ou plusieurs puits soient contaminés par les nitrates, représentent un cas particulier : la dilution de l'eau du puits pollué est réalisée avec l'eau de sources vosgiennes, dont l'eau est de bonne qualité²⁵. Les deux sources d'eau sont généralement mélangées afin que l'eau distribuée respecte les normes de potabilité. Souvent, du fait de l'étagement des habitations (différence d'altitude marquée), une partie du village est desservie par l'eau provenant des sources tandis que le forage situé en plaine alimente la partie basse du village. Lorsque la qualité de l'eau du forage se dégrade, il faut restructurer le réseau pour que l'eau du forage soit mélangée avec celle des sources avant distribution au point le plus haut du réseau²⁶.

d). Installation de station de traitement

La quatrième stratégie consiste à traiter l'eau pour la rendre conforme aux normes européennes. Cette solution peut être adoptée lorsque l'eau prélevée dans les captages de la collectivité dépasse systématiquement les normes de potabilité. Une partie seulement de cette eau doit être traitée avant d'être mélangée à l'eau brute dans une proportion telle que

²⁵ A noter que de nombreux représentants de collectivités locales que nous avons rencontrés opposent l'eau des sources qu'ils perçoivent comme une ressource pure à l'eau de la plaine qui est, au contraire, synonyme d'eau polluée (ou susceptible de l'être). Cette perception se traduit d'ailleurs par des efforts considérables de la part de ces collectivités pour conserver et remettre en état le captage de ces sources et limiter les pertes sur la partie du réseau distribuant cette eau.

²⁶ De tels travaux ont été réalisés à Barr par exemple où l'eau du forage de Zellwiller dépasse les normes de potabilité. Cette eau est maintenant pompée pour être mélangée à l'eau des sources dans le réservoir le plus haut du village. La même solution est en passe d'être adoptée par la Communauté de Communes de Saint Odile. Le mélange de l'eau du forage avec celle des sources est en outre pratiqué dans un très grand nombre de collectivités.

le mélange respecte les normes de potabilité. En région Alsace, seul le syndicat de St Louis – Huningue a installé une usine de dénitrification (technologie membranes échangeuses d'ions). Trois autres collectivités semblent récemment avoir pris la décision d'installer un système de traitement des pesticides (filtre à charbon actif). Enfin, il est important de noter que l'option « traitement » est presque systématiquement envisagée dans les études réalisées pour les collectivités (et à leur demande).

e). Opération de reconquête de la qualité de l'eau

La cinquième stratégie consiste à mettre en œuvre des mesures de reconquête de la qualité de la nappe afin d'éviter la réalisation d'investissements dans de nouvelles infrastructures (déplacement de captage, interconnexion, usine de traitement). Elles peuvent dans ce cas bénéficier si nécessaire d'une dérogation permettant de distribuer une eau non conforme, délivrée par la DDASS et valable trois années. Ces mesures, variables d'une collectivité à l'autre, consistent généralement en la mise en place de pratiques agricoles peu polluantes (voire de remise en herbe) et des mesures d'information et de sensibilisation de différents acteurs économiques susceptibles de contribuer à l'effort de protection de la zone d'alimentation du captage.

La modification des pratiques agricoles donne souvent lieu à une contractualisation entre la collectivité et les agriculteurs qui définit les contraintes à respecter et le montant de l'indemnisation versée²⁷. Les contraintes sont relatives : (i) à la fertilisation (apports limités avec périodes d'interdiction), (ii) à l'utilisation des phytosanitaires (interdiction de certains produits, remplacement d'herbicides par un désherbage mécanique, vérification systématique des performances des appareils de pulvérisation), (iii) aux cultures pratiquées (maintien en herbe des prairies, culture intermédiaires en hiver, rotations imposées). Les indemnités sont annuelles et calculées sur une base par hectare et s'élèvent en moyenne à 230 à 460 € (1500 à 3000 F) par hectare situé dans le périmètre de captage.

Une caractéristique essentielle de ces mesures de reconquête est que leurs effets ne deviennent mesurables qu'après 5 à 10 années – un délai qui impose du maître d'ouvrage une constance dans l'effort. Les élus peuvent donc être tentés, pour cette raison, de se prononcer en faveur de solutions plus technologiques (nouveau captage, traitement) dont l'effet est immédiatement visible et l'efficacité garantie.

f). Acquisition de terres dans le périmètre de protection

Enfin, quelques collectivités se sont engagées dans un programme d'acquisition foncière afin de remettre en herbe de tout ou partie du périmètre de protection. L'acquisition se fait généralement de manière progressive (Mulhouse par exemple) et plus rarement en une opération globale, comme par exemple Pfaffenheim qui a engagé l'acquisition des terres situées dans le périmètre de protection rapproché en 1990 mais n'a réussi à en acquérir que 50% plus de dix ans après²⁸.

²⁷ L'indemnisation des agriculteurs n'étant pas éligible à subvention pour les principaux bailleurs de fonds, nous n'avons pas pu recenser de manière exhaustive le nombre de collectivités concernées. Citons cependant le cas de la Communauté de Communes de la Basse Zorn, le syndicat des Eaux de Hochfelden et les communes de Zellwiller et Marckolsheim. Ces contrats ont été mis en place sur proposition technique de la Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin.

²⁸ Cette acquisition, qui avait été évaluée à 251 440 € en 1990, avait été subventionnée à hauteur de 50% par l'AERM. Elle avait été motivée par la hausse constante et rapide des teneurs en nitrates dans l'eau du captage municipal. A noter que les résultats ne sont pas probants puisque l'eau distribuée en 2000 (qui résulte d'un mélange d'eau de source et de celle du puits) présente encore des teneurs supérieures à 40 mg/L.

Les terres sont aménagées avec la réalisation de plantations (Mulhouse) ou maintenues en herbe et louées aux agriculteurs pour fauchage (Pfaffenheim). Si cette solution est parfois envisagée par les collectivités, elle se révèle souvent non réalisable d'un point de vue économique²⁹.

4.1.3. Importance du problème et population concernée

a). Importance relative des sources de pollution et population concernée

Sachant que 89 collectivités alimentant 1,32 millions d'habitants (données INSEE, 1999) exploitent l'eau de la nappe d'Alsace, ce sont plus de 30% des services d'eau potable et 33% de la population qui sont concernés. A l'échelle de la région Alsace, il a été recensé 28 collectivités ayant dû mettre en œuvre des mesures spécifiques en réponse à une pollution par les nitrates et/ou les pesticides des eaux souterraines qu'elles exploitent³⁰.

Ces collectivités alimentent en eau potable 177 communes et une population de plus de 432 000 habitants (Tableau 2) Les deux départements sont concernés de façon égale par ce problème avec 13 unités de distribution concernées dans le Haut Rhin (55 communes, 300 400 habitants) et 15 unités de distribution concernées dans le Bas Rhin (122 communes, 131 700 habitants).

Sur les 28 unités de distribution ayant rencontré un problème de pollution diffuse des eaux souterraines qu'elles exploitent, 16 ont dû faire face à un problème de teneurs en nitrates élevées, 7 ont été affectées par des pesticides tandis que 5 autres collectivités sont touchées par les deux types de pollution à la fois. Avec 22 collectivités concernées, la pollution par les nitrates est donc la première cause de dommages pour les services d'eau potable. Les 12 cas de collectivités concernées par la présence de pesticides sont des cas plus récents.

		Nitrates	Pesticides	Nitrates + pesticides	Total
Bas Rhin	Unités distribution	10	3	2	15
	Communes	49	69	4	122
	Habitants	73 379	52 899	5 415	131 693
Haut Rhin	Unités distribution	6	4	3	13
	Communes	26	11	18	55
	Habitants	67 647	29 447	203 316 *	300 410
Alsace	Unités distribution	16	7	5	28
	Communes	75	80	22	177
	Habitants	141 026	82 346	208 731 *	432 103

* : ce chiffre est élevé car il inclut la ville de Mulhouse.

Tableau 2 : Nombre d'unités de distribution d'eau potable ayant dû mettre en œuvre des mesures spécifiques en réponse à une pollution par des nitrates et/ou des pesticides.

²⁹ La Communauté de Communes du Pays de Saint Odile a ainsi chiffré (étude Sogreah) le coût d'acquisition des terres à 2,4 M€ pour 200 hectares et 6,7 M€ pour l'acquisition de 500 hectares, situés dans l'une des zones agricoles les plus productives d'Alsace. De tels coûts sont très importants par rapport au budget des collectivités concernées.

³⁰ Nous ne considérons ici que les communes ayant dû réaliser des investissements en réponse à cette pollution. Les autres communes qui ont été (ou sont encore) touchées par une pollution par les nitrates et les pesticides mais qui n'ont pas réalisé d'investissement en réponse à la pollution ne sont pas analysées dans cette étude.

b). Solutions adoptées par les collectivités

Le recensement réalisé montre que la principale stratégie adoptée par les collectivités en réponse à une pollution diffuse consiste à créer un nouveau captage : cette solution a été retenue par 11 cas sur les 28 recensés.

Les mesures de reconquête sont principalement adoptées par les collectivités ayant des problèmes de pesticides (8 cas sur 11). Cependant, il semblerait que sur les 11 collectivités ayant mis en œuvre des mesures de reconquête de la qualité de l'eau dans le périmètre de protection, au moins 7 ne les ont pas jugées suffisantes pour résoudre le problème et ont dû (ou projettent de) mettre en œuvre d'autres mesures (déplacement de captage, interconnexion). Seules 4 autres collectivités considèrent que ces mesures suffiront pour régler le problème.

Nous avons également recensé 2 collectivités localisées dans le piémont vosgien qui ont entrepris des travaux de réfection des captages des sources afin de permettre une dilution de l'eau des forages lorsque celle-ci présente des teneurs élevées en nitrates. A noter que d'autres cas similaires peuvent avoir échappé à ce recensement.

Seule une unité de distribution (Syndicat de Saint-Louis et Huningue) a opté pour le traitement des eaux (dénitratation). Ce choix s'explique en partie par le fait qu'il s'agit d'une unité de distribution de relativement grande taille (35 300 habitants) et par le fait que la collectivité ne disposait pas de site favorable à l'implantation d'un nouveau captage ni de voisin disposant d'eau de bonne qualité sur lequel s'interconnecter. A noter cependant que plusieurs collectivités concernées par des pollutions par les pesticides envisagent de s'équiper à court terme en filtres à charbon actif (moins chers et techniquement plus faciles à mettre en œuvre).

Enfin, deux collectivités se sont engagées dans un programme d'acquisition des terres situées dans le périmètre de protection. Le premier cas est celui de Pfaffenheim où, bien qu'une partie des terres situées dans le périmètre de protection aient été acquises depuis plus de 10 ans, la situation (teneurs en nitrates) ne s'améliore pas. Le second cas est celui de la ville de Mulhouse qui cherche à acquérir les terrains situés dans la zone d'alimentation des captages de la Doller (ouest de Mulhouse) afin de réduire le risque de contamination de ce champ captant dont la ville dépend entièrement depuis l'arrêt des captages de la Hardt.³¹

	Nitrates	Pesticides	Nitrates + pesticides	Total *
Nouveau forage	9		2	11
Mesures de reconquête	3	6	2	11
Interconnexion	3	2	2	7
Amélioration sources	2			2
Station traitement	1			1
Acquisition périmètre	1		1	2

* A noter que certaines collectivités ont parfois mis en œuvre plusieurs solutions.

Tableau 3 : Type de solution adoptée par les collectivités en réponse à la pollution subie.

³¹ Cette acquisition vise également à maîtriser les berges de la Doller (Serge Ramon, communication personnelle)

L'analyse des 28 cas recensés dans cette première partie de l'étude montre que c'est la logique d'abandon des captages pollués qui domine en Alsace. Les collectivités préfèrent rechercher une nouvelle ressource plutôt que traiter l'eau de leurs captages pollués ou de mettre en œuvre des mesures intensives de reconquête de la qualité de l'eau. Des efforts notables ont cependant été réalisés dans ce sens, notamment à travers des mesures incitant les agriculteurs à adopter des pratiques moins intensives. Les collectivités semblent cependant peu enclines à adopter cette stratégie car les résultats peuvent être longs à se manifester et ils sont incertains. De plus, le contrôle des émissions dans le périmètre de protection n'est pas une stratégie sûre puisque la pollution peut provenir de zones située en amont du périmètre de protection. Enfin, la stratégie qui consisterait à créer des zones de sauvegarde (ou sanctuaires d'eau souterraine) en acquérant de vastes étendues de terres autour des captages d'eau potable sur lesquelles les activités polluantes seraient exclues où fortement régulées semble difficile à mettre en œuvre du fait du coût très élevé du foncier en région Alsace. Seule la ville de Mulhouse s'est engagée dans cette voie après que ses captages de la Hardt aient dû être abandonnés.

Les limites de cette stratégie de la fuite en avant sont susceptibles d'apparaître dans un futur proche car le nombre de sites potentiellement exploitables pour la production d'eau potable est de plus en plus limité. Cette réduction des zones exploitables est due non seulement à la pollution par les nitrates et les pesticides mais aussi (i) au développement des zones artisanales, industrielles et commerciales qui représentent autant de risques de pollution ; (ii) au réseau routier dont l'extension condamne parfois de vastes zones exploitées ou exploitables ; (iii) à la découverte de nouvelles pollutions industrielles, de plus en plus nombreuses, et en particulier celles dues aux solvants chlorés ; (iv) aux décharges dont la présence, synonyme de risque de pollution ponctuelle, interdit la réalisation de forage.

4.1.4. Les investissements réalisés

a). Nature des investissements

Toutes les mesures mises en œuvre pour restaurer la qualité de l'eau potable sont ici considérées comme des investissements dans le sens où un capital est investi pour générer des bénéfices durables pour les usagers de cette eau potable. Il s'agit donc à la fois d'investissements matériels (génie civil, équipement, acquisition de terrains dans les périmètres de protection) et immatériels (actions de sensibilisation, indemnités d'agriculteurs, réalisation d'études). Elles sont sommairement ci-dessous décrites ci-dessous et leur coût total est chiffré.

- **Génie civil et équipements** : construction de nouveau captage, connexion du nouveau captage au réseau de distribution, interconnexion du réseau de distribution avec celui d'une collectivité voisine (canalisation, station de pompage), installation d'une usine de dénitrification (Saint-Louis-Huningue) ou de filtres à charbon actif (en projet dans plusieurs collectivités).
- **Acquisition foncière** : achat de terres situées dans le périmètre de protection (Mulhouse et Pfaffenheim). Aménagement de ces terres avec des plantations (Mulhouse).
- **Opérations de reconquête de la qualité** : il s'agit de projets qui visent à modifier les pratiques de différents types d'usagers utilisant des produits polluants : agriculteurs, services municipaux, particuliers, artisans, etc. Quatre projets de ce type ont été mis en œuvre en Alsace en 2002 avec le soutien de la Région Alsace et de l'Agence de l'eau Rhin Meuse. Ils reposent essentiellement sur des efforts d'information et de sensibilisation des différents publics (mise en place d'un animateur). Ils peuvent être complétés par un programme d'indemnisation supposé faciliter l'adoption des pratiques souhaitées (secteur agricole).

- **Mesures agri-environnementales** : il s'agit de mesures incitatives visant à modifier les pratiques agricoles dans la zone d'alimentation du captage concerné par la pollution diffuse. Des subventions sont attribuées aux agriculteurs qui acceptent de maintenir leurs terres en prairies ou de respecter un cahier des charges particulier. Dans certains cas, il s'agit de ne pas utiliser certains produits (l'atrazine, avant que celle-ci ne soit interdite), à respecter les recommandations techniques de la profession agricole, à opérer une vérification du réglage des appareils de pulvérisation. L'indemnisation est annuelle et forfaitaire par hectare – de 230 à 460€ par hectare et par an (maximum autorisé par la réglementation européenne). Il est difficile de recenser tous les cas de ce type car ils résultent souvent d'initiatives communales non éligibles à subvention de la part des financeurs traditionnels du secteur de l'eau.
- **Etudes** : Nous avons recensé 12 études relatives aux pollutions diffuses et réalisées entre 1991 et 2002. Quatre d'entre elles sont relatives à une pollution par des produits phytosanitaires (réalisées entre 1998 et 2002) et 8 autres sont relatives à une pollution par les nitrates.

b). Bilan des dépenses réalisées

La pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et les pesticides a généré, pour le secteur eau potable, une dépense totale s'élevant à près de 26,5 millions d'euros³². Plus des trois quarts de ces dépenses (77%) sont liées à la présence de nitrates dans les eaux exploitées pour la production d'eau potable, 16% sont liées à la présence conjointe de pesticides et de nitrates et 7% à la présence seule de pesticides.

La création de nouveaux captages et la réalisation d'interconnexions représentent respectivement 54% et 25% de ce montant. Les dépenses liées aux autres mesures représentent 16% du montant total et les études 5%³³.

	Nitrates	Pesticides	Nitrates et Pesticides	Total
Nouveau forage	13 045 566		1 204 546	14 250 112
Interconnexion	4 470 181	768 211	1 462 856	6 701 248
Mesures de reconquête	573 898	806 371	258 522	1 638 791
Etudes	301 163	286 843	736 288	1 397 454
Acquisition foncière	302 985		660 062	963 047
Usine de traitement	861 665			861 665
Amélioration sources	688 071			688 071
Total	20 243 529	1 934 585	4 322 274	26 427 228
	en € constants			
	en % du total	77%	7%	16%

Tableau 4 : Montant des dépenses réalisées par les opérateurs du secteur eau potable en réponse à la pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et/ou les pesticides (période 1988 – 2002 ; en euros constants 2001).

³² Soit 173 millions de Francs.

³³ Nous avons inclus dans la rubrique « étude » la réalisation des piézomètres de surveillance de la pollution diffuse en amont des captages de la Hardt (Ville de Mulhouse).

c). Poids relatif des dépenses par taille de collectivité

Rapporté au nombre d'habitants desservis par les 28 collectivités concernées, les investissements réalisés du fait de la pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et pesticides s'élèvent à 60€ par habitant en moyenne (sur la période 1988-2002).

Une analyse plus détaillée montre cependant que ce montant par habitant est très variable d'une collectivité à l'autre, variant ainsi de quelques euros à plus de 750 € par habitant. Comme le montre la figure suivante, les dépenses générées par la pollution représentent un poids relatif plus important pour les petites collectivités que pour les grandes agglomérations ou structures intercommunales. Toutes les collectivités pour lesquelles la dépense dépasse 200 € par habitant sont des collectivités desservant moins de 5000 habitants (à l'exception du SIVOM du pays de Sierentz). Les trois communes ayant la dépense la plus élevée par habitant sont des communes de respectivement 535 habitants (Orschwiller), 966 habitants (Chalampé) et 1830 habitants (Bergheim).

Ce coût est aujourd'hui en grande partie couvert par des aides publiques (Agence, Départements). Mais si ces subventions venaient à être réduites, ce coût élevé serait supporté directement par les collectivités, dont les plus petites ne pourraient supporter seules les investissements rendus nécessaires par la pollution diffuse. La pollution de la nappe pourrait ainsi conduire à une concentration des unités de distributions d'eau potable et à l'émergence de structures intercommunales de plus grande taille capables de mobiliser des ressources financières plus importantes et de réaliser des économies d'échelles.

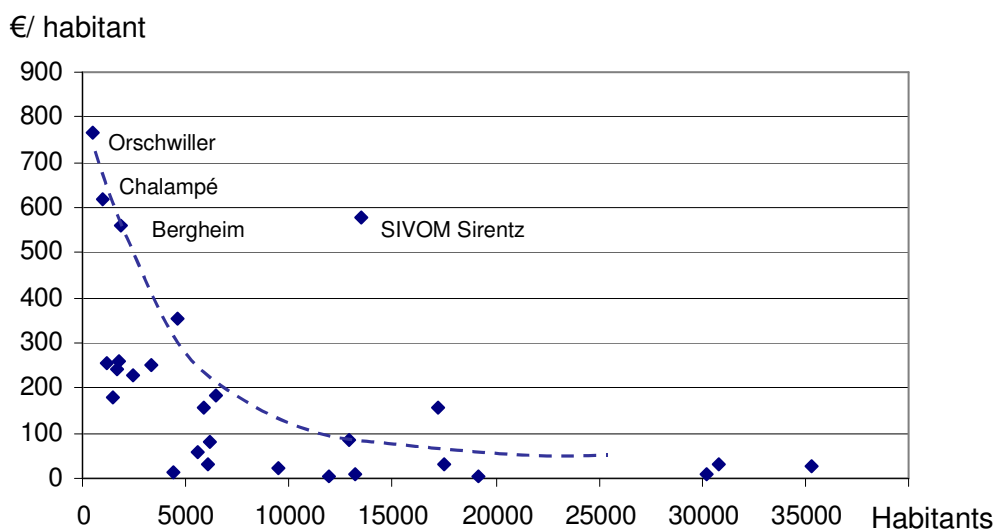


Figure 2 : Montant des dépenses réalisées suite à une pollution diffuse par les collectivités en fonction de leur taille (nombre d'habitants desservis).

4.2. COUT SUPPORTES PAR LES MENAGES

Les ménages supportent deux types de coûts induits par la pollution diffuse de la nappe. Tout d'abord, les investissements réalisés en réponse à la dégradation de la qualité de la nappe se sont traduits par une augmentation du prix et de la facture d'eau, que nous cherchons à évaluer ci-dessous à travers quelques cas concrets. Ensuite, la perte de confiance des ménages dans la qualité de l'eau du robinet, en partie imputable à la crainte

des nitrates et pesticides, a conduit à une augmentation des achats d'eau en bouteille (eau de source). Il s'agit souvent d'un coût que les ménages subissent et non d'un choix de consommation de leur part (si l'on exclue les achats d'eaux minérales et d'eaux pétillantes).

4.2.1. Augmentation de la facture d'eau

Les investissements décrits dans la section précédente ont été en grande partie financés par des aides publiques de l'Agence de l'eau et des Conseils Généraux (avec un maximum de 70% du coût total) mais aussi par une augmentation du prix de l'eau potable.

L'augmentation de prix due aux investissements liés à la présence de nitrates ou pesticides a pu être évaluée en consultant les dossiers de subvention pour 13 collectivités. Le niveau de hausse de prix observé (actualisé en € 2001) varie entre 4 et 73 centimes d'euro par mètre cube, la moyenne pondérée par le volume distribué s'établissant à 0,205 €/m³. Pour un ménage de 4 personnes, consommant en moyenne entre 150 m³ par an, cette augmentation se traduit par *une augmentation de la facture de 31 € par an environ*.

Cette augmentation du prix de l'eau aurait cependant été bien plus importante en l'absence de subventions. Cette hypothèse est évaluée en supposant que les collectivités, qui ont bénéficié d'aides variant entre 50 % et 70% du montant total des investissements, aient dû couvrir leurs coûts en ayant recours à des fonds propres. La hausse moyenne du prix de l'eau aurait alors été de l'ordre de 0,41 à 0,68 €/m³, soit une *hausse moyenne de la facture de 61 à 102 € par an et par ménage*.

4.2.2. Coût des achats d'eau en bouteille

La forte médiatisation des problèmes de pollution de la nappe d'Alsace a contribué à ébranler la confiance des consommateurs dans la qualité de l'eau du robinet. Cette perte de confiance peut être attribuée aux épisodes de pollution par les solvants chlorés (Strasbourg, Mulhouse, Colmar, Erstein, Châtenois, etc.), les pollutions des mines de potasse qui affectent la région de Mulhouse depuis plus de 30 ans et les très nombreux cas de pollution par les nitrates et les pesticides dont nous avons parlé ci-dessus. Comme le montrent les résultats des enquêtes présentées dans la section « Enjeux », cette perte de confiance s'est traduite par une hausse de la consommation d'eau en bouteille et par une augmentation du nombre de ménage installant à domicile un dispositif de traitement d'eau.

Pour évaluer le surcoût que génère pour les ménages la crainte des nitrates et pesticides, nous avons pu poser trois hypothèses :

- Tout d'abord, nous supposons que seule une petite partie de la consommation d'eau en bouteille est imputable à la crainte que l'eau du robinet contienne des nitrates et des pesticides. En effet, les sondages réalisés au niveau national montrent bien que la consommation d'eau en bouteille relève de motivations diverses, dont la faible tolérance des consommateurs aux éventuels mauvais goûts de l'eau (chlore, calcaire). Selon le CIEAU (2000), seulement 12% des ménages qui déclarent ne pas consommer d'eau du robinet justifient cette décision par la crainte des nitrates et/ou des pesticides. Nous retenons ce chiffre pour la suite de l'évaluation.
- Nous supposons ensuite que 80% des habitants alimentés par une eau en provenance de la nappe d'Alsace consomment de l'eau en bouteille (soit 925 000 personnes) ; il s'agit d'une hypothèse basse, les sondages réalisés en Alsace estimant cette proportion à près de 90% (voir section 3 du rapport).

- Nous supposons enfin que les consommateurs d'eau en bouteille dont le comportement est motivé par la crainte des nitrates et pesticides achètent un litre d'eau en bouteille (eau de source) par personne et par jour en moyenne, au prix de 0,31 € par litre (chiffres de la Chambre de Consommation d'Alsace).

Sur la base de ces hypothèses, la dépense annuelle totale générée par la crainte des nitrates et des pesticides est de 14,3 M€ (en 2002). En outre, si l'on suppose que la consommation en eau a doublé entre 1988 et 2002, passant de 40% à 80% de la population en 15 ans, le coût total annuel est passé de 7 millions d'euros en 1988 à 14,3 millions en 2002. La dépense totale cumulée sur 15 ans est donc de **162 M€** (en € constant 2001).

L'estimation du coût lié à l'installation des systèmes de filtration est rendu très difficile par l'absence de données statistiques fiables sur le nombre de ménages qui s'équipent et la nature et le coût des équipements (voir encadré). Un ordre de grandeur est toutefois estimé, en supposant que :

- en 2002, 7% des ménages ont installé un dispositif de filtration (chiffre obtenu par le sondage IPSOS au niveau national), la majorité d'entre eux (5%) cherchant simplement à adoucir l'eau.
- 1% des ménages, qui cherchent à retirer les nitrates, pesticides et autres micropolluants, ont installé des filtres à charbons actifs sur robinet, 1%, utilisent des carafes et bouilloires filtrantes et 0,5% ont installé des installations plus complexes comme des osmoseurs.
- l'utilisation de tels dispositifs filtrants est relativement récente : nulle ou marginale en 1990, elle a progressivement augmenté pour atteindre les proportions proposées ci-dessus en 2002.

En utilisant ces hypothèses et le coût des systèmes de filtration présentés dans l'encadré ci-dessous, nous estimons que la somme des dépenses réalisées du fait de la pollution par les nitrates et les pesticides est comprise entre 720 000 et 940 000€ par an (en 2002), soit un total cumulé entre 1990 et 2002 compris entre 4,6 et 6,2 millions d'euros.

Encadré : les dispositifs de filtration de l'eau (hors adoucisseurs)

On distingue trois grandes familles de dispositifs de traitement installés chez les particuliers : les dispositifs antitartre (adoucisseurs fonctionnant par échange d'ion ou antitartre électroniques) ; les dispositifs visant à éliminer les pollutions bactériologiques (rayons ultraviolets) et les dispositifs de filtration poussés visant à éliminer les pollutions organiques classiques et les micropolluants (métaux lourds, pesticides, etc.). Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons uniquement à cette dernière catégorie, seule susceptible de permettre de supprimer les traces de nitrates et peptides. Les appareils les plus courants sont les suivants :

- *Carafe et bouilloire filtrantes* : Utilisées pour la boisson uniquement. Grâce à une cartouche composée de charbon actif, l'eau est débarrassée du chlore, des impuretés, des substances qui lui donnent mauvais goût et conserve les minéraux et oligo-éléments. Le plomb, le cuivre ou certains pesticides et herbicides sont réduits. Coût : environ 100€ pour la bouilloire, 40€ pour la carafe, durée de vie 5 ans. Cartouche 7 €, 5 cartouches par an pour une famille de 4 personnes. Coût annuel moyen par famille : 50 à 70 €

- *Filtre sur robinet («On Tap»)* : Utilisée pour la cuisine et la boisson. Cartouche filtrante composée de charbons actifs installée sur le robinet fonctionnant comme les carafes et bouilloires. Coût : 55 € (durée de vie 5 ans), cartouche 20 € à remplacer tous les 1200 litres soit 0,017 € le litre. Le même principe existe pour la filtration des nitrates. Coût : 35 € permettant de filtrer 500 litres à 60 mg/L de nitrates (soit 0,07 €/litre). Coût moyen annuel par famille : 80 à 110€.

- *Osmoseur* : c'est un appareil sous évier qui se compose d'une membrane d'osmose inverse, de pré-filtres sédiment et charbon actif, et d'un post-filtre carbone. Elimine 90 à 99% de nitrates, phosphate, arsenic, radioactivité, mercure, plomb, pesticides, bactéries et calcaire. Il fournit de 20 à 80 l d'eau pure par jour environ. Coût : 850 € (prix hors pose, durée de vie 10 ans), entretien 150 € par an (changement membrane tous les 3 ans, coût 120€ + cartouches filtres charbon actif + autres filtres). Coût annuel pour une famille : 175 à 210 €.

Remarque : ces chiffres, tirés de quelques catalogues de distributeurs d'équipements, sont à considérer comme des estimations sommaires.

4.3. LE COUT POUR L'INDUSTRIE AGRO-ALIMENTAIRE

4.3.1. Objectif et déroulement de l'enquête

Qu'elle soit utilisée comme matière première, adjuvant, pour le lavage ou la cuisson, la qualité de l'eau a une incidence particulièrement importante sur la qualité des produits de industrie agroalimentaire. La pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et les pesticides est donc susceptible d'avoir généré un coût important pour les entreprises de ce secteur au cours des deux dernières décennies. Ces coûts pourraient encore augmenter si la dégradation se poursuivait : certains experts évoquent une généralisation des traitements par charbon actif et osmose inverse, une perte de compétitivité, une détérioration de l'image de marque des produits alimentaires alsaciens, voire une délocalisation d'entreprises pour lesquelles l'eau représente un facteur de production essentiel.

Pour mieux évaluer les conséquences économiques de la pollution de la nappe sur le secteur agroalimentaire, nous avons entrepris une consultation d'entreprises représentatives de différentes branches d'activité. Deux approches étaient alors possibles : la première consistant en la réalisation d'une enquête par voie postale, utilisant un questionnaire court et ciblé sur quelques questions, mais cherchant à toucher un échantillon important et statistiquement représentatif ; la seconde consistant à interroger un nombre restreint de représentants du secteur, en réalisant des entretiens face à face ou par téléphone. La seconde approche, bien que plus coûteuse en temps, a été retenue afin de recueillir

l'information la plus détaillée possible tels que la relation d'évènements ou l'expression d'impressions qualitatives de satisfaction ou d'insatisfaction, ce que n'aurait pas permis une enquête par voie postale.

Trente quatre entreprises ont ainsi été consultées en face à face (quelques entretiens téléphoniques). L'échantillon d'entreprises a été constitué en consultation l'Association Régionale de l'Industrie Agroalimentaire en Alsace de manière à couvrir les deux départements et à représenter les principales branches d'activités (charcuterie ; chocolaterie ; fabrication de pâtes alimentaires, pain, pâtisseries et bretzel ; brasserie ; transformation de fruits et légumes dont choucroute ; transformation du lait ; fabrication de condiments, sauces ; et levurerie). Les entreprises employant plus de 100 personnes ont été choisies en priorité, ainsi que celles pour qui l'eau représente une matière première. L'échantillon contient à la fois des entreprises qui disposent d'un forage privé et d'autres qui dépendent exclusivement du réseau d'eau potable. Ces dernières ont été sélectionnées dans des communes où l'eau potable distribuée est de bonne qualité et dans d'autres où les normes de potabilité ne sont parfois pas respectées.

Au cours de l'entretien, qui est réalisé de manière semi-directive, les sujets suivants ont été abordés : usages de l'eau dans l'entreprise ; origine de l'eau (forage ou réseau public) ; perception de sa qualité et éventuels problèmes ; contraintes réglementaires, techniques et commerciales déterminant la sensibilité aux nitrates et pesticides ; l'appréciation générale de l'évolution passée et future de la qualité de l'eau et de ses conséquences sur l'entreprise. La durée des entretiens varie entre 30 minutes et une heure et demie.

4.3.2. Cas des entreprises disposant de leur propre ressource en eau

Lorsque les entreprises possèdent un forage individuel, la pollution peut conduire soit à l'abandon du captage et au raccordement au réseau public, soit à la mise en œuvre d'un système de traitement.

En cas d'abandon d'un captage et de connexion au réseau public, le coût engendré est triple : tout d'abord, l'abandon (temporaire ou définitif) du forage représente une perte financière (investissement réalisé) ; ensuite, la connexion au réseau public engendre un coût (pose de canalisation) qui n'est pas forcément pris en charge par la collectivité distribuant l'eau potable³⁴ ; enfin, l'utilisation d'eau potable est plus onéreuse que celle d'un forage individuel, ce qui génère un surcoût de production durable, surtout pour les industries consommant des quantités importantes d'eau (comme par exemple la brasserie). Par manque de données, nous n'avons pas réalisé de recensement exhaustif des captages industriels abandonnés pour cause de contamination par les nitrates et pesticides.

En cas d'installation d'un dispositif de traitement, l'entreprise doit supporter un coût d'investissement ainsi qu'une hausse durable du coût de production. Cela a été le cas d'une grande industrie de la brasserie située à Obernai, dont les captages présentaient des teneurs en nitrates élevées dès le début des années 1990. Cette brasserie installe en 1991 une première station de dénitratisation afin de disposer d'une eau de très bonne qualité pour la fabrication de la bière. L'eau des forages restant potable, elle continue d'être utilisée pour le process (lavage des cuves, etc.). Une seconde station (osmose inverse) est en cours d'installation. La construction de ces deux usines de traitement (génie civil et équipement)

³⁴ Ce coût de raccordement d'une entreprise consommant des débits importants d'eau peut être très élevé car nécessitant une restructuration du réseau public. A titre d'exemple, citons le cas du raccordement des 5 principales brasseries de l'agglomération strasbourgeoise qui avait été réalisée suite à une pollution par des COV (1992-94) pour un coût total de 541 000 € (€ constants).

représente un investissement total de 7,19 millions € (€ constants) auxquels il faut rajouter le coût de fonctionnement. Supposant que celui-ci est voisin de 0,1 € par mètre cube, et que l'industrie traite en moyenne 1,5 million de m³ par an³⁵, le surcoût de production généré par la pollution nitratée depuis 1991 est de l'ordre de 150 000 € par an soit 2,3 millions depuis 1991 (€ constants). Enfin, cette même industrie recherche de nouvelles ressources dans les aquifères gréseux des Vosges ce qui a déjà généré un coût de 520 000 € en étude et forages de reconnaissance (cf. tableau 4).

Elément de coût	Montant (en millions € constant 2001)
Construction des usines de traitement (1991, 2003)	7.19
Fonctionnement des usines de traitement (1991-2002)	2.3
Recherche de nouvelles ressources dans les Vosges	0.52

Tableau 4 : Exemple de coûts engendrés par la pollution en nitrates pour une brasserie.

Au total, la pollution par les nitrates aura coûté plus de **10 millions d'euros** à cette brasserie et aux collectivités qui ont subventionné les travaux (notamment l'Agence de l'eau) et d'autres travaux restent à réaliser (nouveau captage). Cet exemple isolé illustre l'importance du problème de la pollution diffuse pour les industries du secteur agroalimentaire.

4.3.3. Cas des entreprises utilisant l'eau du réseau collectif

Lorsque les entreprises ne disposent pas de forage individuel et qu'elles sont alimentées par le réseau d'eau potable, elles peuvent subir des dommages du fait de la dégradation de l'eau distribuée, même si celle-ci reste potable au regard des normes sanitaires et que la DDASS en autorise la distribution.

C'est en particulier le cas des industries agroalimentaires lorsque l'eau distribuée n'est pas conforme aux normes européennes : une collectivité peut ainsi distribuer de l'eau présentant des teneurs en pesticides supérieures à 0,1 µg/L à condition que cette teneur reste inférieure à la norme de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) soit 0,4 µg/L. D'un point de vue réglementaire, l'entreprise agroalimentaire reste autorisée à produire en utilisant cette eau. Cependant, la pression exercée par les clients (et en particulier la grande distribution) est telle que l'entreprise devra mettre en œuvre les moyens nécessaires pour qu'aucune trace de pesticide ne soit décelable dans le produit final. Certains auditeurs de la grande distribution imposeraient même que l'eau utilisée pour la production de produits alimentaires soit totalement exempte de traces de pesticides. La solution envisagée par plusieurs entreprises s'étant trouvée ponctuellement dans cette situation est l'installation de filtres à charbon actif³⁶.

³⁵ Ce volume correspond à l'eau utilisée pour la fabrication ; 3 millions de m³ supplémentaires sont utilisés par ailleurs.

³⁶ D'autres entreprises vont encore plus loin, comme cette entreprise allemande de fabrication de pâtes alimentaires qui importe par camion et à grands frais de l'eau de source pour remplacer l'eau contaminée par les nitrates qu'elle utilisait jusqu'alors.

4.3.4. Principaux enseignements

Au cours des quinze dernières années, un nombre important d'entreprises a pu être confronté à la présence de nitrates et/ou pesticide dans l'eau de leurs forages, les conduisant à abandonner ceux-ci et à se raccorder au réseau public d'eau potable. Le surcoût généré par ce passage d'une ressource individuelle et très peu coûteuse à une ressource collective beaucoup plus chère a pu être considérable pour les gros consommateurs d'eau. Cependant, l'absence de données statistiques n'a pas permis de recenser ces entreprises, rendant impossible le chiffrage du coût subi par le secteur agroalimentaire dans son ensemble.

D'autres entreprises disposant d'un forage privé contaminé par les nitrates ou les pesticides ont été amenées à installer des dispositifs de traitement (charbons actifs, dénitrification par résines échangeuses d'ions ou osmose inverse). Ces investissements n'étant pas subventionnés, il n'a pas été possible d'en faire un recensement même approximatif. Cependant, le cas d'une grande brasserie alsacienne étudié en détail montre que le surcoût engendré par le besoin de traitement peut être considérable (10 millions d'euros sur 10 ans) et du même ordre de grandeur que celui subi par les distributeurs d'eau potable. L'enjeu économique est donc considérable.

L'eau ne représente généralement pas une part importante du coût de revient des produits alimentaires fabriqués, même dans les cas où elle représente une matière première vitale comme dans le cas de la brasserie (l'emballage représente à lui seul une part beaucoup plus importante par exemple). Dans l'hypothèse où la dégradation de la qualité de l'eau souterraine se poursuivrait, les entreprises seraient donc probablement capables de supporter le coût d'un traitement par charbon actif en grains ou par osmose inverse. Le risque que la pollution de la nappe conduise à une perte de compétitivité et à des délocalisations d'entreprises semble donc relativement peu important.

La pollution de la nappe par les pesticides génère cependant un risque économique majeur pour les entreprises qui pourraient être prises au dépourvu en cas de pollution de l'eau du robinet (ou de leur forage), notamment par les pesticides. En effet, peu d'entreprises se sont préparées à l'éventualité d'une situation où l'eau du réseau présenterait des traces de pesticides, voire des concentrations dépassant la norme de potabilité de 0,1 µg/L. Elles considèrent que le distributeur d'eau potable leur délivrera toujours une eau conforme à la réglementation et semblent ignorer (ou tout au moins sous-estimer le risque) que la DDASS peut autoriser la distribution d'une eau présentant des concentrations en pesticides supérieures à la norme (cas de dérogation temporaires). Or, dans cette situation, les entreprises seraient probablement amenées à cesser temporairement toute activité et à trouver une ressource en eau alternative (approvisionnement par camion citerne par exemple).

Paradoxalement, les entreprises consultées semblent tout à fait conscientes que la moindre trace de pesticides dans leurs produits pourrait gravement nuire à leur image de marque et générer des dommages économiques irréversibles. Ce sentiment est d'autant plus fort que les produits sont de haut de gamme et qu'ils véhiculent une partie de l'image de marque de l'Alsace.

4.4. LE COUT POUR LES GENERATIONS FUTURES

La dégradation de la nappe d'Alsace ne génère pas uniquement des coûts pour les usages actuels (eau potable, industrie), elle représente également une perte de patrimoine commun pour l'ensemble de la population et les générations futures. Cette perte de patrimoine est susceptible de se traduire sous forme de coûts (directs ou indirects) pour les générations futures.

Compte tenu de l'incertitude relative à la forme que prendront les dommages futurs, ces coûts futurs sont difficilement évaluables en termes monétaires. La seule méthode économique actuellement disponible pour évaluer la valeur de non usage d'actifs environnementaux est la méthode de l'évaluation contingente. Elle consiste à estimer par enquête le consentement d'une population à payer pour protéger un actif naturel (ici la nappe phréatique), qu'elle n'utilise pas. L'hypothèse sous jacente à cette méthode est que le consentement à payer des générations présentes révèle la valeur de la ressource pour les générations futures. Une telle évaluation de la valeur de non usage de la nappe d'Alsace a été réalisée par l'Université Louis Pasteur en 1993-95. Les auteurs de cette étude ont estimé que les ménages n'utilisant pas l'eau de la nappe étaient prêts à payer 52 € (en € 1995, soit 56€ en 2002) par ménage et par an en moyenne pour mettre en place des actions visant à protéger la nappe pour les générations présentes et futures. On suppose que les ménages utilisant l'eau de la nappe attribuent la même valeur à sa protection pour les générations futures. La valeur totale de non usage de la nappe est donc égale à 96 millions d'euros par an (€ 2002).

Nous cherchons maintenant à évaluer monétairement la perte de patrimoine que représente la pollution par les nitrates et les pesticides en 2002 (autres pollutions exclues), considérant que, en 2002, la norme de potabilité est dépassée dans 8% de la surface de la nappe pour les nitrates et 17% des points de mesure pour les pesticides (résultats inventaire 2003). Si l'on suppose que la présence des deux polluants soit indépendante, on peut estimer que la nappe d'Alsace a perdu 25% de sa valeur pour les générations futures du seul fait de la pollution par les nitrates et pesticides – soit 24 millions par an. Si l'on suppose au contraire que nitrates et pesticides sont toujours présents ensemble, la perte, on estime que la nappe a perdu 17% de sa valeur pour les générations futures – soit 16 millions par an.

4.5. RESUME ET CONCLUSION

4.5.1. Bilan des coûts générés par la pollution par les nitrates et les pesticides entre 1988 et 2002

La première catégorie d'acteurs concernée par l'augmentation des teneurs en nitrates et en pesticides des eaux exploitées est celui des **collectivités locales** (communes et syndicats intercommunaux). Entre 1988 et 2002, près d'un tiers des collectivités produisant de l'eau potable à partir de la nappe d'Alsace ont été concernées par ce type de pollution. Ces collectivités alimentent 177 communes, desservent en eau plus de 432 000 habitants. Les investissements qui ont dû être réalisés en réponse à ces pollutions ont été estimés à **26 millions d'euros**, plus des trois quarts étant attribués au problème des nitrates. De nouveaux investissements seront probablement réalisés dans un proche futur pour répondre à de nouvelles pollutions déjà identifiées. Un recensement des projets en cours permet d'estimer que plus de **10 millions d'euros** seront investis avant la fin de la décennie pour répondre à des problèmes de pollution par les nitrates et/ou les pesticides.

Les ménages subissent indirectement le coût de cette pollution, puisque le coût des investissements réalisés a été en partie reporté sur le prix de l'eau potable ? Celui-ci a été renchéri de 20 centimes d'euros en moyenne pour les collectivités concernées par ce type de pollution. Pour un ménage de 4 personnes, cela se traduit par une augmentation de la facture annuelle de 30 € par an environ. Si l'intégralité du coût avait été supporté par les ménages, c'est-à-dire en l'absence de subventions accordées par l'Agence de l'Eau et les Conseils Généraux, l'augmentation de la facture d'eau aurait été comprise entre 60 et 100 € par an et par ménage. La pollution a aussi contribué à accentuer la crise de confiance des consommateurs vis à vis de la qualité de l'eau du robinet, d'où un renchérissement des dépenses d'achat d'eau en bouteille et des achats de dispositifs de traitement à domicile, dont le coût total est évalué à **165 millions** d'euros sur 15 ans.

Bien que plus difficiles à quantifier, d'autres coûts s'ajoutent à ces coûts d'investissement. Le **secteur industriel** a probablement été lourdement pénalisé par la progression des teneurs en nitrates et pesticides, comme en témoigne l'exemple de l'une des principales brasseries alsaciennes, pour laquelle la hausse des teneurs en nitrates a généré plus de **10 millions** d'euros de dépenses en 15 ans.

Enfin, la dégradation de la nappe phréatique d'Alsace représente une perte de valeur du **patrimoine naturel** de la population alsacienne. Bien qu'il soit difficile de la chiffrer en termes monétaires, cette perte de valeur a été évaluée entre 16 et 24 millions d'Euros par an soit de **180 à 270 millions** d'euros sur 15 ans³⁷.

4.5.2. Mise en perspective des résultats

Les estimations présentées ci-dessus peuvent être mises en perspective en les comparant au coût de certaines mesures de lutte contre la pollution d'origine agricole – mises en place pour réduire ou éviter les dommages économiques générés par la pollution³⁸. Trois exemples de mesures « phare » sont présentés ci-dessous à titre d'illustration :

- **La remise en herbe des terres arables** : environ 2300 hectares de prairie bénéficient depuis 1986 d'une politique de subvention pour le maintien en herbe, d'un montant de 230 €/ha, soit un coût annuel de l'ordre de 530 000 € et un coût total sur 15 ans de près de 6 M€ entre 1988 et 2002³⁹. Le financement est assuré par l'Europe depuis 1990 à hauteur de 75%, la Région Alsace et l'Agence de l'Eau finançant les 25% restant.
- **Cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN)** : environ 9400 hectares sont concernés par cette mesure en 2002 dont 3000 sont mis en place dans le cadre des Mesures Agri-Environnementales de la PAC (aide de 91€/ha/an dans le cadre d'un CTE) et 6400 aidés par l'Agence depuis 2001 (avec une aide de 65 à 100 € par hectare et par an selon l'espèce végétale mise en place). Le coût total de cette mesure – qui contribue à réduire le risque de pollution de la nappe, s'élève donc à 900 000 € par an environ.

³⁷ Somme actualisée sur 15 ans du coût (16 ou 24 millions selon hypothèse) avec un un taux de 3%.

³⁸ De nombreuses mesures financées par l'Agence de l'Eu, la région, et la Politique Agricole commune (Contrats Territoriaux Environnementaux, Contrats d'Agriculture Durable) ont été mises en place pour tenter de réduire la pollution diffuse d'origine agricole par les nitrates et les pesticides. Certaines visent à réduire les fuites en nitrates (implantation de cultures pièges à nitrates, maintien en herbe des terres labourables) d'autres la pollution par les pesticides (enherbement du vignobles, bandes enherbées le long des cours d'eau, désherbage mécanique, promotion de la lutte biologique contre les parasites, etc.).

³⁹ Source : Serge Ramon, communication personnelle. Estimation réalisée avec un taux d'actualisation de 3%.

- **Opérations Fertimieux** : 8 opérations Fertimieux, regroupant 800 agriculteurs chacune en moyenne, ont été mises en place dans la zone couvrant la nappe d'Alsace et le Sundgau. Entre 1993 et 2002, environ 4 millions d'euros d'aides ont été accordées par l'agence aux opérations Fertimieux en Alsace, ce qui représente la moitié des aides accordées à ce type d'opérations dans l'ensemble du bassin Rhin-Meuse (Ramon, 2004) dont environ 50% à l'Alsace dont une très grande partie est classée zone vulnérable.

5. Caractérisation et scénarios d'évolution des concentrations en nitrates

Le coût des dommages estimés dans la section 4 ci-dessus est susceptible d'augmenter dans les années à venir si la hausse des teneurs en nitrates observée entre les années 1970 et l'inventaire de 1997 se poursuit. Suite à la réalisation de l'inventaire de 2003, dont les résultats ont été rendus disponibles en cours d'étude, il est apparu que les teneurs en nitrates semblaient se stabiliser. Aussi la tendance d'évolution des teneurs en nitrates sur la période 1991 - 2003 a-t-elle fait l'objet d'une analyse fine, en utilisant les outils et méthodes de la géostatistique. Une projection de ces tendances a ensuite été réalisée en vue de construire des cartes de teneurs en nitrates à l'horizon 2015. Cette section présente les résultats de l'ensemble de cette démarche.

5.1. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES

Les teneurs en nitrates de la nappe d'Alsace ont été étudiées du point de vue de leur variabilité dans le temps et l'espace par des méthodes géostatistiques, avec comme objectif la caractérisation de l'évolution des teneurs en nitrates dans la nappe d'Alsace et l'élaboration de scénarios tendanciels pour l'année 2015 (Blanchin et Elsass, 2004). Plusieurs types de données ont été exploités et valorisés.

Les **historiques de longue durée** des concentrations en nitrates comprennent 50 ouvrages disposant de données continues de 1980 à 2000, essentiellement des captages d'eau potable. L'étude de leur variabilité temporelle a mis en évidence des comportements très différents :

- Des ouvrages montrant une évolution continue (augmentation ou diminution constante) ;
- Des ouvrages montrant une évolution structurée mais dont la tendance ne peut être prédite au-delà de 6 années ;
- Des ouvrages dont les teneurs ont un comportement aléatoire, donc non prévisible.

Cette partie de l'étude justifie l'intervalle de 5 à 6 ans entre deux inventaires successifs adopté de façon empirique par la Région Alsace, mais montre aussi la difficulté d'une extrapolation point par point.

Les **inventaires généraux de la qualité de la nappe** réalisés sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace en 1991, 1997 et 2003 donnent une image de la répartition des teneurs en nitrates des eaux de la nappe à intervalle de 5 à 6 ans. L'étude de variabilité spatiale des teneurs par géostatistique a permis de calculer des modèles numériques différents (appelés variogrammes⁴⁰) pour la répartition des teneurs dans les alluvions vosgiennes siliceuses et les alluvions rhénanes carbonatées : ces modèles prennent notamment en compte l'anisotropie des distributions, contrôlée par les directions d'écoulement qui sont globalement N45° dans les alluvions vosgiennes et N20° dans les alluvions rhénanes.

⁴⁰ Variogramme : fonction géostatistique permettant de modéliser la corrélation entre deux points de mesure situés à une distance donnée dans l'espace ou dans le temps.

5.2. CARTOGRAPHIE NUMERIQUE

L'utilisation des variogrammes permet ensuite de réaliser une cartographie numérique, par la méthode du krigeage⁴¹, de la répartition des concentrations en nitrates pour chacun des trois inventaires retenus (1991, 1997, 2003, Figure 3). De manière générale ces cartographies restituent correctement les tendances observées lors des études précédentes et se rapprochent des cartographies des nitrates tracées manuellement par les hydrogéologues (Région Alsace, 2000). Les directions d'écoulement sont bien respectées, seuls des détails apportés à dire d'expert par les hydrogéologues tels que la dilution des concentrations par les infiltrations le long de certains cours d'eau ne sont pas reproduits. L'avantage de ces cartes numériques est qu'elles disposent d'une information numérique dans chaque maille du modèle : le calcul de la différence de concentration de chaque maille entre deux inventaires successifs permet ainsi d'élaborer des cartes montrant la répartition spatiale des écarts et donc de mettre en évidence les surfaces concernées par des augmentations ou des diminutions de concentrations (Figure 4).

L'examen des différences met ainsi en évidence une nette détérioration des teneurs en nitrates entre 1991 et 1997 (teintes jaunes à orange reflétant une augmentation entre 0 et 15 mg/L) et une légère diminution entre 1997 et 2003 (teintes vertes à turquoise correspondant à une diminution entre 0 et 10 mg/L). Certains secteurs de bordure tels que le cône de déjection de la Zorn et le débouché de la Bruche montrent des évolutions très fortes (rouge et bleu) qui sont des artefacts dus soit à des points de mesure au comportement erratique soit à des remplacements de points entre les inventaires.

Le tableau 5 synthétise l'évolution des concentrations moyennes en nitrates ainsi que les surfaces concernées au regard des valeurs guides européennes. Pour avoir un recul plus important dans le temps, les résultats acquis sur les données de l'inventaire 1983 ont été intégrés dans le tableau. Les conclusions qui se dégagent sont les suivantes :

- La concentration moyenne estimée sur l'ensemble de la nappe atteint un pic en 1997 avec une valeur de 28,5 mg/L; cette concentration diminue en 2003 pour atteindre une valeur de 25,7 mg/L (équivalente à celle de 1991).
- En 1997, dès lors que les teneurs sont supérieures à 25 mg/L, les surfaces concernées sont plus importantes qu'en 1991 et 2003.
- La surface des zones fortement contaminées, où la limite de potabilité de 50 mg/L est dépassée représentait 8% en 1997, valeur concordante avec celle obtenue par la cartographie manuelle classique (Région Alsace, 2000) ; en 2003 la surface contaminée ne représente plus que 5%, traduisant ainsi une diminution sensible.

⁴¹ Krigeage : méthode géostatistique d'interpolation linéaire basée sur le variogramme et permettant de minimiser l'incertitude en chaque point.

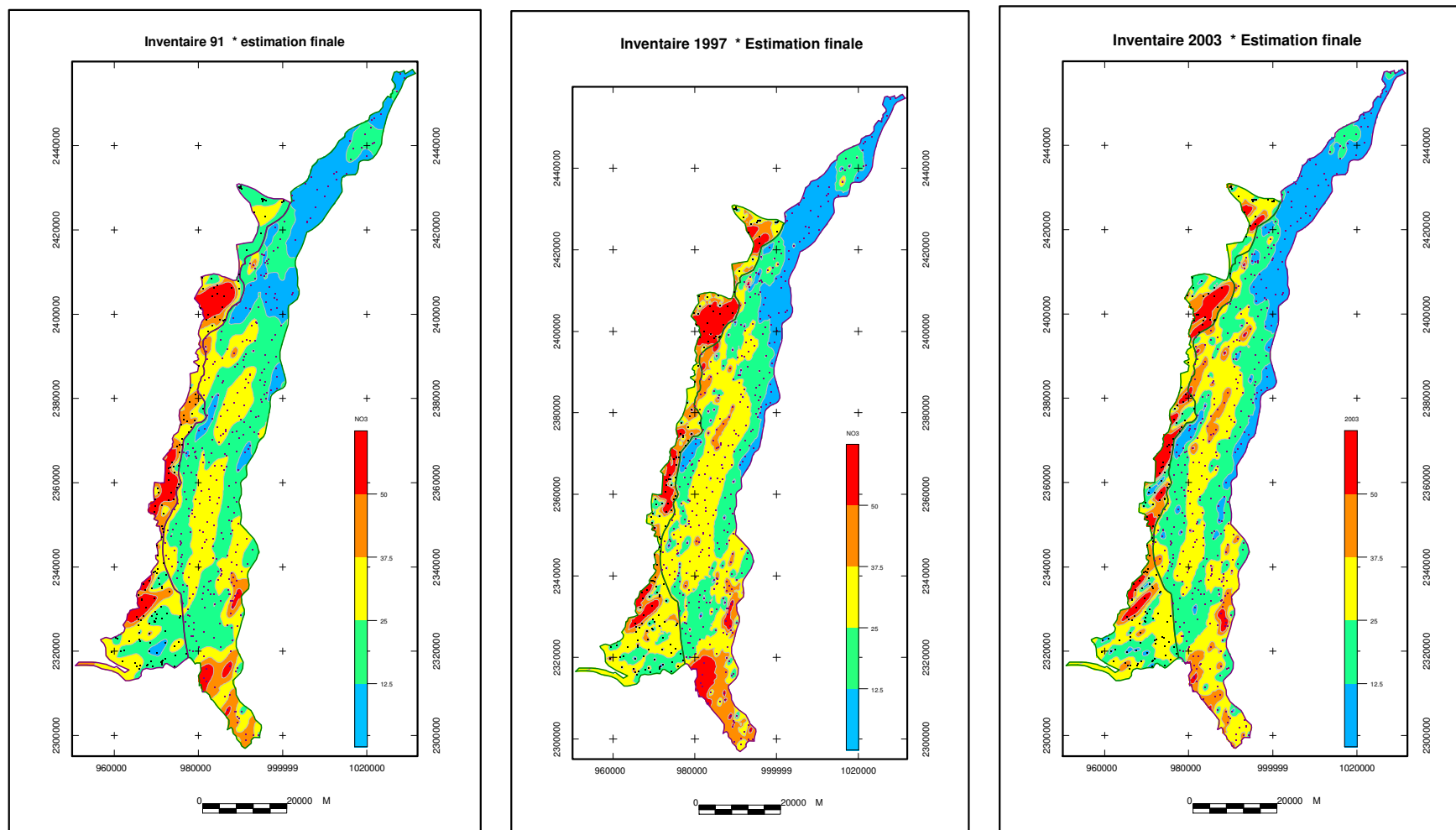


Figure 3 : Restitutions numériques par krigeage des cartes des inventaires 1991, 1997 et 2003. Données issues de l'inventaire régional 2003 de la qualité de l'eau de la nappe d'Alsace (Région Alsace). Réalisation des cartes BRGM sous maîtrise d'ouvrage Région Alsace.



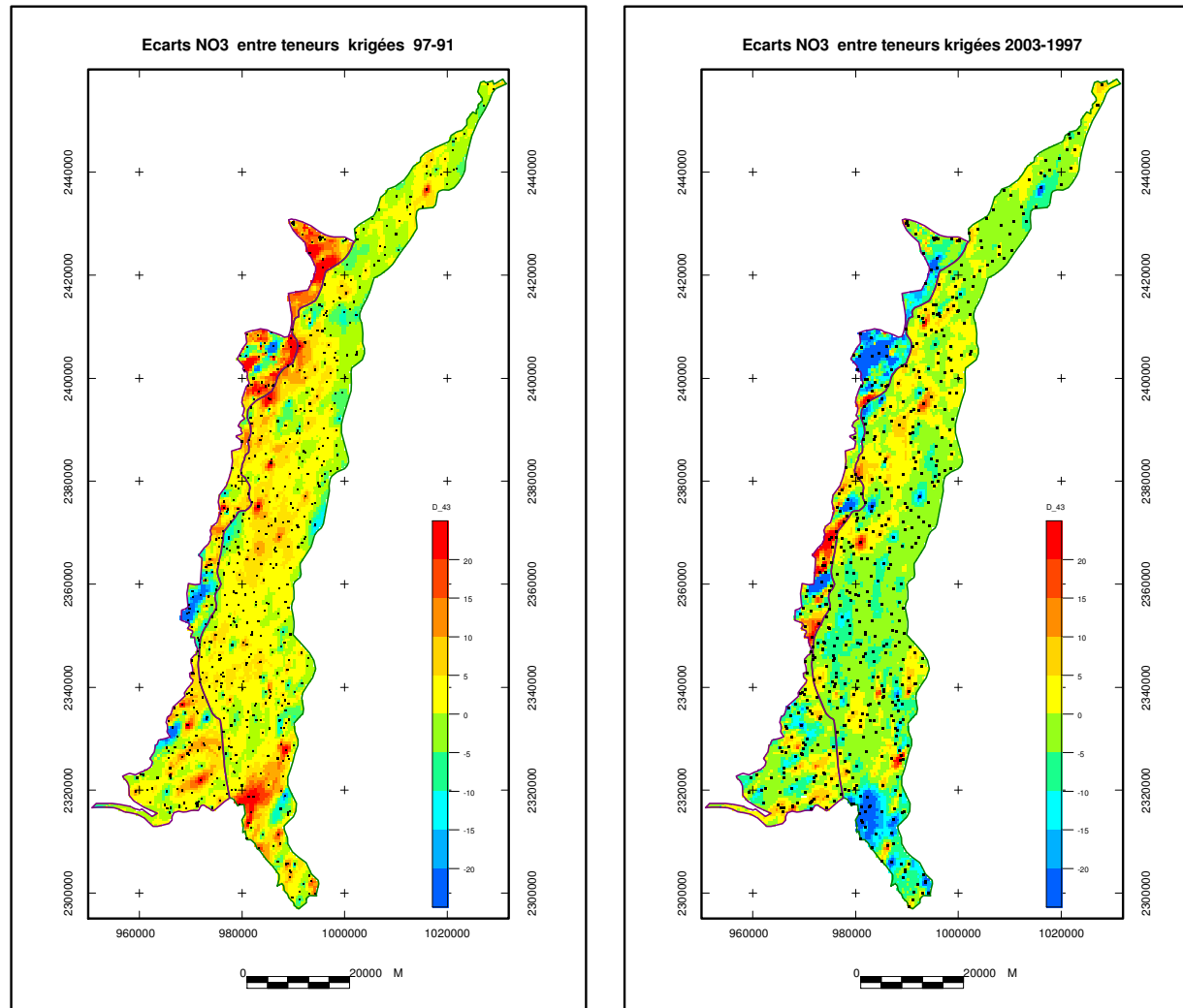


Figure 4 : Cartes des écarts entre teneurs krigées (différentiel 1997-1991 et 2003 -1997)



Inventaire		Modèle complet	NO3 < 25	25 < NO3 < 40	40 < NO3 < 50	NO3 >50
1983	Teneur moyenne estimée (mg/L)	24.8	14.9	31.5	44.2	60.1
	Surface concernée (%)	100%	53%	36%	7%	4%
1991	Teneur moyenne estimée (mg/L)	25.5	16.4	30.5	44.2	71.6
	Surface concernée (%)	100%	53%	36%	5.5%	5.5%
1997	Teneur moyenne estimée (mg/L)	28.5	15.3	31.3	44.1	69.8
	Surface concernée (%)	100%	43%	40%	9%	8%
2003	Teneur moyenne estimée (mg/L)	25.7	15.1	31.2	44.1	66.1
	Surface concernée (%)	100%	52%	36%	7%	5%

Tableau 5 : Evolution des teneurs et des surfaces en fonction des plages de concentrations

5.3. ANALYSE DES INCERTITUDES

L'avantage essentiel du krigeage par rapport aux autres types d'interpolation réside dans la quantification de l'incertitude associée à toute valeur interpolée. Cette incertitude représente l'écart entre la valeur réelle de la concentration et la valeur estimée.

La cartographie des incertitudes associées à l'estimation des teneurs en nitrates permet de faire les constatations suivantes :

- les alluvions vosgiennes sont entachées d'une incertitude plus importante que les alluvions rhénanes, du fait de la plus forte variabilité des teneurs ;
- l'incertitude au voisinage immédiat des forages est de l'ordre de 3 mg/L pour les alluvions rhénanes et de 10 mg/L pour les alluvions vosgiennes ;
- l'incertitude augmente progressivement quand on s'éloigne des points de mesure pour atteindre des maxima dans les zones sous informées où la qualité des estimations demeure très médiocre et demande la plus grande vigilance sur l'interprétation que l'on peut en faire.

L'incertitude sur la moyenne de l'ensemble des données est par contre relativement faible et avec 1,7 mg/L ne représente que 6% en valeur relative.

5.4. SCENARIOS D'EVOLUTION DES TENEURS EN NITRATES

5.4.1. Eléments de méthode

Deux méthodes peuvent être utilisées pour construire des scénarios d'évolution des teneurs en nitrates dans la nappe phréatique d'Alsace. La première consiste à utiliser un modèle mathématique représentant l'écoulement des eaux souterraines dans le sous sol et le transport des nitrates ; cette approche, qui suppose la mobilisation de moyens techniques et financiers importants, permet non seulement de simuler l'évolution tendancielle de la qualité des eaux, mais aussi d'évaluer l'impact qu'auraient différentes actions de protection de la ressource en eau.

En l'absence d'un tel modèle mathématique, une approche plus simple a été retenue⁴². Elle consiste à extrapoler le modèle numérique de l'inventaire 2003 obtenu par krigeage avec les tendances observées dans le passé (1991 – 2003) à l'horizon temporel envisagé (2015). Cette extrapolation est réalisée maille par maille de manière à reconstituer une carte des teneurs en nitrates en 2015. Dans les scénarios d'évolution des teneurs en nitrates jusqu'à 2015, deux hypothèses sont prises en compte, l'une plutôt optimiste et l'autre plus pessimiste. L'hypothèse optimiste est que la tendance récente d'amélioration observée entre 1997 et 2003 va se poursuivre jusqu'en 2015. L'hypothèse pessimiste est que cette tendance récente est due en partie à des facteurs climatiques et que l'évolution des prochaines années ne pourra être aussi favorable ; on supposera alors que la situation en 2015 résultera de la prolongation de la tendance observée à plus long terme entre 1991 et 2003 sur 12 ans, période assez longue pour être *a priori* représentative de conditions climatiques à long terme.

D'un point de méthodologique, il existe deux façons d'extrapoler la carte d'une situation donnée : on peut extrapoler chaque maille de la différence observée sur cette maille entre deux inventaires, et donc prolonger des évolutions locales favorables ou défavorables. Mais il est également possible d'extrapoler les mailles d'une même classe de teneur de la différence moyenne pour cette classe de teneur, et ainsi lisser les évolutions locales. Nous avons donc réalisé divers essais d'extrapolation des tendances observées entre les inventaires successifs, pour aboutir à plusieurs cartographies des teneurs en nitrates en 2015, qui apparaissent plus ou moins favorables, en gardant à l'esprit qu'il ne s'agit pas de cartes prédictives mais seulement de représentations possibles destinées à examiner quel pourrait être l'impact de l'évolution future des teneurs en nitrates de la nappe d'Alsace. La section suivante présente les résultats de ces extrapolations.

⁴² Pour plus de détails sur les aspects méthodologiques, voir le rapport Blanchin et Elsass (2005). Evaluation de l'impact socio-économique de la pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et les pesticides. Volume 3 : caractérisation et scénarios d'évolution des concentrations en nitrates. Rapport BRGM/RP-53213-FR. Région Alsace et Brgm. 52 p.

5.4.2. Résultats

a). Projection à 2015 de la tendance récente 1997-2003

La moyenne des teneurs calculées pour 2015 avec cette hypothèse s'établit à 21,8 mg/L à comparer aux 25,7 mg/L de 2003 (Figure 5). Cependant l'aspect général de la carte simulée est très hétérogène, on observe de nombreuses taches rouges et bleues dues à de fortes dégradations ou améliorations locales. Comme nous l'avons vu, la projection peut être améliorée par un lissage des écarts, en extrapolant chaque maille par la différence moyenne de sa classe de teneur, d'après le Erreur ! Source du renvoi introuvable.. La carte résultante a un aspect beaucoup plus homogène (Figure 5). La moyenne générale est plus basse, 20,1 mg/L, et beaucoup de taches rouges ont disparu. On peut penser que cette carte lissée représente une projection plutôt optimiste de l'état en 2015.

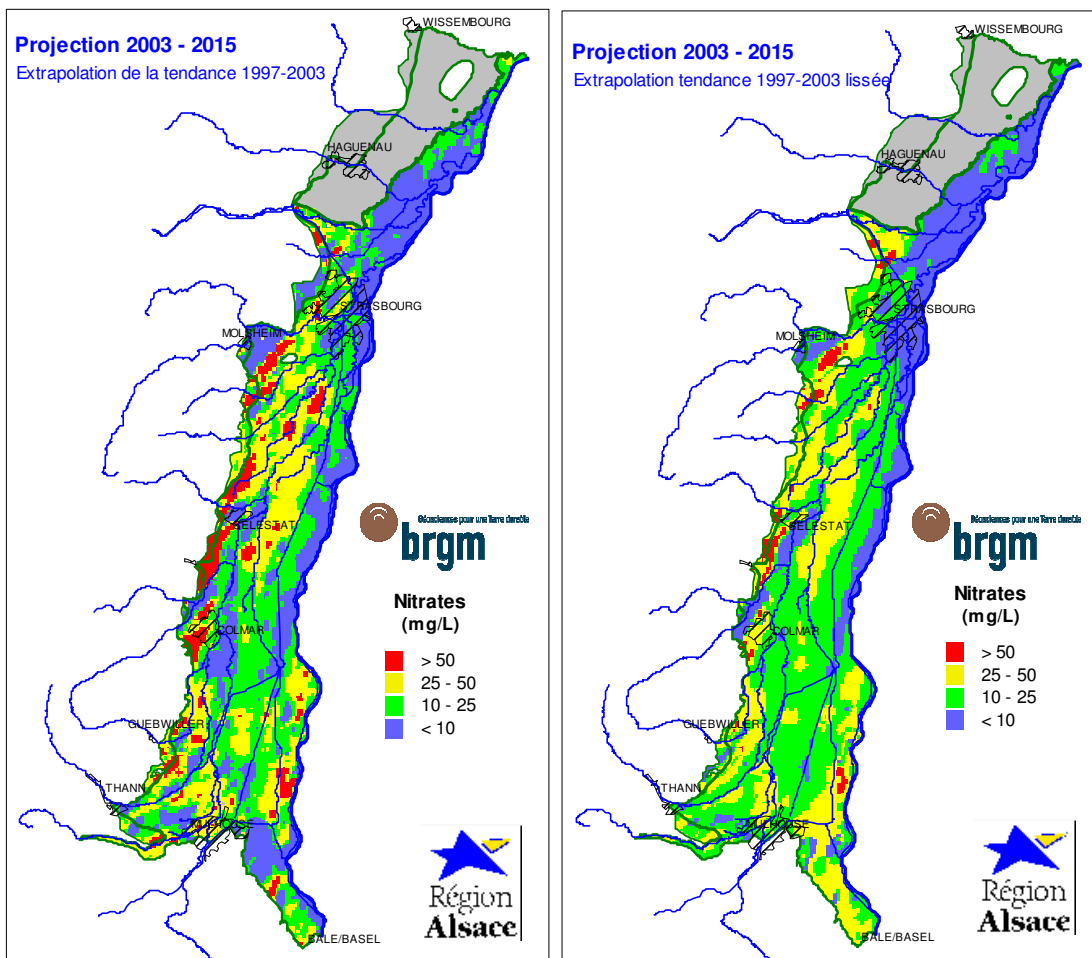


Figure 5 : Projections à 2015 de la tendance 1997-2003

b). Projection à 2015 de la tendance globale 1991-2003

La moyenne des teneurs calculées pour 2015 avec la seconde hypothèse s'établit à 26,3 mg/L à comparer aux 25,7 mg/L de 2003 et aux 21,8 mg/L de la projection précédente (Figure 6). L'aspect général est moins hétérogène (et apparaît plus réaliste) que dans la projection précédente, car on extrapole une différence observée sur une plus longue période. Cette version est aussi plus pessimiste que la précédente : il y a moins de zones bleues et les zones rouges sont plus étendues.

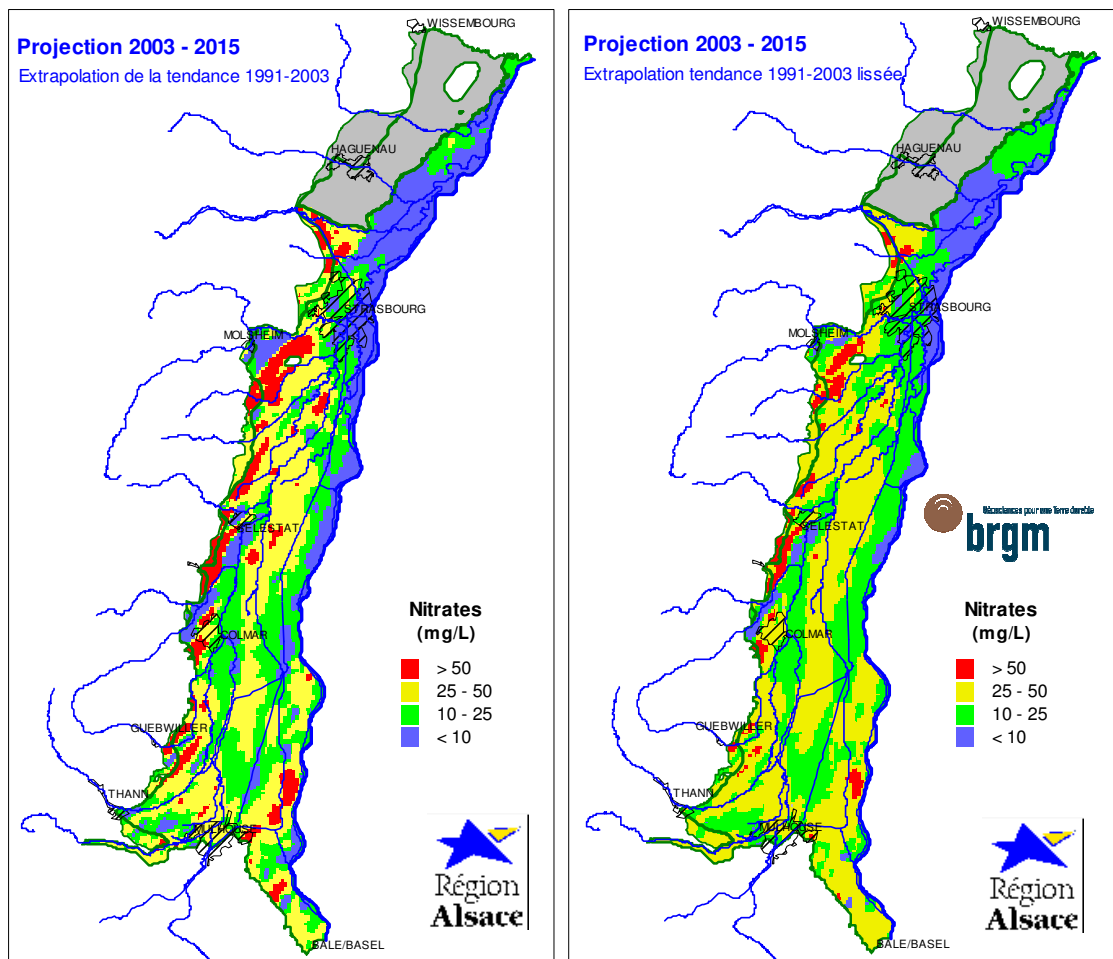


Figure 6 : Projections à 2015 de la tendance 1991-2003

L'aspect de la projection peut également être amélioré par le lissage des écarts, en extrapolant chaque maille par la différence moyenne de sa classe de teneur. La carte résultante a un aspect beaucoup plus homogène (Figure 6). La moyenne générale est un peu moins élevée, 25,8 mg/L, et beaucoup de taches rouges ont disparu. Cette

carte est très proche de la situation observée en 2003 et correspondrait à un cas de figure de stagnation des teneurs en nitrates. Elle peut être retenue comme le cas de figure pessimiste de la situation en 2015.

Tranche en 1991	Ecart moyen 1991-1997 (6 ans)	Ecart moyen 1997-2003 (6 ans)	Ecart moyen 1991-2003 (12 ans)
<10 mg/L	1.7	-0.5	1.2
10 à 25 mg/L	3.3	-1.7	1.5
25 à 50 mg/L	3.9	-2.7	1.2
> 50 mg/L	-3.8	-16.9	-20.7

Tableau 6 : Différences moyennes entre les inventaires par classe de teneur

c). Projections retenues

Le tableau ci-après récapitule les résultats des différentes projections, en termes de moyenne des teneurs en nitrates et de pourcentage de surface de la nappe supérieure à 50 mg/L (calculé d'après le nombre de mailles du modèle). Les extrapolations non lissées qui prennent en compte les écarts au niveau local peuvent être utilisées pour étudier les risques d'impact sur des AEP dont la situation locale était en dégradation ces dernières années. Elles apparaissent cependant exagérément pessimistes au niveau global.

Nous retiendrons donc plutôt les extrapolations réalisées à partir des écarts lissés. L'extrapolation de la tendance globale 1991-2003 lissée représenterait l'hypothèse pessimiste : la moyenne des nitrates (25,8 mg/L) est pratiquement la même que celle de 2003 (25,7 mg/L) mais la surface de la nappe dépassant 50 mg/L est plus faible (2% contre 5%). Cette carte très proche de la situation observée en 2003 correspondrait à un cas de figure de stagnation des teneurs en nitrates.

L'extrapolation de la tendance récente 1997-2003 lissée représenterait une hypothèse optimiste, avec une moyenne de 20,1 mg/L et seulement 1% de surface de nappe supérieure à 50 mg/L. Cette situation proche d'un "bon état" de la nappe suppose que les tendances récentes de forte diminution des fortes teneurs observées entre 1997 et 2003 se poursuivent avec la même intensité.

Projection	Moyenne des concentrations en nitrates (mg/L)	Pourcentage de mailles supérieures à 50 mg/L
Krigeage inventaire 1991	25.5	6%
Krigeage inventaire 1997	28.5	8%
Krigeage inventaire 2003	25.7	5%
Extrapolation 1997-2015	21.8	7%
Extrapolation 1997-2015 lissée	20.1	1%
Extrapolation 1991-2015	26.3	10%
Extrapolation 1991-2015 lissée	25.8	2%

Tableau 7 : Résultats globaux des projections

5.5. RESUME ET CONCLUSION

L'analyse des données issues des trois derniers inventaires de la qualité des eaux souterraines dans la plaine d'Alsace a permis de caractériser, par une approche géostatistique, l'évolution des teneurs en nitrates dans l'espace et dans le temps, et de construire des scénarios tendanciels pour l'année 2015.

La première étape de ce travail avait pour but d'étudier la variabilité spatiale à partir d'un réseau de plusieurs centaines de points de mesure, de construire un modèle géostatistique tenant compte des différents types d'alluvions et de réaliser une cartographie de la répartition des concentrations en nitrates pour chacun des trois inventaires retenus (1991, 1997, 2003). Cette cartographie par krigeage est assez proche des cartographies réalisées manuellement à dire d'expert. Le calcul de la différence de concentration entre deux inventaires successifs a permis d'élaborer des cartes montrant la répartition spatiale des écarts et donc de mettre en évidence les surfaces concernées par des augmentations ou des diminutions de concentration. La cartographie ainsi obtenue permet de dégager les grandes tendances et peut contribuer à orienter les décisions relatives à une gestion optimale des eaux souterraines.

La deuxième étape consiste à analyser l'évolution temporelle des concentrations à partir d'une cinquantaine de forages d'eau pour lesquels les historiques sont connus depuis 1980. Chaque forage met en évidence un comportement spécifique de l'évolution des concentrations. Les résultats de cette analyse montrent qu'au-delà d'une période de 5 à 6 ans, les corrélations temporelles, lorsqu'elles existent, disparaissent au détriment d'une indépendance des concentrations, ce qui justifie l'intervalle adopté par la Région Alsace pour la réalisation des inventaires. L'évolution temporelle est un phénomène complexe à appréhender globalement à l'échelle de la nappe en raison de la variété des situations et évolutions locales.

La troisième étape exploite les résultats acquis sur la base de l'analyse des évolutions passées pour élaborer des scénarios et tenter des projections à l'année 2015 en se

basant sur les évolutions observées entre les inventaires 1991, 1997 et 2003. Un premier test a tenté de reconstituer la situation 2003 à partir de l'écart entre les inventaires 1991 et 1997. L'inventaire 2003 est ainsi apparu nettement moins dégradé que sa prévision, ce qui doit correspondre à un changement notable des pressions de pollution durant cette période.

Les projections pour l'année 2015 aboutissent à une fourchette de valeurs situées entre une stagnation par rapport à 2003 et une poursuite de l'amélioration amenant à une situation relativement satisfaisante, même si les toutes les zones rouges à plus de 50 mg/L ne disparaissent pas totalement. Ces projections n'ont pas de valeur prédictive, mais sont réalisées en vue d'alimenter la réflexion prospective des acteurs. Elles pourraient également être valorisées dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur l'Eau, qui prévoit de construire des scénarios tendanciels à l'horizon 2015.

6. Scénarios d'évolution des concentrations en pesticides

Nous avons montré, dans la section 4 de ce rapport, que la présence de produits phytosanitaires dans les eaux souterraines peut générer des dommages économiques importants pour les acteurs du secteur eau potable, les industriels et les ménages. Comme pour les nitrates, il est donc important de tenter d'anticiper l'évolution future de cette pollution afin de mettre en évidence les coûts qu'induirait l'absence d'action de protection de la nappe phréatique dans ce domaine, notamment pour les collectivités locales dont les ressources en eau potable pourraient être dégradées.

Cet exercice d'anticipation est cependant rendu difficile par le peu de données disponibles, le très grand nombre de molécules en présence, le fait que le comportement de chacune d'elles diffère selon les conditions naturelles (type de sol notamment) et le fait que les substances utilisées en agriculture évoluent rapidement. Comme pour la problématique nitrates décrite dans la section précédente, nous sommes contraints de baser la construction des scénarios d'évolution sur un certain nombre d'hypothèses fortes qui, bien qu'ayant fait l'objet de discussions entre experts, peuvent encore faire l'objet de débat. Les résultats qui en découlent ne doivent donc pas être considérés comme des prédictions mais plutôt comme une description d'un état plausible de la nappe phréatique à l'horizon 2015.

6.1. HYPOTHESES D'EVOLUTION DES TENEURS EN PRODUITS PHYTOSANITAIRES

6.1.1. Méthodologie mise en œuvre

D'un point de vue méthodologique, il n'est pas possible d'utiliser une méthode d'interpolation géostatistique des données issues des inventaires régionaux, comme cela a été fait pour les nitrates dans la section précédente. En effet la géostatistique, comme la statistique classique, traite de "populations" de valeurs qui doivent être de même nature. Or les mesures des teneurs phytosanitaires dont nous disposons ne constituent pas une population de données homogènes (au sens statistique) car elles comprennent des points pour lesquels nous ne connaissons pas la valeur des concentrations en phytosanitaires (teneurs comprises entre le seuil de détection et de quantification) et d'autres pour lesquelles la concentration a pu être mesurée.

Une autre approche a donc dû être mise en œuvre pour élaborer les scénarios d'évolution des teneurs en produits phytosanitaires. Elle consiste en quatre étapes principales. Tout d'abord, nous avons caractérisé l'évolution de la pollution par les phytosanitaires observée entre les deux derniers inventaires de la qualité de la nappe

d'Alsace (1997 et 2003). Dans un deuxième temps, nous avons caractérisé l'évolution des teneurs en phytosanitaires dans la partie badoise de la nappe où l'on dispose de plus de recul historique par rapport à l'évolution de certains produits dont l'utilisation n'est plus autorisée depuis plus de dix ans en Allemagne (atrazine et ses métabolites). Des hypothèses d'évolution future ont ensuite été formulées puis appliquées à l'ensemble des points de l'inventaire 2003 afin d'estimer, en chaque point de l'inventaire, le risque que les seuils de potabilité soient dépassés. Enfin, les résultats ont été spatialisés en utilisant la méthode des polygones de Thiessen⁴³.

6.1.2. Evolutions observées entre 1997 et 2003 en Alsace

Les concentrations des principaux produits phytosanitaires ont été mesurées au cours des inventaires menés en 1997 et 2003 sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace. Les analyses réalisées ont porté sur respectivement 22 et 32 substances en 1997 et 2003, et ont été réalisées en respectivement 423 et 733 points en 1997 et 2003. Certains points prélevés en 1997 ayant été remplacés par d'autres en 2003, il n'y a que 350 points, répartis sur toute la nappe, pour lesquels nous disposons d'un résultat d'analyse aux deux dates. Les données disponibles en ces points ne sont cependant pas entièrement comparables car les analyses ont été réalisées par des laboratoires différents ayant des limites de quantification variables⁴⁴. Pour résoudre ce problème, nous avons simplifié les données en estimant, pour chaque date d'inventaire et chaque substance :

- le nombre de points où les seuils de potabilité sont dépassés, soit pour une substance individuellement (0,1µg/L), soit pour plusieurs substances (0,5µg/L) ;
- le nombre de points où le seuil de quantification est dépassé ; lorsque la valeur du seuil de quantification a varié entre 1997 et 2003, nous avons retenu la valeur la plus élevée⁴⁵.

Les résultats de cette comparaison sont présentés dans le tableau ci-dessous, pour les phytosanitaires les plus courants analysés dans les deux inventaires 1997 et 2003. Le tableau montre une forte diminution du nombre de points où la présence de simazine et de diuron a pu être quantifiée (de l'ordre de 30%). De même, le nombre de points où les seuils de potabilité sont dépassés baisse considérablement, sauf pour la terbuthylazine (un point de plus). On note en revanche une augmentation significative du nombre de points où l'alachlore a été détecté, les concentrations mesurées

⁴³ Polygones de Thiessen : méthode géométrique de pavage d'un plan (aussi connue sous le nom de diagramme de Voronoï), créant autour de chaque point un polygone équidistant des polygones voisins.

⁴⁴ Limite de quantification : valeur en dessous de laquelle le laboratoire ne donnera pas de résultat d'analyses mais l'indication "inférieur à ..."

⁴⁵ Pour l'atrazine par exemple, l'un des laboratoires d'analyses avait, en 1997, une limite de quantification de 0,03 µg/L, ce qui nous oblige, pour comparer les résultats, à ne prendre en compte que les valeurs supérieures à cette limite de quantification maximale commune.

dépassant dans 4 cas le seuil de potabilité, cette tendance devant cependant être considérée avec prudence vu la faible taille de l'échantillon.

Cette diminution constatée pour les phytosanitaires courants ne peut être attribuée à l'interdiction de l'atrazine, trop récente pour avoir eu un effet en 2003. Elle reflète par contre probablement les changements de pratiques agricoles en matière d'utilisation de produits. On notera par contre que la diminution est plus faible pour la déséthylatrazine (DEA) que pour l'atrazine (-24% contre -31%), ce qui paraît normal car la DEA est le premier métabolite de l'atrazine, une partie de l'atrazine doit s'être dégradée au cours de sa résidence dans les sols. On peut supposer que cette tendance à la baisse se confirmera dans les années à venir.

De nouveaux produits phytosanitaires appelés à remplacer l'atrazine dans le futur (métolachlore, acétochlore, bentazone) sont susceptibles de se retrouver dans les eaux souterraines dans quelques années. Ces substances, ainsi que 22 autres substances émergentes, ont été recherchées au cours de l'inventaire 2003 mais leur présence n'a pas pu être quantifiée⁴⁶.

Substance	Nombre de points où le seuil de quantification est dépassé			Nombre de points où le seuil de potabilité est dépassé		
	1997	2003	Ecart	1997	2003	Ecart
Atrazine	159	109	-31%	46	36	-22%
Deséthylatrazine	177	134	-24%	58	36	-38%
Desisopropylatrazine	28	13	-54%	11	4	-64%
Simazine	52	28	-46%	9	7	-22%
Diuron	22	15	-32%	12	9	-25%
Terbutylazine	6	6	0%	2	3	+50%
Alachlore	2	5	+150%	0	4	--

Tableau 8 : Evolution des teneurs en produits phytosanitaires entre 1997 et 2003 dans la nappe phréatique d'Alsace (données inventaires régionaux, Région Alsace).

⁴⁶ Les molécules recherchées en 2003 mais dont la présence n'a pas pu être quantifiée sont les suivantes : aldicarbe, aminotriazole, butraline, chlorfenvinfos, chlorpyrifos, cyanazine, cymoxanil, dichlorvos, disulfoton, endosulfan, ethoprophos, fenitrothion, fluquinconazole, imidaclopride, ioxynil, mercaptodiméthur, metamitron, nonylphénol, oxadixyl, propachlore, sulcotrione, trifluraline.

6.1.3. Evolutions observées entre 1991 et 2003 dans la partie badoise de la nappe phréatique

Pour compléter la caractérisation des tendances en Alsace, nous avons analysé des données similaires issues du suivi de la qualité de l'eau réalisé par la LFU du Baden Württemberg. L'utilisation de l'atrazine ayant été interdite depuis 1991 au Baden Württemberg, les données sont en effet susceptibles de permettre une meilleure caractérisation de la tendance à long terme d'évolution des teneurs en phytosanitaires qu'en Alsace. Une sélection de 22 points de suivi de la qualité de l'eau, caractérisés par la présence importante d'atrazine, DEA, bentazone ou metolachlore a été réalisée.

- **Evolution de l'atrazine et DEA**

On constate que les teneurs en atrazine et déséthylatrazine suivent une évolution similaire dans tous les ouvrages suivis depuis 1991, date de l'interdiction de l'atrazine (Figure 7) : les concentrations diminuent suivant une courbe rappelant une exponentielle décroissante, mais avec un pic vers 1992-1993. Cette évolution est mieux mise en évidence en calculant une **moyenne annuelle** à partir des historiques sélectionnés pour chacune des deux substances (Figure 8).

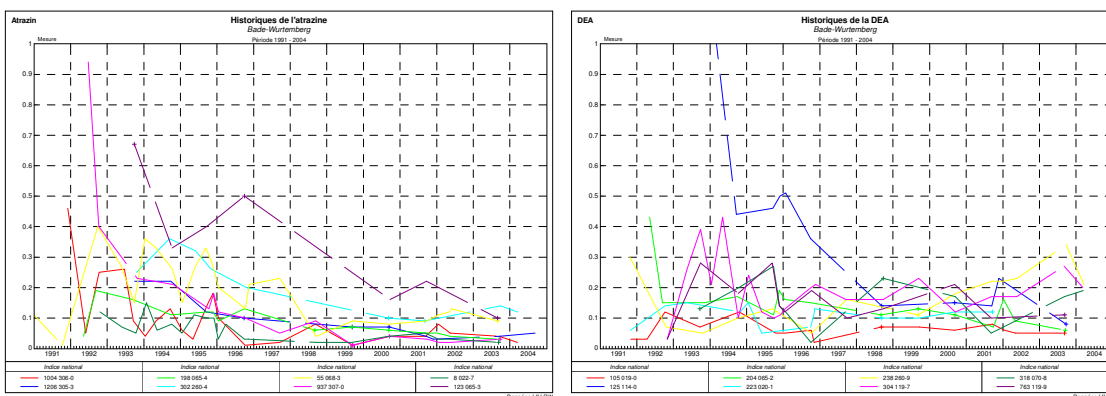


Figure 7 : Evolution des concentrations en l'atrazine et déséthylatrazine au Bade-Wurtemberg entre 1991 et 2004 sur des ouvrages sélectionnés au Pays de Bade (données LfU Baden Württemberg).

Une courbe d'évolution lissée a ensuite été ajustée sur cette moyenne. Ces courbes lissées nous permettent de calculer un **taux de décroissance moyen** au bout de 6 ans et de 12 ans (Figure 8). D'après la courbe lissée, l'atrazine passe de 0.15 µg/L en 1991 à 0.13 µg/L en 1997 et à 0.06 µg/L en 2003 : elle décroît donc de 13 % sur les premiers 6 ans, et de 56 % en 12 ans. La déséthylatrazine (DEA) par contre diminue beaucoup moins, de 5 % sur les 6 premières années et de 19 % en 12 ans.

Cette décroissance plus faible pour la DEA est cohérente avec l'observation faite plus haut en comparant les inventaires 1997 et 2003 côté alsacien, où l'on constatait que la DEA avait moins diminué que l'atrazine. Il paraît donc justifié d'utiliser ces taux de décroissance à 12 ans pour extrapoler l'évolution des concentrations en triazines en Alsace à partir de la date de leur interdiction (2003) jusqu'en 2015.

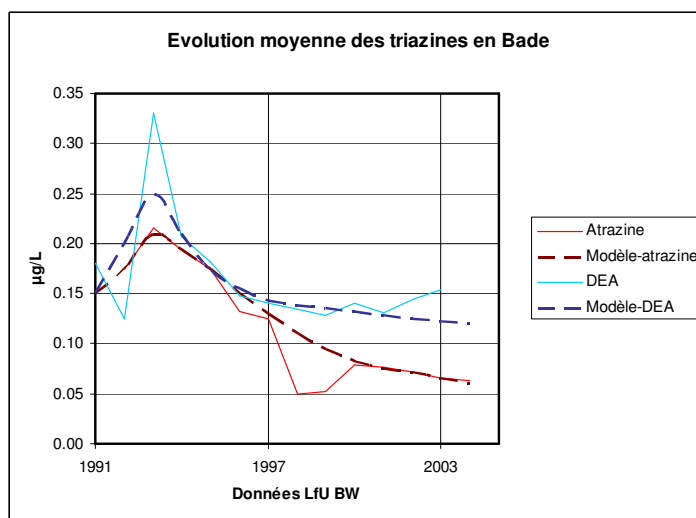


Figure 8 : Evolution des concentrations moyenne en triazines dans 16 points de suivi de la qualité au Pays de Bade.

- **Evolution du bentazone et du métolachlore**

La base de données de la LfU contient peu d'analyses du bentazone jusqu'en 2000, mais dès 1992 quelques légers dépassements de la norme de 0,1 µg/L sont observés. A partir de 2000, les données sont plus nombreuses, et les concentrations atteignent des valeurs très élevées dans certains ouvrages, dépassant souvent 1 µg/L (Figure 9). On notera que la plupart des ouvrages dépassent 0.5 µg/L en 2003. Le nombre d'ouvrages touchés est néanmoins beaucoup plus réduit que pour l'atrazine.

En ce qui concerne le métolachlore, les courbes d'évolution ne présentent aucune logique visible, les valeurs oscillent entre 0 et 1 µg/L, avec parfois des pics très élevés. On peut donc considérer que les ouvrages qui sont actuellement touchés risquent, à long terme, d'être durablement concernés par un dépassement des seuils de potabilité. Ceci est d'autant plus probable que le metolachlore est une molécule de substitution à l'atrazine

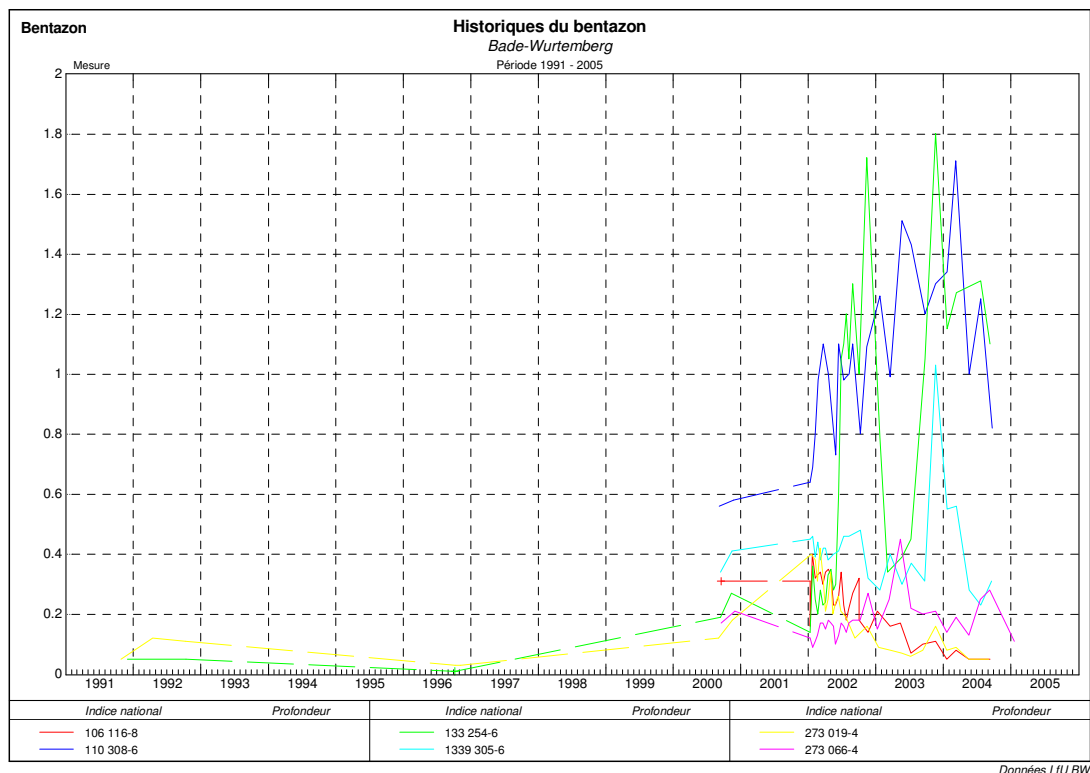


Figure 9 : Historiques d'évolution du bentazone au Bade-Wurtemberg pour des ouvrages sélectionnés (données LfU)

6.1.4. Définition d'hypothèses d'évolution future

Il est difficile d'élaborer des scénarios d'évolution des concentrations en phytosanitaires jusqu'à 2015. En effet, les phytosanitaires les plus utilisés ces dernières années, atrazine, simazine, diuron, vont diminuer en raison soit d'interdictions, soit de restrictions d'usage qui leur sont appliquées. D'après les experts, l'atrazine, qui est un herbicide à large spectre, devrait être remplacée par plusieurs autres substances utilisées soit en mélange soit alternativement. Ces "nouveaux" phytosanitaires pourront comprendre certaines substances déjà utilisées comme le métolachlore ou l'acétochlore, dont le comportement dans l'environnement est mal connu, mais également de nouvelles substances actives qui ne sont pas encore connues et/ou analysées. Il n'est pas impossible non plus que d'ici à 2015 les pratiques culturales changent suite à la mise en œuvre de la réforme de la politique agricole commune, et que le maïs soit remplacé par d'autres cultures, pour lesquelles on utiliserait des substances phytosanitaires encore inconnues en Alsace.

En dépit de ces nombreuses sources d'incertitudes, des hypothèses d'évolution ont été formulées à dire d'expert, en s'inspirant des observations faites dans les sections précédentes, en Alsace et au Pays de Bade. Les trois hypothèses suivantes sont posées et utilisées pour le développement de scénarios d'évolution à l'horizon 2015 :

1. En ce qui concerne l'atrazine et ses métabolites, la simazine, le diuron, les concentrations devraient décroître avec les interdictions et restrictions d'usage ; on suppose que l'évolution des concentrations en Alsace sera la même que celle observée au Pays de Bade et on extrapolera les taux de décroissance estimés ci-dessus (Figure 8) ;
2. Les substances déjà couramment utilisées et non interdites, qui ne sont *a priori* pas appelées à se substituer aux autres, telles que la terbuthylazine ou les glyphosates, ne devraient pas augmenter, mais rester au même niveau ;
3. Les phytosanitaires de substitution de l'atrazine verront sans doute une augmentation ; on pourra prendre comme exemple l'alachlore en Alsace ou le bentazone et le métolachlore au Pays de Bade.

6.2. SCENARIOS D'EVOLUTION A L'HORIZON 2015

La méthode proposée pour élaborer une projection à l'horizon 2015 des teneurs en produits phytosanitaires comporte deux étapes d'extrapolation. La première est une extrapolation dans le temps : elle consiste à projeter les évolutions observées en Alsace ou Pays de Bade sur l'ensemble des points de mesure de l'inventaire 2003. La seconde étape est une extrapolation dans l'espace, qui consiste à régionaliser les résultats de la projection faite à l'étape 1, en utilisant les polygones de Thiessen construits à partir des points de mesure de 2003. Ces deux étapes, ainsi que les résultats auxquelles elles conduisent, sont présentés dans cette section.

6.2.1. Projection de l'évolution des concentrations à l'horizon 2015

Le principe retenu pour réaliser l'extrapolation temporelle consiste à multiplier les valeurs mesurées en chaque point de l'inventaire en 2003 par un coefficient représentant la tendance d'évolution sur 12 ans (2003 à 2015). Un coefficient d'évolution est défini séparément pour chaque substance, en s'appuyant sur les données présentées ci-dessus :

- Pour l'atrazine et la DEA, on applique le taux de décroissance observé au Pays de Bade sur 12 ans. On suppose donc que, en tout point de l'inventaire, la concentration en DEA en 2015 aura baissé de 19% par rapport à 2003 (elle sera égale à 81% de sa valeur 2003) et que la concentration en atrazine aura baissé de 31%.

- Pour la désisopropylatrazine, la simazine et le diuron, nous ne disposons que d'observations sur la diminution ou l'augmentation des occurrences (nombre de valeurs quantifiées) entre les deux inventaires 1997 et 2003, soit sur une période de 6 ans. Bien que cela ne soit pas très satisfaisant sur le plan scientifique, nous proposons d'appliquer ce taux d'évolution des occurrences aux concentrations elles-mêmes. C'est ainsi que les occurrences de simazine diminuent de 46 % en 6 ans, on retiendra que les concentrations seront multipliées en 12 ans par $(1 - 0,46)^2 = 0,29$. De même les occurrences de l'alachlore augmentent de 150 % en 6 ans, la concentration en alachlore pourrait ainsi être multipliée par $2,5^2 = 6,25$ en 12 ans, ce qui est évidemment discutable.
- Pour le métolachlore et le bentazone, nous ne disposons pas de données permettant de définir des coefficients d'évolution future ; nous supposons donc (hypothèse pessimiste) que les concentrations vont continuer d'augmenter pour tous les points où ces substances ont été quantifiées en 2003, conduisant à des concentrations voisines de 0,5 µg/L en 2015.
- Enfin, une concentration totale en produits phytosanitaires (situation 2015) est calculée en sommant les concentrations projetée substance par substance.

Les hypothèses retenues pour réaliser l'exercice de projection sont résumées dans le Tableau 9 ci-dessous.

Substance	Hypothèse utilisée	Origine Hypothèse	Mode de calcul de la concentration en 2015
Atrazine	Baisse des concentrations de 13% en 6 ans (soit 56% en 12 ans)	Pays de Bade	$C_{2015} = C_{2003} \cdot 0,44$
DEA	Baisse des concentrations de 5% en 6 ans (soit 19% en 12 ans)	Pays de Bade	$C_{2015} = C_{2003} \cdot 0,81$
Desiso-propyl-atrazine	Baisse de la fréquence d'occurrence de 54% en 6 ans (soit 79% en 12 ans)	Alsace	$C_{2015} = C_{2003} \cdot 0,21$
Simazine	Baisse de la fréquence d'occurrence de 46% par an (soit 71% en 12 ans)	Alsace	$C_{2015} = C_{2003} \cdot 0,29$
Diuron	Baisse de la fréquence d'occurrence de 32% par an (soit 46% en 12ans)	Alsace	$C_{2015} = C_{2003} \cdot 0,46$
Alachlore,	Augmentation de la fréquence d'occurrence de 150% en 6 ans (soit 650% en 12 ans)	Alsace	$C_{2015} = C_{2003} \cdot 0,625$
Metolachlore	Augmentation jusqu'à 0,5 µg/L en 12 ans	Pays de Bade	Si détecté en 2003 alors: $C_{2015} = 0,5 \mu\text{g/L}$
Bentazone	Augmentation jusqu'à 0,5 µg/L en 12 ans	Pays de Bade	Si détecté en 2003 alors $C_{2015} = 0,5 \mu\text{g/L}$
Autres	Pas d'évolution	Alsace	$C_{2015} = C_{2003}$

Tableau 9 : Tableau d'extrapolation des concentrations en phytosanitaires à 2015 (C_{2003} = concentration observée en 2003 ; C_{2015} = concentration projetée en 2015)

On peut cependant estimer qu'il s'agit d'une vision optimiste de l'évolution probable, et que les secteurs concernés par la présence de triazine et diuron ont de fortes chances d'être autant affectés dans le futur du fait du remplacement de l'atrazine par d'autres substances. Aussi une seconde extrapolation dite "pessimiste" a-t-elle été réalisée en conservant les valeurs en triazines et diuron à leur niveau de 2003. Les résultats de ces deux extrapolations temporelles sont décrits dans le Tableau 10 et le Tableau 11. Avec l'hypothèse optimiste, le nombre de points où le seuil de potabilité est dépassé (toutes substances confondues) passe de 72 (soit 21% des 350 points suivis) à 102 (soit 29%). L'hypothèse pessimiste conduit à un dépassement de la concentration maximale admissible en 123 points (35% des 350 points suivis). La différence entre les deux scénarios est uniquement due à l'hypothèse relative à l'évolution des triazines et du diuron.

Substance	Nombre de points où le seuil de potabilité est dépassé		
	Inventaire 2003	2015 "optimiste"	2015 "pessimiste"
Aalachlore	4	6	6
Atrazine	38	16	38
Bentazone	2	3	3
Desethylatrazine	36	23	36
Desisopropylatrazine	4	0	4
Diuron	9	6	6
Métolachlore	6	70	70
Simazine	6	0	6
Toutes substances	72	102	123

Tableau 10 : Evolution du nombre de points de l'inventaire où le seuil de potabilité est dépassé.

Substance	Dépassement du seuil de potabilité en % du nombre de points		
	Inventaire 2003	2015 optimiste	2015 pessimiste
Aalachlore	1%	2%	2%
Atrazine	11%	5%	11%
Bentazone	1%	1%	1%
Desethylatrazine	10%	7%	10%
Desisopropylatrazine	1%	0%	1%
Diuron	3%	2%	2%
Métolachlore	2%	20%	20%
Simazine	2%	0%	2%
Toutes substances	21%	29%	35%

Tableau 11 : Evolution du pourcentage de points de l'inventaire où le seuil de potabilité est dépassé.

6.2.2. Extrapolation cartographique à 2015

La seconde étape de l'extrapolation consiste à extrapoler à l'ensemble de surface de la nappe phréatique les valeurs de concentrations qui viennent d'être calculées pour 2015 en chacun des 350 points de l'inventaire. L'objectif de cette seconde extrapolation est de permettre une représentation surfacique des concentrations afin de pouvoir croiser, avec un outil SIG, une carte des usages de la nappe avec une carte décrivant son état qualitatif en 2015. Ce croisement est en effet indispensable pour évaluer l'impact économique de l'évolution des teneurs en phytosanitaires qui vient d'être estimée.

A défaut de pouvoir utiliser les méthodes d'interpolation géostatistique, une méthode classique pour passer d'une maille de points à un maillage d'une surface est le pavage en polygones de Thiessen. Dans cette méthode purement géométrique (aussi connue sous le nom de diagramme de Voronoï), on crée autour de chaque point de mesure un polygone équidistant des polygones voisins : chacun des côtés du polygone est situé sur la médiatrice d'un segment reliant deux points voisins.

On suppose que la concentration en produits phytosanitaires en tout point de ce polygone est égale à la valeur du point au centre du polygone. Cette hypothèse est évidemment fautive, mais on peut la remplacer dans notre cas par l'hypothèse que la teneur en phytosanitaires est susceptible d'atteindre la valeur du point central dans tout le polygone. Cette méthode permet d'élaborer des cartes présentant le risque de contamination des eaux souterraines par les produits phytosanitaires à l'horizon 2015, pour les deux hypothèses décrites ci-dessus. Ces cartes, qui peuvent être comparées à celle établie pour la situation 2003, sont présentées dans la Figure 10 ci-dessous.

L'analyse des cartes extrapolées et leur comparaison à la situation 2003 met en évidence quelques tendances géographiques. Dans l'hypothèse optimiste (carte centrale), on constate une régression des surfaces où les teneurs 2003 approchaient la norme de potabilité sans la dépasser, notamment dans la partie sud-est de la plaine du Rhin et dans la partie Sud du Pliocène de Haguenau (région de Brumath). En revanche, le nombre de polygones où la CMA risque d'être dépassée augmente de manière significative dans une région s'étendant de Mulhouse à Neuf-Brisach et plus marginalement sur une petite bande orientée Est-Ouest au niveau de Markolsheim. Dans l'hypothèse pessimiste, l'amélioration décrite ci-dessus n'a pas lieu et la dégradation est plus marquée, toujours dans la région de Mulhouse – Neuf Brisach.

La quatrième carte (D) de la figure 6 ci dessous met en évidence les zones nouvellement concernées par un risque fort de contamination par les pesticides. Sont figurés en rouge les polygones de Thiessen pour lesquels existe un risque fort de dépassement de la norme de potabilité en 2015 alors que cela n'était pas le cas en 2003 (détérioration de la situation). Cette carte a été obtenue en comparant la carte 2003 et les deux cartes extrapolées à l'horizon 2015 (optimiste et pessimiste) présentées ci-dessus.

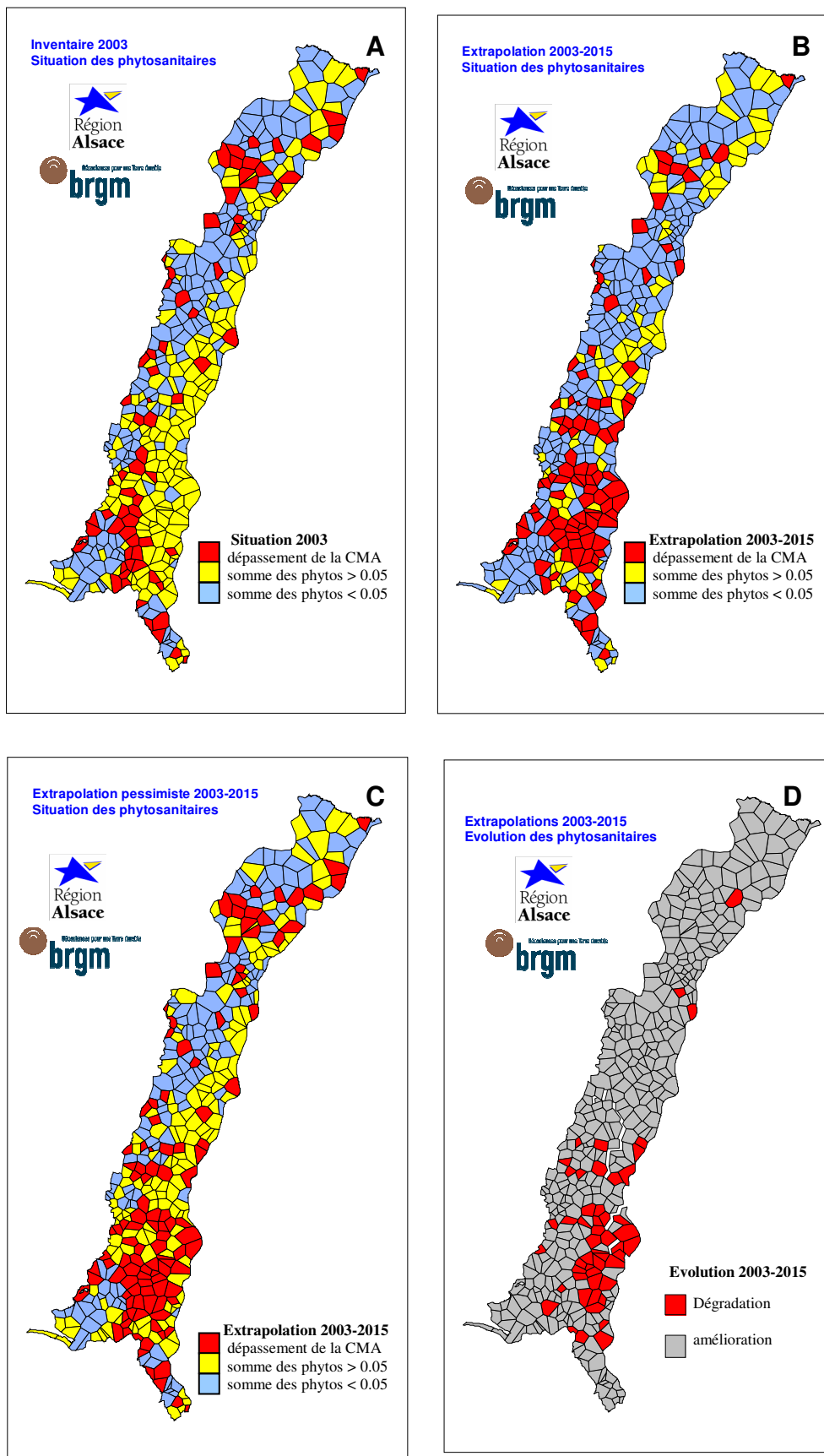


Figure 10: Evolution du risque de contamination des eaux souterraines par les produits phytosanitaires. Situation 2003 (A). Extrapolation 2015 "optimiste" (B). Extrapolation "pessimiste" (C). Ecart entre 2003 et 2015 (D).

6.3. IMPACT ECONOMIQUE DES SCENARIOS D'EVOLUTION

Les résultats de l'exercice d'extrapolation présentés ci-dessus permettent de quantifier et de spatialiser l'évolution probable de la contamination des eaux souterraines par les nitrates et les pesticides. Bien qu'une grande incertitude soit associée à ces résultats, il a paru intéressant de tenter d'estimer les coûts que pourrait générer la réalisation des deux scénarios optimistes et pessimistes.

6.3.1. Eléments de méthode

Les captages d'eau potable sont positionnés sur les cartes de risque de contamination par les pesticides présentés ci-dessus. Cette superposition permet d'identifier les captages qui sont susceptibles d'être directement concernés par une contamination de l'eau par les produits phytosanitaires à l'horizon 2015. On distingue trois types de situations problématiques pour les services d'adduction et de distribution d'eau potable :

- 1- Certains captages d'eau potables, déjà situés dans une zone à risque en 2003 (polygones en rouge sur la carte de la Figure 11) le restent en 2015. Le risque de pollution perdurant sur le long terme, on suppose que ces captages seront durablement concernés par des épisodes de pollution d'ici 2015 et que des actions devront être entreprises pour garantir la potabilité de l'eau distribuée (déplacement de captage, traitement de l'eau par charbon actif en grain, remise en herbe du périmètre de protection, etc.).

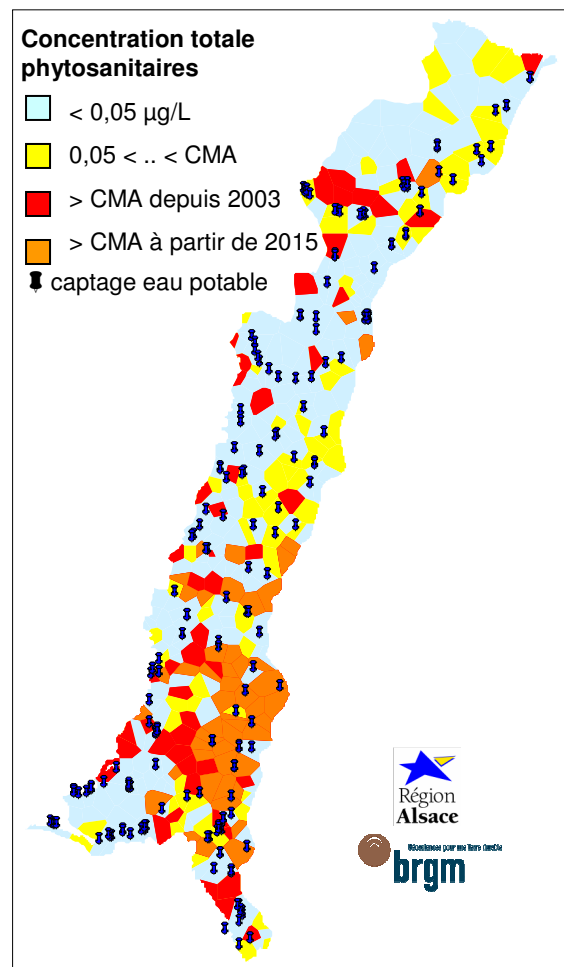


Figure 11 : Superposition des captages au cartes de risque de contamination par les phytosanitaires de la nappe d'Alsace (scénario pessimiste).

- 2- D'autres captages qui n'étaient *a priori* pas concernés par un risque de contamination en 2003, le deviennent en 2015 (captages situés dans les polygones figurés en orange sur la carte ci-contre). Pour ces captages, on suppose également que des actions devront être entreprises.
- 3- Enfin, certains captages se trouvent dans des zones où la teneur moyenne en pesticide ne devrait pas dépasser le seuil de potabilité (polygones figurés en jaune, teneurs projetées estimées à 0,05 µg/L maximum), ce qui n'exclut pas des dépassements occasionnels. Les collectivités concernées ne devront pas forcément prendre des mesures drastiques (traitement de l'eau ou déplacement de captage) mais obtenir une dérogation de la DDASS pour pouvoir poursuivre la distribution d'eau potable. Ces dépassements occasionnels pourront amener certaines entreprises (agroalimentaires notamment) à installer des dispositifs de traitement.

La section 4 du rapport a bien mis en évidence la diversité des actions qui peuvent être entreprises par les collectivités lorsque leur captage subit une contamination par les nitrates ou les pesticides. Comme il n'est pas possible, dans le cadre de cet exercice de prospective, d'anticiper la nature des actions qui pourraient être mises en œuvre par chacune des collectivités concernées, nous avons réalisé deux hypothèses. La première suppose que les collectivités dont le captage serait susceptible d'être affecté par une pollution engagent des actions de **remise en herbe des périmètres** de protection étendus. Comme cette stratégie n'est pas systématiquement possible (ou efficace) d'un point de vue technique pour toutes les collectivités, une seconde hypothèse envisage que les collectivités mettent en place un **traitement des pesticides** par charbon actif.

Note importante : Cette hypothèse de généralisation des systèmes de traitement n'est pas compatible avec les orientations préconisées par le SAGE III Nappe Rhin. Elle est cependant cohérente avec l'hypothèse de dégradation de la qualité de la nappe qui est envisagée dans cette étude – hypothèse qui n'est pas non plus compatible avec le SAGE dont l'objectif affiché est de maintenir la potabilité de la nappe d'Alsace. Il convient bien d'insister ici sur le fait qu'il s'agit d'une hypothèse de calcul et non d'une hypothèse d'action correspondant à une stratégie d'action possible.

6.3.2. Nombre de collectivités concernées

La superposition des différentes couches cartographiques (Figure 12 et Figure 13) permet de recenser les collectivités concernées par un risque fort de dépassement du seuil de potabilité. La carte de la Figure 12 montre que les captages concernés par la dégradation de la qualité se situent essentiellement dans le département du Haut Rhin.

Avec le **scénario pessimiste** (Figure 13), ce sont ainsi 33 captages d'eau potable (16%), alimentant 21 unités de distribution d'eau potable, communes ou syndicats,

(soit 25%) qui sont concernés. Parmi les collectivités concernées, 9 utilisent un ou plusieurs forages situés dans un polygone à risque en 2003, 6 d'entre elles ayant d'ailleurs déjà dû faire face à des teneurs trop élevées en pesticides dans les années 1990 ou 2000⁴⁷. En outre, 68 captages supplémentaires (33% des captages eau potable dans la nappe) se trouvent dans des polygones où il est estimé que la présence de phytosanitaires sera supérieure à 0,05 µg/L en 2015. Le risque de dépassement ponctuel de la norme de potabilité est probable dans ces zones, ce qui pourrait obliger les collectivités concernées à demander une dérogation à la DDASS pour poursuivre la distribution d'eau et générer des contraintes techniques et économiques pour certaines entreprises, notamment dans le secteur agroalimentaire. En tout, ce sont donc 100 captages qui sont concernés à divers degrés par un risque de contamination durable ou occasionnelle par les pesticides, soit près de la moitié des forages utilisés pour la production d'eau potable à partir de la nappe phréatique d'Alsace.

Les conséquences du **scénario optimiste** (Figure 12) sont peu différentes, avec 27 captages (13%) potentiellement contaminés par les pesticides (*i.e.* situés dans des polygones rouges), concernant 17 services d'eau potable. En outre, 36 autres captages (17%) sont situés dans une zone où la teneur moyenne devrait rester inférieure à la norme sans cependant exclure des dépassements occasionnels.

⁴⁷ Il s'agit en particulier du syndicat de Habsheim – Rixheim, du SIVU du Bassin potassique, du syndicat des eaux de Merxheim – Gundolsheim, de Pfaffenheim, de la communauté de communes de la basse Zorn et du syndicat des eaux de Herrlisheim- Offendorf.

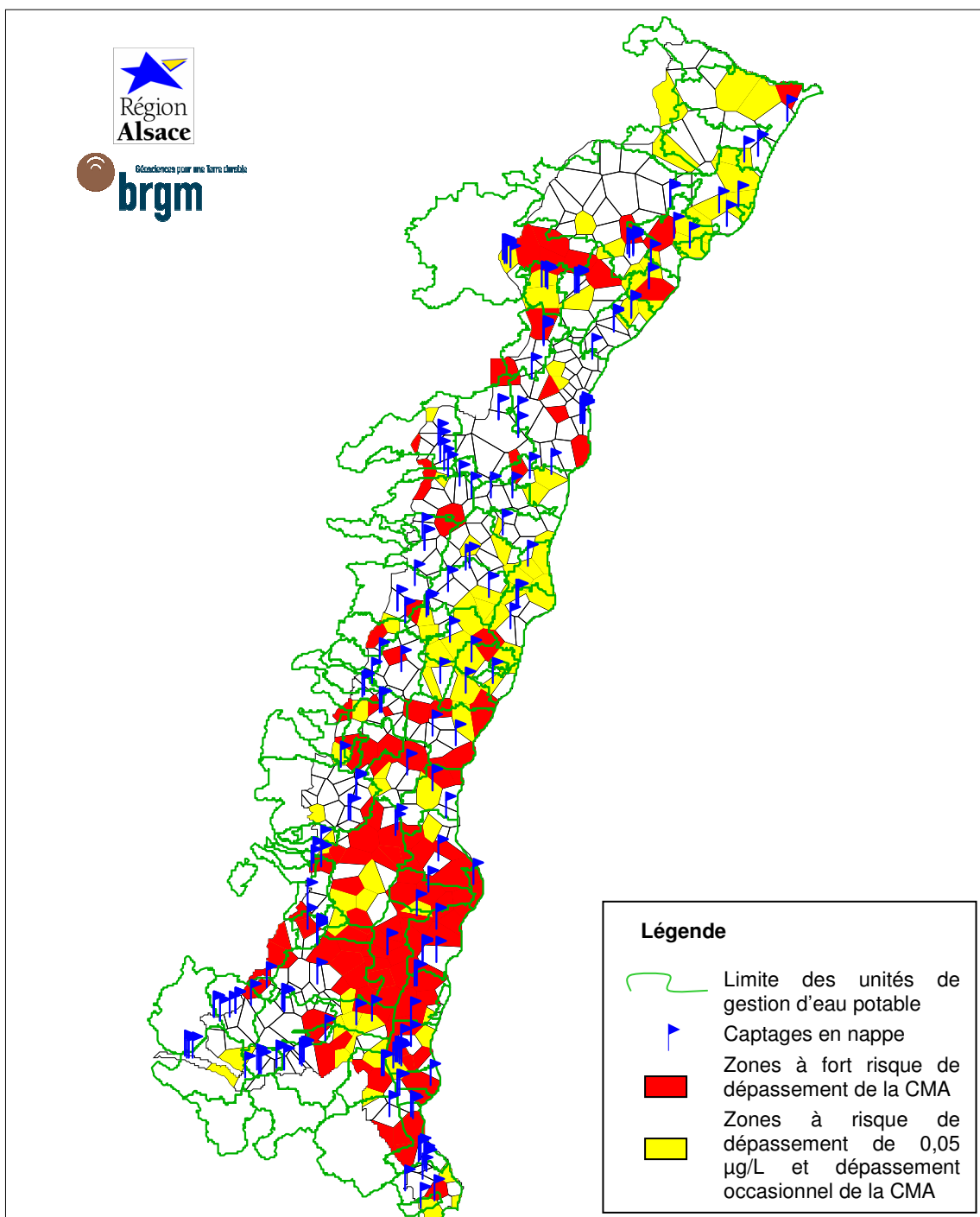


Figure 12 : Superposition de la carte des captages d'eau, des unités de gestion et de distribution d'eau potable et du risque estimé de contamination des eaux souterraines par les pesticides en 2015 (scénario "optimiste").

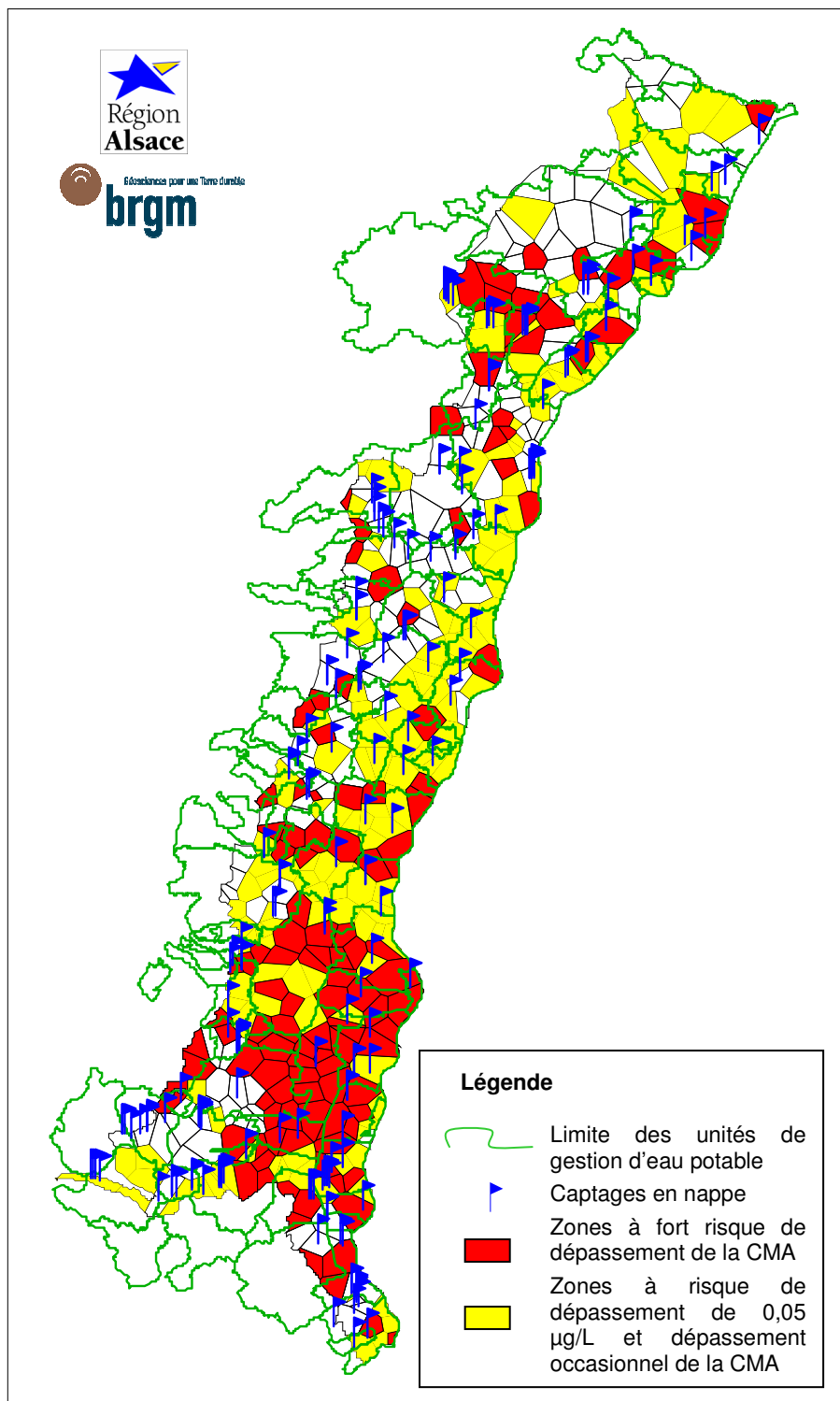


Figure 13 : Superposition de la carte des captages d'eau, des unités de gestion et de distribution d'eau potable et du risque estimé de contamination des eaux souterraines par les pesticides en 2015 (scénario "pessimiste").

6.3.3. Coût des mesures rendues nécessaires par l'évolution de la qualité de l'eau

Le coût que pourrait générer la dégradation de la qualité de l'eau d'après les deux scénarios ci-dessus est estimé avec deux hypothèses.

Hypothèse « reconquête de la qualité » : Le coût est d'abord évalué en supposant que les collectivités situées dans une zone à fort risque de dépassement de la norme (polygones rouges) mettent en œuvre un programme intensif de mesures de reconquête de la qualité de l'eau dans les périmètres de protection. On suppose que les terres arables sont reconverties en prairies, moyennant une indemnisation des agriculteurs concernés à hauteur de 260 € par hectare et par an. La surface des terres à remettre en herbe pour assurer une protection efficace étant variable selon les conditions hydrogéologiques (débit de pompage du forage, transmissivité au niveau du captage, profondeur du prélèvement), on suppose qu'elle est en moyenne de 125 hectares (100 hectares pour les petits captages et 150 pour les champs captant pompant des débits importants avec plusieurs forages). Sachant que les 32 captages concernés (scénario pessimiste) sont répartis dans 23 champs captant, le coût total de cette stratégie de protection des captages s'élèverait à 747 000 € par an. Ce coût n'est que de 585 000 € par an dans le scénario optimiste (18 champs captant concernés).

Hypothèse "tout traitement" : On suppose ensuite que les collectivités concernées par un fort risque de dépassement des normes de potabilité choisissent de mettre en place un traitement par charbon actif en grains⁴⁸. Le coût de traitement des produits phytosanitaires par un filtre à charbon actif est de 0,07 €/m³, se décomposant en 0,012 €/m³ pour l'investissement et 0,068 €/m³ pour le fonctionnement⁴⁹. Sachant que le volume d'eau total devant être traité par les collectivités concerné est d'environ 14,4 millions de mètres cube par an, le coût total du traitement à réaliser est estimé à un million d'euros par an (1,001 M€) pour le scénario optimiste. Ce coût est de 896 000 € par an pour le scénario pessimiste.

Le Tableau 12 ci-après résume les principaux résultats présentés ci-dessus. Il est rappelé que les estimations présentées reposent sur des hypothèses simplificatrices et susceptibles d'être affinées par des experts connaissant précisément la situation de chacune des collectivités concernées. Elles n'ont pour but que d'estimer un ordre de grandeur du coût auquel pourrait conduire la dégradation anticipée de la nappe

⁴⁸ Cette hypothèse simplificatrice est nuancée au cas par cas. Par exemple, on suppose que si le captage du Syndicat de la région de Wissembourg est contaminé, on ne traitera que 75% du volume prélevé et utilisé pour alimenter les collectivités locales, la ville de Wissembourg arrêtant dès lors de s'alimenter sur ce captage et augmentant ses prélèvements dans les autres ressources. De même, si le captage du Kastenwald à Colmar est contaminé, on suppose qu'il sera possible de réaliser un mélange avec les eaux des autres champs captants de la ville.

⁴⁹ Pour plus de détails relatifs aux hypothèses de calcul (durée d'amortissement, etc), voir la note de synthèse de S. Robichon (2003) : Surcoûts supportés par les usagers domestiques du fait des pollutions par les nitrates et les pesticides – Synthèse des données disponibles version 3. Novembre 2003. Agence de l'eau Adour Garonne.

d'Alsace et n'ont pas la précision que pourrait avoir une analyse préalable à la réalisation de projets ou de travaux.

On notera néanmoins que le coût de la remise en herbe des périmètres de protection est globalement inférieur à celui du "tout traitement". Sans préjuger de la possibilité pratique de mise en œuvre de cette politique, cette observation conforte l'intérêt de la stratégie de prévention prônée par les acteurs du domaine de l'eau en Alsace.

	Scénario optimiste	Scénario pessimiste
Risque de dépassement de la norme de potabilité : - nombre de collectivités concernées - nombre de captages concernés	17 27 (13%)	21 33 (16%)
Dépassement de 0,05 µg/L avec risque de dépassement occasionnel de la norme de potabilité nombre de captages concernés	36 (17%)	68 (33%)
Remise en herbe des terres arables - nombre de périmètres de protection concernés - coût annuel (€)	18 585 000 €	23 747.000 €
Coût de traitement des pesticides - Volume à traiter (millions de m3) - Coût annuel (€)	12,8 896 000€	14,4 1 001 000 €

Tableau 12 : Impact économique des deux scénarios de dégradation de la qualité de l'eau étudiés.

7. Conclusions

Les objectifs de cette étude pluridisciplinaire, menée de 2002 à 2006, s'inscrivent dans les préoccupations du Contrat de nappes d'Alsace, qui « doit permettre de rendre compte de la situation globale du système et de ses évolutions, ainsi que d'une vision prospective »⁵⁰. Si les inventaires de la qualité des eaux souterraines de la vallée du Rhin supérieur menés sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace permettent d'avoir des images instantanées de la qualité de la nappe, ils n'avaient pas jusque là été exploités en tirant une vision prospective de l'évolution des pollutions diffuses dans l'avenir. L'analyse des tendances d'évolution de la qualité de l'eau souterraine est complétée par une estimation des impacts sociaux-économiques associés d'une part, à la dégradation passée de la nappe, et d'autre part, aux évolutions futures attendues.

La première contribution de l'étude est d'avoir réalisé une évaluation détaillée des impacts sociaux et économiques générés par la pollution diffuse au cours des quinze années précédant le démarrage de l'étude (1988 – 2002). Cette évaluation a été réalisée par un travail d'archives, des enquêtes auprès de divers acteurs utilisateurs d'eau et du calcul économique. Il apparaît que les investissements qui ont dû être réalisés en réponse aux pollutions diffuses pour garantir l'alimentation en eau potable publique ont été de l'ordre de **26 millions d'euros**, plus des trois quarts étant attribués au problème des nitrates. Le coût de ces investissements a été répercuté sur le prix de l'eau (hausse de 20 centimes d'euros en moyenne pour les collectivités concernées), ce qui a conduit à une augmentation de la facture d'eau de 30 € par an environ pour un ménage de quatre personnes. Cette augmentation de la facture d'eau aurait été comprise entre 60 et 100 € par an et par ménage si les collectivités n'avaient pas bénéficié de subventions importantes. Le **secteur industriel** a probablement été lourdement pénalisé par la progression des teneurs en nitrates et pesticides, même le manque de données ne permet pas une évaluation chiffrée. L'enquête réalisée auprès d'une trentaine d'entreprises montre bien que la présence de traces de pesticides dans les eaux souterraines et l'eau potable représente une source de préoccupation majeure pour les industriels du secteur alimentaire. La pollution par les nitrates et les pesticides a aussi contribué à accentuer la crise de confiance des consommateurs vis à vis de la qualité de l'eau du robinet. Le recours par les consommateurs à l'achat d'eau en bouteille est estimé avoir engendré un coût de **165 millions d'euros sur 15 ans**. Enfin, la dégradation de la nappe phréatique d'Alsace représente une perte de valeur du **patrimoine naturel** de la population alsacienne. Bien qu'il soit difficile de la chiffrer en termes monétaires, cette perte de

⁵⁰ Communication du président du 10 juillet 2002 relative aux résultats de l'évaluation des contrats de nappes d'Alsace.

valeur a été évaluée entre 16 et 24 millions d'Euros par an soit de **180 à 270 millions** d'euros sur 15 ans

L'étude a également contribué à la réflexion prospective en caractérisant finement l'évolution passée des teneurs en nitrates sur une période de 12 ans (1991 – 2003) et en construisant des scénarios d'évolution future de cette pollution. Au début de cette étude en 2002 il paraissait évident aux experts, d'après les résultats des inventaires précédents de la qualité de la nappe d'Alsace, que la pollution diffuse par les nitrates et les phytosanitaires était toujours en augmentation, même si l'on pressentait un certain ralentissement dans cette évolution. Le délai de réalisation de l'étude a été prolongé afin de prendre en compte les résultats de l'inventaire réalisé en 2003, toujours sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace, qui montrait une certaine stabilisation de la pollution. L'analyse fine des résultats des teneurs en nitrates par des méthodes géostatistiques réalisée dans le cadre de cette étude a montré que le maximum de la pollution par les nitrates aurait effectivement été atteint vers 1997. L'utilisation de méthodes géostatistique a également permis de mettre en évidence des zones caractérisées par des tendances d'évolution nettement différenciées, certaines zones continuant à se dégrader alors que d'autres voient leur situation s'améliorer. L'étude prospective de l'évolution des nitrates jusqu'à 2015 réalisée à partir des tendances observées de 1991 à 1997 et 2003 indique que dans une vue pessimiste il pourrait y avoir stabilisation de la pollution diffuse par les nitrates avec un retour à l'état de 1991/1992, et dans une vue optimiste une régression et un retour à une situation relativement satisfaisante.

La troisième contribution de l'étude a consisté à analyser les tendances récentes d'évolution des teneurs en produits phytosanitaires et à construire des scénarios d'évolution future de cette pollution. Cette analyse des tendances s'appuie non seulement sur le résultat des inventaires régionaux mais aussi sur des données de la partie badoise de la nappe. Les données disponibles sur l'évolution des phytosanitaires dans les eaux de la nappe d'Alsace sont beaucoup moins complètes que celles relatives aux nitrates et plus complexes à modéliser. Si les substances les plus "classiques" telles que l'atrazine, la simazine ou le diuron semblent se stabiliser voire régresser entre 1997 et 2003, d'autres se répandent rapidement, comme l'alachlore ou le métolachlore. Une projection de l'évolution de la pollution par les pesticides a été tentée bien que l'exercice soit très aléatoire. Elle est basée en partie sur la lente décroissance des teneurs en atrazine et son métabolite principal (la déséthylatrazine) observée au Bade-Wurtemberg depuis l'interdiction de l'atrazine en Allemagne. Il a également été pris en compte le fait que l'atrazine sera remplacé par d'autres substances dont le métolachlore, et postulé des hypothèses assez pessimistes sur les risques de leur développement futur dans les eaux souterraines.

La construction des scénarios d'évolution des teneurs en nitrates et pesticides a été complétée par un essai de quantification des conséquences économiques associées. L'analyse se concentre sur les coûts générés pour le secteur eau potable. Une carte des captages d'eau potable a été superposée à ces cartes de risque de contamination des eaux souterraines à l'horizon 2015 afin d'identifier les collectivités dont la ressource en eau est susceptible d'être affectée. Selon les hypothèses, il est estimé que de 63 à 100 captages AEP pourraient être concernés à divers degrés par

un risque de contamination durable ou occasionnel par les pesticides, soit près de la moitié des forages utilisés pour la production d'eau potable à partir de la nappe phréatique d'Alsace. Le coût des mesures que les collectivités devraient mettre en place pour faire face à cette situation est estimé à une fourchette entre 600.000 et 1 million d'euros par an. Une politique de remise en herbe des périmètres de protection serait globalement moins coûteuse qu'une politique du "tout traitement". Sans préjuger de la possibilité pratique de mise en œuvre de cette politique, cette observation conforte l'intérêt de la stratégie de prévention prônée par les acteurs du domaine de l'eau en Alsace.

En conclusion, les auteurs insistent sur le fait que les résultats de cette étude sont à considérer **non comme des prévisions** mais comme le résultat d'une réflexion prospective visant à construire **une représentation la plus plausible possible du futur**. De nombreuses hypothèses, parfois héroïques, ont du être réalisées afin de conduire cet exercice à son terme, en dépit des incertitudes et des données manquantes.

8. Références

- Abdalla, C. W. (1994) - "Groundwater values from avoidance cost studies: implication for policy and future research." *American Journal of Agricultural Economics* 76, no. 1062-1067(1994).
- Blum, A. (2004) - L'état des eaux souterraines en France : aspects qualitatifs et quantitatifs. *Etudes et Travaux* 43. IFEN, Orléans.
- Chambre de Consommation d'Alsace (2003) - Rapport d'activité 2003 : Eco-consommation. Accessible en ligne à : <http://www.cca.asso.fr>
- Commission Locale de l'Eau III Nappe Rhin (2003) - Projet de Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux III Nappe Rhin. Document approuvé par la CLE le 25 mars 2003. 204 p + annexes. Région Alsace : Strasbourg.
- European Commission (2002) - Implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Synthesis from year 2000 Member States reports. COM (2002) 407 fin. European Commission, Brussels.
- Edwards, S.F. (1988) - Option prices for groundwater protection. *Journal of Environmental Economics and Management* 15: 475-487.
- Görlach B. and Intervies E. (2003) - Economic assessment of groundwater protection: a survey of the literature. Berlin : Ecologic.
- Guerin M., Gosselin P., Cordier, S., Viau C., Quenel P., Dewailly E (2003) - Environnement et santé publique: fondements et pratiques. Editions Tec et Doc, 1023 pages.
- Harrington, W., J. Krupnick and W.A. Spofford (1989) - The economic losses of water-borne disease outbreak. *Journal of Urban Economics* , 25: 116-137.
- Hofreither, M.F. and F. Sinabell (1996) - Konsequenzen und Chancen einer nachhaltigen Wassernutzung durch die Landwirtschaft. Discussionpapier Nr. 53-W-96. Wien : Institut für Wirtschaft, Politik und Recht, Universität für Bodenkultur Wien.
- Masson, S. Verchere A., Willinger M., Llerena D., Stenger A., Rozan A. (1999) - Vers une évaluation de la valeur patrimoniale de la nappe d'Alsace. Rapport d'étude de l'Université Louis Pasteur réalisé pour la Région Alsace, Strasbourg. 126 pages + annexes.
- Montginoul M et Waechter V. (2001) - Les ménages et la qualité de l'eau du robinet: quelles perceptions, quelles pratiques ? Le cas de la Communauté urbaine de Strasbourg. Rapport de recherche. Laboratoire GSP, Engees-Cemagref: Strasbourg.
- Ramon, S. (2004) - Dix années d'interventions agricoles de l'Agence de l'Eau Rhin Meuse (1993-2002). Note de synthèse. Agence de l'Eau Rhin Meuse, Metz.
- Ramon, S et Dory C. (2004) - Gestion de l'azote de sols par l'agriculture en Lorraine et en Alsace de 1980 à 2003. Agence de l'Eau Rhin Meuse, Metz.

Région_Alsace (2000) - Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur. Synthèse et recommandations. Région Alsace, Strasbourg.

Région Alsace (2002) - Communication relative aux résultats de l'évaluation des contrats de nappes d'Alsace. Communication du président, 10 juillet 2002. 6 pages. Région Alsace, Strasbourg.

Région Alsace (2004) - Inventaire 2003 de la qualité des eaux souterraines dans le fossé Rhénan. Premiers résultats pour la nappe d'Alsace. Communication du 13 juillet 2004. Région Alsace, Strasbourg.

Région Alsace (2006) - Rapport d'étude qualitative sur la perception de la nappe phréatique en Alsace et au Baden Württemberg. 48 pages + annexes. Welcome Byzance, Strasbourg.

Rozan, Stenger et Willinger (1997) - Valeur de préservation de la qualité de l'eau souterraine. Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales **45**: 61-79.

Stenger, A., and M. Willinger (1998) - Preservation value for groundwater quality in a large aquifer: a contingent valuation study of the Alsatian aquifer. Journal of Environmental Management **53**:177 - 193.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service Géologique Régional d'Alsace
Parc Clud des Tanneries, Lingolsheim
BP 177,
67834 Tanneries Cedex - France
Tel: 03 88 77 48 90