



DOCUMENT PUBLIC

*Bilan des études et données disponibles
sur les nitrates dans les eaux souterraines
de Picardie*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 96-D-712

décembre 1997
R 39486



Mots clés : Bilan, Etudes, Données, Nitrates, Eaux souterraines, Nappe, Zone non saturée, Pollution, Picardie, France.

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

BRGM (1997) - Bilan des études et données disponibles sur les nitrates dans les eaux souterraines de Picardie (France). Rap. BRGM R 39486, 105 p., 17 fig., 1 tabl., 1 ann.

© BRGM, 1997, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Ce bilan sur les études et données disponibles sur les nitrates au niveau des eaux souterraines de Picardie a été réalisé par le BRGM - Service Géologique Régional de Picardie - dans le cadre de ses activités de Service public, à la demande du Conseil Régional de Picardie et sur financement de la Région et du ministère de l'Industrie. Face à la menace croissante de pollution des eaux souterraines par les nitrates, qui représentent la quasi-totalité des ressources en eau potable de la région, un tel bilan au niveau régional constitue une première étape indispensable afin de tirer parti de l'expérience acquise pour de nouveaux programmes d'études ou plans d'action.

Le premier chapitre inventorie les études du domaine public sur ce sujet initiées à la demande de la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN), de la Direction Régionale de l'Industrie (DRIRE), du Conseil Régional, des Conseils Généraux, des Agences de l'Eau Artois-Picardie et Seine-Normandie ou des collectivités locales. Elles ont été réalisées par divers organismes régionaux : INRA, Chambres d'Agriculture, DDAF, DDASS, DRASS, CEMAGREF, BRGM. Une fiche synthétique est établie par étude répertoriée ; elle comprend les références du rapport et résume les objectifs de l'étude, les moyens mis en oeuvre, les principales conclusions et recommandations. Une synthèse de ces fiches permet ensuite de formuler quelques conclusions et recommandations : la mise en évidence de l'enrichissement général et progressif en nitrates des différentes nappes dû principalement à une contamination diffuse d'origine agricole, la grande variabilité spatiale et temporelle des teneurs en nitrates qui rend l'interprétation difficile, la nécessité d'approfondir les connaissances sur le transfert des nitrates en menant des études poussées dans des secteurs circonscrits, la nécessité de mener des programmes d'expérimentation de nouvelles pratiques agricoles et d'évaluer leur impact sur les eaux souterraines.

Le deuxième chapitre dresse un bilan sur l'état des connaissances actuelles concernant les mécanismes de migration des nitrates vers les nappes, à partir d'articles récents publiés dans la littérature nationale et internationale. Il explique comment le cycle de l'azote au niveau des sols a été perturbé par l'explosion démographique et le développement de l'agriculture et de l'industrie, d'où une production accrue de nitrates qui sont entraînés vers les eaux souterraines. Leur migration est alors régie par l'écoulement des eaux d'infiltration à travers la zone non saturée. De fortes incertitudes, voire des controverses existent sur le mode d'écoulement, soit de type intergranulaire "type piston", soit par l'intermédiaire de fissures. Le transfert des nitrates semble donc intimement lié aux caractéristiques géologiques et climatiques du site étudié.

Le troisième chapitre fait un bilan des données disponibles sur les nitrates dans les eaux souterraines de Picardie. Il s'appuie sur les bilans effectués périodiquement par les DDASS et la DRASS au niveau des captages d'alimentation en eau potable dans le cadre du contrôle sanitaire, ainsi que sur une étude réalisée par le BRGM au niveau de la nappe de la craie en 1993 et 1995 à la demande du Conseil Régional. Ce raisonnement à l'échelle d'une nappe a été précisé en réalisant, dans le cadre de ce bilan, quelques graphiques d'évolution des teneurs en nitrates par système aquifère pour les nappes du Dogger, du Lutétien et de la Craie. Un essai de traitement des données issues de

L'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines a été réalisé à ce propos. Ces graphiques ont montré que l'on pouvait dégager des tendances d'évolution assez homogènes par système aquifère.

Une synthèse générale fait l'objet du quatrième chapitre. Elle fait le point sur la pollution par les nitrates des eaux souterraines de Picardie, en dégagant les tendances d'évolution, les principales causes de pollution, les critères de vulnérabilité et les méthodologies d'étude les plus pertinentes.

Les teneurs en nitrates des eaux souterraines en Picardie se situent principalement dans la classe 25-50 mg/l, c'est-à-dire au-dessus de l'objectif qualité de 25 mg/l et en dessous de la concentration maximale exigible en distribution, qui est de 50 mg/l. L'enrichissement général des teneurs en nitrates perceptible depuis les années 1970 dans toutes les nappes, est dû à une contamination diffuse d'origine agricole. Localement, des pollutions ponctuelles très marquées d'origine domestique, agricole ou industrielle peuvent aussi être mises en évidence.

Les prochains programmes d'étude devraient être menés à l'échelle d'une entité hydrogéologique de manière à pouvoir combiner des approches pédologiques, géologiques, hydrogéologiques et climatiques, alliées à une bonne caractérisation des sources de pollution nitratée. Ils devraient aussi intégrer tous types de points d'eau pour caractériser au mieux l'état de la nappe au niveau d'une entité hydrogéologique.

Le développement et le recours systématique à une base de données sur la qualité des eaux souterraines apparaît primordial.

Les programmes d'expérimentation de nouvelles pratiques culturales permettant une meilleure gestion de l'azote devraient être poursuivis en élargissant les observations faites traditionnellement au niveau des sols à la prise en compte des phénomènes hydrogéologiques et à l'estimation des temps de réponse au niveau des nappes, de manière à pouvoir évaluer leur impact sur la teneur en nitrates des eaux souterraines.

Les systèmes d'information géographique sont de nouveaux outils qui devraient permettre d'éditer des cartes de vulnérabilité des nappes vis-à-vis de la pollution nitratée et constituer ainsi une aide à la décision dans le domaine de l'aménagement et de la gestion des ressources en eau.

Qu'en sera-t-il des tendances d'évolution des teneurs en nitrates dans les années à venir ? Question qui ressemble à une gageure car même si une sérieuse réduction des sources de pollution azotée est déjà enclenchée, les longs temps de transfert qui traduisent l'inertie du système hydrogéologique ne permettront souvent pas de constater une amélioration avant quelques années ou quelques dizaines d'années.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 11 |
| 1. Bilan des études déjà réalisées en Picardie sur la pollution des eaux souterraines par les nitrates..... | 13 |
| 1.1. Inventaire des études | 13 |
| 1.2. Synthèse | 13 |
| 2. Bilan des connaissances sur les mécanismes de migration des nitrates vers les nappes..... | 17 |
| 2.1. Origine des nitrates et cycle de l'azote | 17 |
| 2.2. Les mécanismes de migration des nitrates vers les eaux souterraines | 20 |
| 2.2.1. Principe des écoulements en zone non saturée..... | 21 |
| 2.2.2. Précipitations efficaces..... | 22 |
| 2.2.3. Le contexte crayeux | 23 |
| 3. Bilan des données nitrates disponibles sur les eaux souterraines en Picardie..... | 27 |
| 3.1. Bilans effectués par les DDASS sur les eaux distribuées..... | 28 |
| 3.2. Bilans effectués par la DRASS sur les eaux distribuées | 34 |
| 3.2.1. Bilan 1981 | 34 |
| 3.2.2. Bilan 1988 | 34 |
| 3.2.3. Bilan 1990 | 36 |
| 3.3. Etudes effectuées par le BRGM en 1993 et 1995 sur la nappe de la craie..... | 38 |
| 3.4. Exploitation des données de l'Observatoire nationale de la qualité des eaux souterraines..... | 40 |
| 3.4.1. Nappe du Dogger | 41 |
| 3.4.2. Nappe du Lutétien | 45 |
| 3.4.3. Nappe de la Craie | 51 |

Liste des illustrations

| | |
|--|----|
| Fig. 1 - Le cycle de l'azote dans les sols (d'après Mariotti, 1982). | 18 |
| Fig. 2 - Représentation schématique du concept de pluie efficace (Daum <i>et al.</i> , 1996). | 22 |
| Fig. 3 - Teneurs moyennes en nitrates des eaux d'alimentation du département de la Somme. Années 1994 et 1996 (documents de la DDASS de la Somme) | 29 |
| Fig. 4 - Teneurs moyennes en nitrates des eaux d'alimentation du département de l'Aisne. Années 1980 et 1991 (documents de la Chambre d'Agriculture de l'Aisne, réalisés à partir des données transmises par la DDASS de l'Aisne) | 31 |
| Fig. 4 (suite) - Teneurs moyennes en nitrates des eaux d'alimentation du département de l'Aisne. Années 1995 et 1996 (documents de la Chambre d'Agriculture de l'Aisne, réalisés à partir des données transmises par la DDASS de l'Aisne)..... | 32 |
| Fig. 5 - Evolution des teneurs en nitrates des eaux d'alimentation du département de l'Aisne entre 1980 et 1995 (document de la Chambre d'Agriculture de l'Aisne réalisé à partir des données transmises par la DDASS de l'Aisne) | 33 |
| Fig. 6 - Teneurs moyennes en nitrates des captages d'adduction publique du département de l'Oise. Bilan 1996 (document de la DDASS de l'Oise) | 35 |
| Fig. 7 - Evolution de la qualité des ressources utilisées en Picardie de 1972 à 1988 (document DRASS, 1988) | 37 |
| Fig. 8 - Histogramme de répartition des captages utilisés en 1989 en Picardie, par tranches de teneurs en nitrates et par département (document DRASS, 1990) | 37 |
| Fig. 9 - Répartition des teneurs en nitrates de la nappe libre de la craie en Picardie. Années 1992-1993 (carte issue du rapport de Allard <i>et al.</i> , 1993) | 39 |
| Fig. 10 - Région Picardie. Géologie et systèmes aquifères..... | 42 |
| Fig. 11 - Evolution des teneurs en nitrates dans la nappe libre du Dogger au nord-est de l'Aisne (données issues de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines) | 44 |
| Fig. 12 - Teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien en Picardie (données issues de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines)..... | 46 |

| | |
|--|----|
| Fig. 13 - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien en Picardie. Système aquifère du Hez, code 528 (données issues de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines)..... | 47 |
| Fig. 14 - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien en Picardie. Système aquifère du Vexin français, code 012 (données issues de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines) | 48 |
| Fig. 15 - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien en Picardie. Système aquifère du Parisis/Tardénois/Soissonnais, code 013 (données issues de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines) | 49 |
| Fig. 16 - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien en Picardie. Système aquifère du Soissonnais nord, code 014 (données issues de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines) | 50 |
| Fig. 17 - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe de la craie en Picardie. Système aquifère du Cambrésis, code 005 (données issues de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines). | 52 |
| Tabl. 1 - Caractéristiques des points localisés en figure 10 et mentionnés en figures 11 et 13 à 17..... | 43 |

Introduction

Dans le cadre des réflexions nationales actuellement en cours sur la gestion des eaux souterraines, la problématique nitrates est largement abordée, que ce soit au niveau de la nécessaire amélioration de nos connaissances sur la qualité des eaux souterraines ou au niveau des recommandations sur les mesures à mettre en oeuvre pour la prévention des pollutions (cf. rapport de l'Ingénieur général Martin, Conseil Général des Mines, 29 janvier 1996).

Les eaux souterraines constituent un intérêt vital pour la Picardie car elles fournissent la quasi-totalité des besoins en eau potable des collectivités publiques de la région. Sur le plan quantitatif, cette ressource en eau n'est pas menacée car elle reste globalement peu exploitée et est bien réalimentée naturellement. Sur le plan qualitatif par contre, la plupart des nappes présentent à l'heure actuelle, à des degrés divers, des signes de dégradation de leurs qualités physico-chimiques. Ceci est dû, d'une part au caractère polluant de nombreuses activités humaines et, d'autre part, à la vulnérabilité parfois élevée de ces nappes (faible recouvrement protecteur, profondeur faible, nappes généralement libres, etc.). Le Ministère de la Santé écrivait, dans son bilan des teneurs en nitrates des eaux destinées à la consommation humaine en 1985-1986-1987 : "La Picardie figure parmi les régions sévèrement touchées par l'augmentation des teneurs en nitrates et c'est le département de l'Aisne qui est le plus sévèrement concerné."

Face à la menace croissante de pollution des eaux souterraines par les nitrates et suite aux dispositions réglementaires prises au niveau européen et national à ce propos, le Conseil Régional de Picardie a proposé au BRGM - Service Géologique Régional de Picardie, de réaliser dans le cadre de ses activités de Service public, la réalisation d'un bilan sur nos connaissances sur les nitrates au niveau régional, sur financement de la Région Picardie et du ministère de l'Industrie. Ce bilan s'articule en trois volets, qui constituent les trois premiers chapitres :

- bilan des études déjà réalisées sur la pollution des eaux souterraines par les nitrates en Région Picardie ;
- bilan des connaissances sur les mécanismes de migration des nitrates vers les nappes, axé sur le contexte géologique de la région ;
- bilan des données nitrates disponibles au niveau régional.

Une synthèse générale fait l'objet du quatrième chapitre.

Un tel bilan au niveau régional constitue une première étape indispensable afin de tirer parti de l'expérience acquise pour de nouveaux programmes d'études ou plans d'action.

1. Bilan des études déjà réalisées en Picardie sur la pollution des eaux souterraines par les nitrates

1.1. INVENTAIRE DES ÉTUDES

L'inventaire des études du domaine public se rapportant aux nitrates en région Picardie a été réalisé à partir de l'interrogation des bases de données bibliographiques françaises, complétée par un questionnaire adressé aux principaux organismes régionaux : Agences de l'Eau Artois-Picardie et Seine-Normandie, Institut National de Recherche Agronomique de Laon, Chambres d'Agriculture, Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt, Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales, Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales.

Pour chaque étude répertoriée, une fiche synthétique a été réalisée comprenant les informations suivantes :

- titre de l'étude ;
- année de réalisation ;
- référence du rapport ;
- localisation géographique (secteur concerné) ;
- maître d'ouvrage ;
- contexte de l'étude ;
- objectifs de l'étude ;
- moyens mis en oeuvre ;
- principales conclusions et recommandations.

Ces fiches sont regroupées par ordre chronologique en annexe.

1.2. SYNTHÈSE

Les premières études du domaine public sur les nitrates en Picardie remontent au début des années 1980 (Hébert *et al.*, 1981). Les dernières études sont très récentes (Bailly *et al.*, 1995 ; Beaudoin *et al.*, 1995 ; INRA, 1996). Cela fait donc une quinzaine d'années que la pollution des eaux souterraines par les nitrates en Picardie suscite interrogations et préoccupations. D'autres études du domaine non public, non citées dans ce rapport, ont également porté sur cette problématique dès le début des années 1980 ; elles avaient pour but de rechercher les causes de l'augmentation préoccupante des teneurs en nitrates dans certains captages d'eau potable de Picardie et de proposer des solutions. La plus importante concernait les champs captants de Caix (80).

Ces études sont motivées par le problème national de l'accroissement des teneurs en nitrates des aquifères à nappe libre, même si en Picardie les teneurs apparaissent moins élevées que dans d'autres régions, sauf dans les nappes perchées des formations tertiaires dans la partie sud-est de la région.

Les objectifs de ces études sont de quatre ordres :

- connaître l'état des ressources en eau souterraine vis-à-vis de la pollution nitratée et évaluer les perspectives d'évolution ;
- déterminer l'origine de la pollution nitratée ;
- étudier les mécanismes de lessivage des nitrates dans les sols et le sous-sol ;
- analyser l'influence des activités agricoles et expérimenter des changements de pratiques agricoles visant une meilleure gestion de l'azote.

Ces études ont, soit une portée générale sur l'ensemble de la région, soit concernent des secteurs bien ciblés. Parmi les études générales, l'on citera :

- une étude portant sur la détermination des causes de pollution des captages d'alimentation en eau potable exploitant la nappe de la craie et dont les teneurs en nitrates dépassent la norme de 50 mg/l (Caous *et al.*, 1984) ;
- des investigations en zone non saturée (sondages et calculs de bilan azoté) au niveau de trois bassins-versants afin d'évaluer le flux d'azote en transit vers la nappe : Béthencourt (80), Happencourt (02), Frestoy-Vaux (60) (Caous *et al.*, 1984) ;
- des investigations au niveau des sols agricoles afin de déterminer l'effet des caractéristiques climatiques et pédologiques sur le lessivage des nitrates (Beaudoin *et al.*, 1995) ;
- des cartographies :
 - . cartographie automatique des teneurs en nitrates de la nappe de la craie et de la nappe du lutétien dans le département de l'Aisne, avec traitements géostatistiques (Seguin, 1986),
 - . cartographie des teneurs en nitrates au niveau des eaux d'alimentation (cartes annuelles des DDASS et cartes DRASS) et au niveau de la principale ressource en eau de la région : la nappe libre de la craie (Beckelynck *et al.*, 1989 ; Allard *et al.*, 1993 ; Bailly *et al.*, 1995) ; pour les deux dernières études citées, les données proviennent non seulement des captages d'eau potable mais aussi de sources, puits particuliers, forages industriels et agricoles,
 - . cartes de vulnérabilité aux nitrates des départements de l'Oise et de la Somme en fonction de critères géologiques (Harb, 1989 ; BRGM, 1989) ;
- un état prospectif de la situation régionale sur les teneurs en nitrates des eaux captées pour l'alimentation en eau potable et sur la dynamique de l'enrichissement en nitrates (DRASS, 1990).

Les études localisées portent sur les secteurs de :

- Saint-Quentin (02) : évaluer s'il existe des processus de dénitrification dans cette zone d'agriculture intensive en sol limoneux et sous-sol crayeux (Hébert *et al.*, 1981) ;
- bassin de Chérêt (02) : évaluer l'influence de l'activité agricole sur la teneur en nitrates des eaux superficielles et souterraines dans un contexte de nappes perchées tertiaires en zone de grande culture (CEMAGREF, 1985) ;
- vallées sèches de Plainval et de Maignelay-Montigny (60) : étudier l'impact des zones d'accumulation et d'infiltration des eaux de ruissellement dans certains points bas sur l'enrichissement des eaux souterraines en nitrates et sur la répartition spatiale des teneurs (Caous et Comon, 1986) ;
- bassins d'Ambleny, Bray-en-Laonnois, Merlieux (02) : mener des expérimentations de modification des pratiques agricoles pour limiter les fuites de nitrates vers les eaux souterraines (Machet, 1989) ;
- bassin de Tilloloy (80) : modéliser les transferts de nitrates d'origine agricole au niveau du bassin hydrogéologique et calculer l'impact des pollutions ponctuelles sur la concentration en nitrates mesurée au niveau du captage (Caudron *et al.*, 1990) ;
- plateau de Bruyères-et-Montbérault (02) : évaluer l'impact des modifications des pratiques agricoles au niveau de ce site pilote pour la réduction de la pollution nitrique (Beaudoin *et al.*, 1995 ; INRA, 1996).

Au niveau des conclusions formulées par ces études, confortées par d'autres études du domaine non public, il ressort que :

- La situation de la Picardie n'est globalement ni dramatique, ni très rassurante. Les teneurs en nitrates des eaux souterraines se situent principalement dans la classe 25-50 mg/l mais montrent une tendance générale à l'augmentation. Ce sont les nappes perchées des formations tertiaires où sont généralement recensées les plus fortes teneurs (souvent supérieures à 50 mg/l). Il existe cependant une grande variabilité spatiale, et même temporelle, des teneurs en nitrates pour les différentes nappes (DRASS, 1990 ; Seguin, 1986 ; Caous et Comon, 1986 ; Beckelynck *et al.*, 1989 ; Allard *et al.*, 1993 ; Bailly *et al.*, 1995).
- L'enrichissement général et progressif en nitrates des différentes nappes d'eau est principalement dû à la contamination diffuse d'origine agricole. Par contre, des pollutions ponctuelles, d'origine domestique, industrielle et parfois aussi agricole, ont souvent été mises en évidence, notamment au niveau de captages d'alimentation en eau potable situés au voisinage d'agglomérations. Ces pollutions ponctuelles se traduisent en général par des teneurs très élevées en nitrates.
- Le transfert des nitrates de la surface jusqu'à la nappe est étroitement lié, outre aux données climatiques, aux caractéristiques physiques du sol et du sous-sol : type pédologique, épaisseur du recouvrement du réservoir aquifère, perméabilité du réservoir aquifère, profondeur de la nappe et aussi hydrodynamique de la nappe. La position topographique du site (plateau, versant, vallée sèche, vallée humide) a donc un impact

sur ce transfert des nitrates. Les sols limoneux ont un pouvoir de rétention de l'azote important.

- Sous les zones de culture, il existe dans le milieu non saturé, c'est-à-dire entre le sol et la nappe, des couches d'eau interstitielles plus ou moins fortement chargées en nitrates. Ces pics de nitrates en transit vers la nappe, principalement dus à une contamination agricole depuis le début de l'utilisation intensive des engrais, migrent à une vitesse de l'ordre de 50 cm/an. Cela constitue une menace pour la qualité de la nappe dans les décennies à venir et témoigne de la grande inertie du système hydrogéologique.
- La modification des pratiques culturales peut permettre de réduire les quantités d'azote susceptibles d'être lessivées vers la nappe. Elle passe par la réalisation de programmes d'expérimentation adaptés au contexte cultural, pédologique, géologique et hydrogéologique du site. Si l'on peut assez vite apprécier l'impact de ces mesures sur la teneur en nitrates des eaux de drainage en sortie de zone racinaire, le délai de réponse au niveau des eaux de nappe peut être long, de l'ordre de plusieurs années ou dizaines d'années.

Les recommandations issues des études inventoriées concernent :

- l'amélioration de l'assainissement individuel et collectif ;
- la mise en place de périmètres de protection réglementaires pour les captages d'alimentation en eau potable ;
- la nécessité d'approfondir les connaissances sur le transfert des nitrates en menant des études poussées dans des secteurs circonscrits, combinant des approches pédologiques, géologiques, hydrogéologiques et climatiques alliées à une bonne caractérisation des sources de pollution nitratée ;
- la nécessité de mener des programmes d'expérimentation de pratiques culturales à l'échelle du bassin versant, en élargissant les observations faites traditionnellement au niveau du sol à la prise en compte des phénomènes hydrogéologiques avec appréciation du temps de réponse au niveau de la nappe.

2. Bilan des connaissances sur les mécanismes de migration des nitrates vers les nappes

Ce bilan a été établi à partir d'articles récents parus dans la littérature nationale et internationale, recensés notamment par une interrogation des banques de données bibliographiques.

2.1. ORIGINE DES NITRATES ET CYCLE DE L'AZOTE

L'azote est avec le carbone, l'hydrogène et l'oxygène, l'un des principaux constituants de la matière vivante. Dans la nature, l'azote existe sous de nombreuses formes :

- azote neutre : gazeux, N_2 est peu soluble dans l'eau ;
- azote réduit :
 - . sous forme organique : acides aminés, amines, amides, urée et autres dérivés,
 - . sous forme minérale : ammoniac gazeux (NH_3) et ammonium (NH_4^+) ;
- azote oxydé :
 - . les oxydes gazeux : NO , N_2O ,
 - . les nitrites (NO_2^-) et les nitrates (NO_3^{2-}).

Dans le sol, ces différentes formes de l'azote sont en constante évolution sous l'action combinée de processus chimiques, biologiques et physiques qui constituent le "cycle de l'azote" (fig. 1). Les principales réactions au niveau du sol sont les suivantes (Mariotti, 1982 ; Keeney, 1986) :

- *assimilation* : il s'agit de l'assimilation biologique par les végétaux et les micro-organismes des formes inorganiques de l'azote pour former des composés organiques (synthèse des protéines) ;
- *ammonification* : il s'agit de la transformation de l'azote organique en ammonium par des bactéries ;
- *nitrification* : c'est l'oxydation bactérienne de l'ammonium, tout d'abord en nitrites (peu stables) puis en nitrates (stables). C'est une réaction clé quant à la problématique de la fuite des nitrates car elle transforme l'ion ammonium relativement immobile en l'ion nitrate très soluble et facilement mobilisable ;
- *dénitrification* : c'est la réduction des ions nitrates ou nitrites en azote gazeux ou en oxydes d'azote gazeux, mécanisme principal de restitution de l'azote du sol à l'atmosphère. Ce mécanisme est d'ordre essentiellement biologique, faisant intervenir des micro-organismes de type hétérotrophe ou autotrophe.

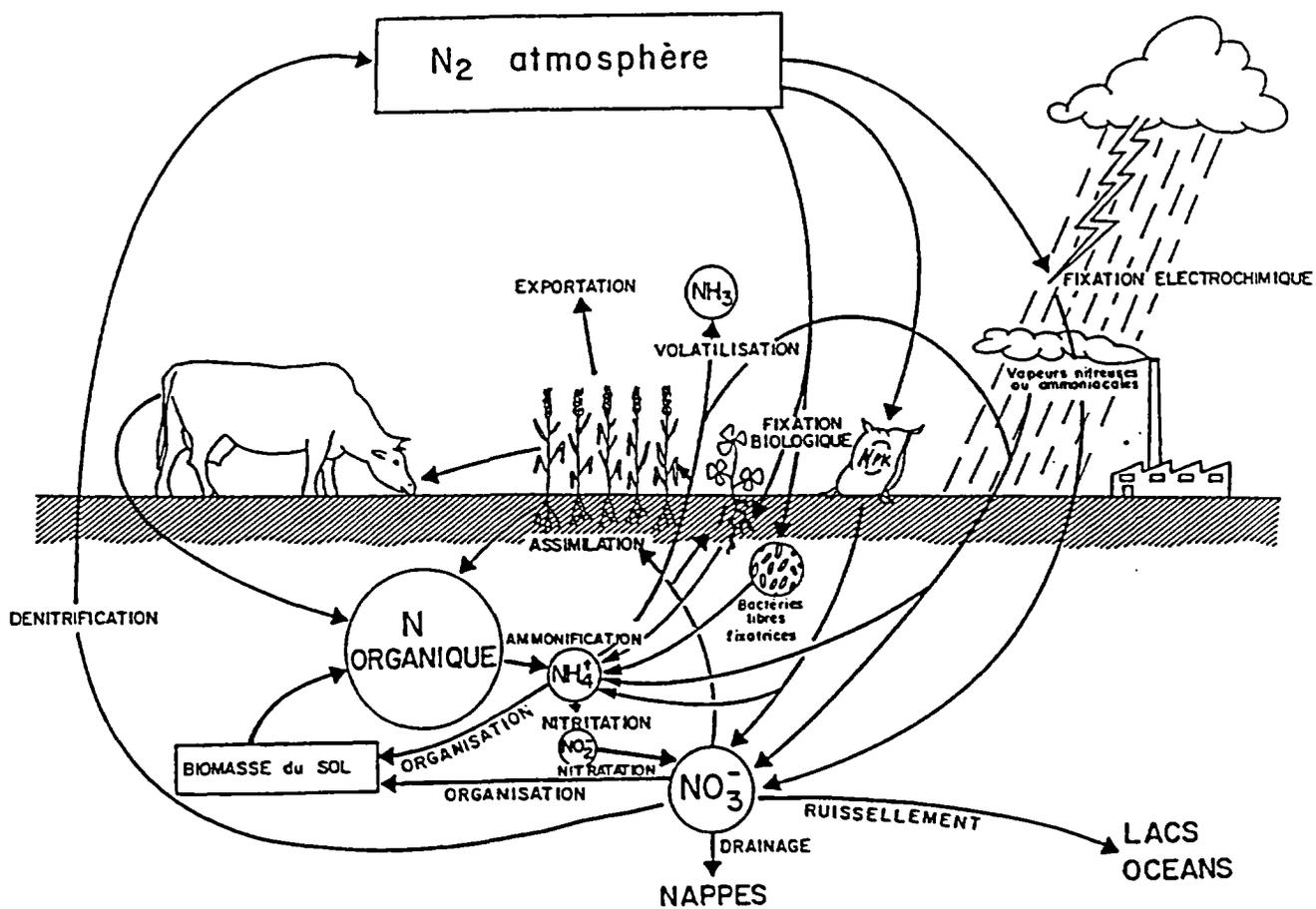


Fig. 1 - Le cycle de l'azote dans les sols (d'après Mariotti, 1982).

Ces processus sont par ailleurs influencés par les conditions de température et d'humidité qui prévalent chaque jour dans chaque couche du sol (Banton *et al.*, 1995).

Les apports d'azote sous toutes ses formes sont nombreux au niveau des sols. Ils se sont considérablement accrus depuis quelques décennies suite à l'explosion démographique et au développement de l'agriculture et de l'industrie. Le cycle de l'azote a donc été largement modifié et évolue vers une production accrue de nitrates qui sont entraînés dans les eaux souterraines ou superficielles. Les principales sources d'azote sont les suivantes :

- les précipitations atmosphériques : l'azote apporté par les pluies est sous forme ammoniacale et nitrique. Il est soit d'origine naturelle (libéré par la décomposition des végétaux et des déjections animales dans les sols), soit d'origine agricole (ammoniac volatilisé au-dessus des terres après épandage d'engrais), soit d'origine urbaine et industrielle avec les retombées d'oxydes d'azote contenus dans les fumées rejetées (chauffage, pots d'échappement, cheminées industrielles, etc.) ;
- la matière organique des sols, siège de processus de minéralisation de l'azote organique (protéines, acides nucléiques,...) ;
- les engrais et les amendements organiques : engrais uréiques, ammoniacaux ou directement nitriques, amendements organiques d'origine animale ou végétale ;
- les rejets liés à l'agriculture et à l'élevage : résidus de récolte sous forme d'azote organique, déchets agricoles et d'élevage sous forme d'azote organique et ammoniacal (fumier, lisier, etc.) ;
- les rejets liés à l'activité industrielle (industries agro-alimentaires, etc.) ;
- les rejets d'origine urbaine : ils consistent surtout en azote organique résultant de la dégradation des protéines au cours du métabolisme humain (matières fécales, urée, urine).

Ci-dessous quelques ordres de grandeur concernant les différentes sources d'azote :

- apports atmosphériques : 15-30 kg N/ha/an ;
- minéralisation de l'azote organique du sol et des résidus de culture : 50-100 kg N/ha/an ;
- apports en engrais minéraux : 80-200 kg N/ha/an ;
- déjections animales : 50 kg N/an/animal pour les bovins,
10 kg N/an/animal pour les porcins,
0,5 kg N/an/animal pour les volailles ;
- rejets domestiques : 15 g N/jour/habitant, soit 5,5 kg N/an/habitant (le développement des stations d'épuration permet de limiter les quantités d'azote rejetées dans le milieu naturel).

2.2. LES MÉCANISMES DE MIGRATION DES NITRATES VERS LES EAUX SOUTERRAINES

La connaissance des mécanismes de transfert des nitrates dans le sous-sol est essentielle pour apprécier l'évolution future des concentrations en nitrates des eaux de nappe. Le sous-sol peut se découper en trois niveaux (Landreau, 1984) :

- *Le sol ou zone racinaire* : cette zone, partie supérieure de la zone non saturée où se développe le système racinaire, comporte un stock d'azote d'origine diverse en perpétuelle évolution selon le cycle de l'azote précédemment décrit. Une partie des nitrates de ce stock est assimilée par les plantes tandis que l'excédent de nitrates est alors susceptible d'être lessivé par les eaux d'infiltration vers les horizons plus profonds. La période la plus propice au lessivage correspond à celle de l'alimentation des nappes d'eau souterraine, c'est-à-dire en général entre octobre et avril. Le type de sol a une influence sur le transport des nitrates vers la zone non saturée et les phénomènes de dénitrification. Tindall *et al.* (1995) ont montré qu'un sol sableux conduisait généralement à un lessivage rapide des nitrates malgré l'importance des processus de dénitrification alors qu'un sol argileux avait tendance à inhiber ces processus malgré une teneur en eau importante mais retardait le lessivage des nitrates vers la zone non saturée. Ils concluent en disant que la dynamique du transport et de la transformation des nitrates dans un sol non saturé est affecté par de petites variations locales des profils de teneur en eau, par la solubilité des gaz N_2O et N_2 et par les coefficients de diffusion des gaz dans le sol.
- *La zone non saturée infra-racinaire* : dans cette zone située entre la zone racinaire et la nappe d'eau souterraine, la migration des nitrates est principalement fonction de l'hydrodynamique de l'écoulement en milieu non saturé, à cause d'une activité biochimique quasi-inexistante. Cette zone d'épaisseur variable selon le contexte géologique (de quelques mètres à quelques dizaines de mètres) conditionne en grande partie les temps de transfert des nitrates vers la nappe (de quelques jours à plusieurs années). Suivant que la roche est à porosité d'interstices (sables, grès...) ou de fissures (calcaires...), les circulations sont plus ou moins rapides. L'épaisseur de la zone non saturée varie aussi selon les saisons car le niveau des nappes obéit à un rythme saisonnier dépendant des conditions climatiques (pluviométrie et évapotranspiration). La base de la zone non saturée correspond donc à une zone de battement de la nappe, comprise entre le niveau de la nappe en hautes eaux et le niveau en basses eaux.
- *Le milieu saturé* : il correspond au réservoir aquifère. Les transferts d'eau et de nitrates sont essentiellement horizontaux par opposition aux transferts verticaux de la zone non saturée. Les concentrations en nitrates observées en un point de la nappe résultent d'une intégration spatiale et temporelle des concentrations en nitrates des eaux issues non seulement de la zone non saturée mais aussi de la nappe sur un secteur pouvant être très étendu en amont hydraulique (Banton *et al.*, 1995).

2.2.1. Principe des écoulements en zone non saturée

La migration des nitrates vers les nappes d'eau souterraines est régie par l'écoulement des eaux de percolation à travers la zone non saturée ; la diffusion moléculaire est en général négligeable (Keeney, 1986). Alors qu'en milieu saturé les écoulements ne sont soumis qu'aux forces de pression (généralement induites par la gravité), des forces de tension superficielle (ou forces capillaires) apparaissent en milieu non saturé à l'interface air-eau-grains du milieu poreux. Ces forces ont tendance à retenir l'eau à la surface des grains, en provoquant une succion qui s'oppose aux écoulements, d'où une diminution de la perméabilité apparente du sol. Le modèle le plus utilisé pour déterminer l'écoulement de l'eau en zone non saturée est un modèle déterministe basé sur la loi de Darcy généralisée aux milieux poreux hétérogènes non saturés (Lehmann et Ackerer, 1995), où la perméabilité et la charge hydraulique varient en fonction de la teneur en eau :

$$q = -K(\theta) \text{ grad } H ,$$
$$\text{et } H = h(\theta) - z$$

avec q : flux volumique,
 $K(\theta)$: conductivité hydraulique, fonction de la teneur en eau du sol θ ,
 H : charge hydraulique,
 $h(\theta)$: pression en eau du sol, fonction de la teneur en eau du sol θ ,
 z : altitude comptée positivement vers le bas (profondeur).

Ainsi, pour caractériser l'écoulement en zone non saturée, il est nécessaire de connaître les deux lois de comportement du sol :

- la loi de rétention : $h(\theta)$;
- la loi de perméabilité : $K(\theta)$.

Ce sont ces deux relations qui influencent le plus l'écoulement de l'eau et le transport des nitrates en zone non saturée. Des lois empiriques existent dans la littérature (Lehmann et Ackerer, 1995 ; Carsel et Parrish, 1988 ; Clapp et Hornberger, 1978) en fonction de la nature lithologique de la matrice. Elles peuvent également être établies à partir de mesures in situ sur le site étudié.

Ce modèle d'écoulement, basé sur de nombreuses hypothèses simplificatrices, se traduit par un écoulement de type "piston". Il serait applicable en première approximation dans de nombreux cas. Toutefois, il peut être remis en cause dans les cas où des circulations d'eau préférentielles peuvent s'effectuer au niveau d'une série de gros pores interconnectés ou au niveau de fissures (Keeney, 1986 ; Jones et Schwab, 1993). Le lessivage des nitrates peut alors être accru si les nitrates sont entraînés par l'eau de percolation à travers ces zones d'écoulement préférentiel, ou diminué si les nitrates restent piégés dans les pores non interconnectés (eau morte). Le mécanisme de transfert des nitrates à travers la zone non saturée demeure donc toujours un sujet d'incertitude, voire de controverse, mais semble intimement lié aux caractéristiques géologiques et aux conditions climatiques, et donc aux caractéristiques du site étudié.

Outre le transport par convection lié à l'écoulement de l'eau, la migration des nitrates est également affectée par des processus de dispersion. La dispersion cinématique est liée à la variation aléatoire des vitesses réelles intergranulaires à l'échelle microscopique. La dispersion physico-chimique, ou diffusion moléculaire, est généralement négligeable.

2.2.2. Précipitations efficaces

Le transfert des nitrates dans le sous-sol étant étroitement lié au transfert d'eau, il est très important de pouvoir estimer les quantités d'eau qui s'infiltrent dans le sous-sol. La pluie efficace est une notion permettant d'identifier la fraction des précipitations météorologiques (parfois qualifiées de "totales" par opposition au premier terme) qui donne lieu à un apport d'eau à l'hydrosystème continental.

Cette alimentation de l'hydrosystème se traduit par un écoulement d'eau, appelé écoulement total, et décomposable d'une part en un ruissellement de surface ou un ruissellement hypodermique au niveau du sol, et, d'autre part en une infiltration dans le sous-sol en direction des nappes d'eau souterraine (fig. 2). L'autre fraction des précipitations -celle qui n'alimente donc pas l'hydrosystème continental mais retourne vers l'atmosphère- est constituée par l'évapotranspiration : mélange d'évaporation directe de l'eau et de transpiration foliaire de la végétation (Daum *et al.*, 1996).

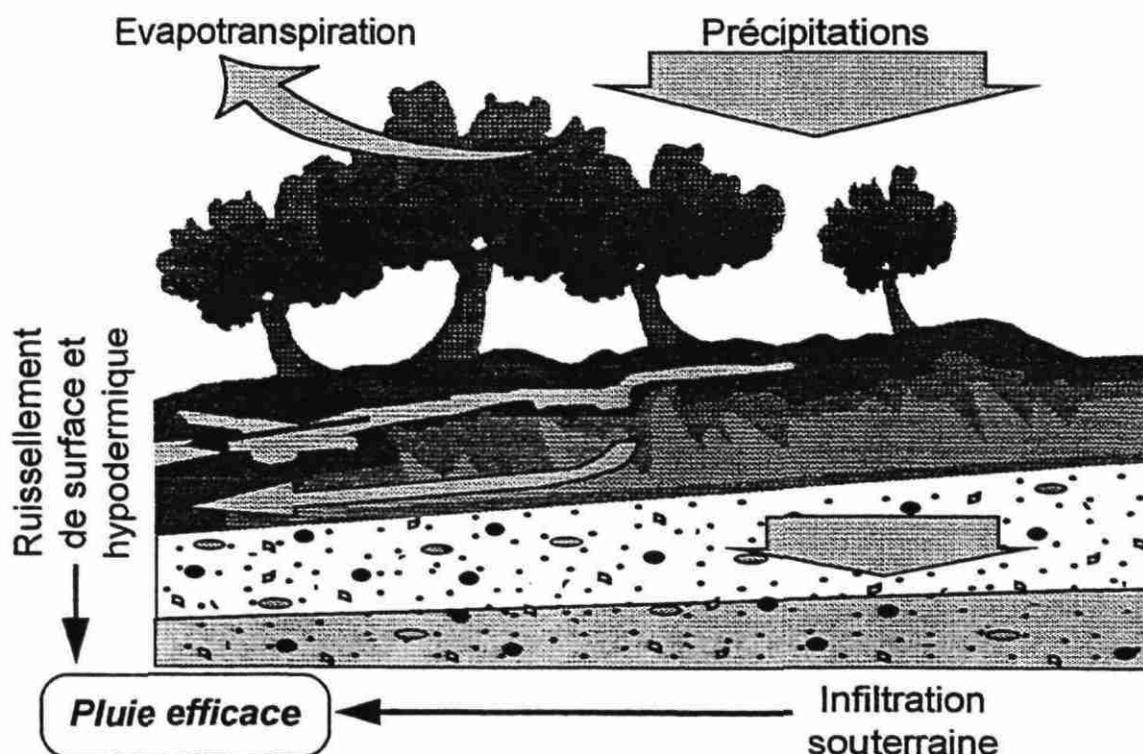


Fig. 2 - Représentation schématique du concept de pluie efficace (Daum *et al.*, 1996).

La pluie efficace est toujours estimée à partir d'un modèle global effectuant un bilan hydrique *a posteriori* de chroniques de précipitation et d'évapotranspiration. Ce dernier paramètre étant difficilement mesurable de manière régulière et sur de longues périodes, on a recours, pour son estimation, à deux autres paramètres : l'évapotranspiration potentielle, et la réserve en eau maximale du sol.

L'évapotranspiration potentielle, correspondant à la quantité maximale qu'un couvert végétal peut restituer à l'atmosphère, peut être estimée soit par des mesures directes toutefois peu pratiques et coûteuses, soit par des formules empiriques complexes basées sur les températures et le rayonnement solaire. Les deux principales formules utilisées en France sont celles de Penman (utilisée notamment par Météo France) et celle de Turc ; elles donnent des résultats comparables, avec toutefois des valeurs Penman légèrement plus élevées que les valeurs Turc pour le Nord de la France, et inversement pour le Sud..

La réserve en eau maximale du sol représente la capacité en eau d'un réservoir symbolisant l'ensemble sol-végétation. En ce sens, elle influe fortement sur l'évapotranspiration. Par commodité, cette réserve maximale est généralement assimilée à la réserve utile, ou parfois réserve facilement utilisable, des sols définie par les agronomes. Cette réserve utile est égale à la quantité d'eau du sol extractible par les racines sur une profondeur utile, c'est-à-dire sur la profondeur atteinte par l'enracinement (généralement de l'ordre de 1 m).

L'ensemble de la procédure de calcul de la pluie efficace, qui comprend plusieurs étapes, est présenté par Daum *et al.* (1996) ainsi que les expressions mathématiques des formules de Penman et de Turc.

A titre d'exemple, les précipitations efficaces moyennes annuelles calculées entre 1965 et 1994 à la station météorologique de Beauvais sont de l'ordre de 100 mm/an, alors que les précipitations totales sont de l'ordre de 670 mm/an (cf. Daum *et al.*, 1996).

2.2.3. Le contexte crayeux

Le principal aquifère de Picardie est constitué par la craie du Sénonien. La matrice crayeuse, qui dérive de squelettes d'algues planctoniques et de débris de foraminifères, est très poreuse, mais les grains sont extrêmement fins si bien que les pores et les ouvertures de pores interconnectés sont petits. L'eau de la matrice n'est donc pas drainée facilement par gravité et les pores restent essentiellement remplis d'eau dans la majeure partie de la zone non saturée (Price, 1997). La craie est souvent fortement fissurée du fait des processus d'enfouissement, de compaction, de diagenèse et des mouvements tectoniques qu'elle a subis.

Les mécanismes de transfert des nitrates dans la craie du Bassin parisien et dans la craie de Grande-Bretagne ont été étudiés par divers auteurs (Seguin et Moreau, 1986 ; Muller

et Ballif, 1981 ; Vachier *et al.*, 1987 ; Foster et Young, 1979 ; Foster et Bath, 1986 ; Chiesi, 1993, Lacherez, 1996).

Pour de nombreux auteurs, le mode dominant de transfert dans la craie est de type piston : 85 % environ de l'infiltration descendrait par écoulement interstitiel, type à piston, et 15 % par les fissures. L'effet piston peut être schématisé de la façon suivante : l'eau qui s'infiltré emplit la porosité de la craie et pousse vers le bas l'eau déjà présente dans la roche, et ainsi de suite jusqu'à la nappe. Cela correspond à une infiltration intra-granulaire à travers la matrice poreuse par effet piston. Le déplacement des solutés est très lent. La propagation des solutés dans la zone non saturée crayeuse semble assimilable schématiquement au déplacement d'une onde d'étalement de plus en plus largement dans le sens vertical au cours de son déplacement. Les profils chimiques réalisés permettent de calculer des vitesses moyennes de transfert dans la zone non saturée crayeuse variant de 0,3 à 0,75 m/an.

Le calcul d'une vitesse moyenne de transfert est toutefois bien peu significatif sans mention des valeurs extrêmes (vitesse minimale et vitesse maximale). En effet, la valeur de la porosité peut varier avec la profondeur, ce qui a une incidence sur les vitesses de transfert et la forme des pics. Selon les cas, les pics pourraient être plus ou moins étalés verticalement sans que l'on doive rattacher cela à la dispersion hydrodynamique. De plus les vitesses de transfert peuvent varier en fonction de la période considérée : plus la quantité de pluie efficace est importante, plus les déplacements en zone non saturée seront importants.

En milieu crayeux, le transfert des solutés serait donc sous la dépendance de deux paramètres : la pluie efficace et la porosité. Le réseau de fissures de la zone non saturée crayeuse ne serait pas hydrogéologiquement fonctionnel (Vachier *et al.*, 1987), les fissures auraient donc un rôle négligeable dans la percolation. En effet, vu l'homogénéité de la porosité et la taille extrêmement réduite des pores dans une craie non altérée, le potentiel matriciel est très élevé et la pression à exercer pour extraire l'eau de la matrice est très forte. Cela a pour conséquence que l'eau présente dans la microporosité ne pourra passer dans le réseau de fissures qu'à condition que lui soit appliquée une pression très élevée, ce qui explique que le réseau de fissures ne serait pas hydrauliquement fonctionnel dans la zone non saturée. Un écoulement à travers les fissures de la zone non saturée ne pourrait avoir lieu que dans des circonstances de recharge exceptionnelle (Price, 1997). Par contre, en zone saturée les fissures ont un rôle important dans l'écoulement de l'eau et le transfert des nitrates.

Les phénomènes de capillarité, spécifiques à la craie du fait de la géométrie particulière des pores, pourraient aussi avoir une influence majeure sur le transfert vertical des nitrates. Ils correspondent à des phénomènes de remontée d'eau, permettant de maintenir un certain taux de saturation du sol en période de sécheresse. Dans la craie du Bassin parisien où le diamètre des pores est très faible, l'ascension capillaire pourrait se faire sur une quarantaine de mètres. Dès 1,5 à 2 m de profondeur, la porosité de la craie serait donc presque saturée et la frange capillaire, correspondant à la zone dont la saturation

est proche de 100 % (il reste un peu d'air piégé dans cette zone, notamment dans le réseau de fissures) constituerait la majeure partie de la zone non saturée (Vachier *et al.*, 1979 ; Chiesi, 1993 ; Lacherez, 1996).

Toutefois certains auteurs ont émis des hypothèses différentes sur les mécanismes de transfert. Il pourrait y avoir infiltration relativement rapide de l'eau par les fissures et diffusion des solutés entre l'eau de fissure mobile et l'eau de porosité presque statique. Ce mécanisme pourrait dans certaines conditions produire une répartition verticale des solutés similaire à celle d'un écoulement de type piston (Foster et Young, 1979). Plus récemment, le rôle de la fissuration et même de la karstification dans le transport d'eau et de substances fertilisantes ou phytosanitaires dans la zone non saturée de la craie a été souligné par plusieurs auteurs (Jones et Cooper, 1996 ; Lepiller, 1996 ; Clark *et al.*, 1993). Il semble donc qu'à l'avenir on accorde plus d'attention au transport par la macroporosité (fissures, vides karstifiés) de la craie.

3. Bilan des données nitrates disponibles sur les eaux souterraines en Picardie

Les principales sources de données nitrates sur les eaux souterraines de Picardie proviennent :

- *Des réseaux de surveillance réglementaire des trois départements*

Ils sont basés sur les captages d'adduction d'eau potable en service (plus de 1000 en Picardie), dont les eaux sont régulièrement analysées par les DDASS dans le cadre du contrôle sanitaire imposé par le décret 89-3 du 3 janvier 1989. Ce décret fixe notamment la fréquence des analyses à effectuer en fonction du débit journalier d'un captage, et selon que le prélèvement a lieu directement dans la ressource ou dans l'eau, traitée ou non, avant son refoulement dans le réseau de distribution. C'est ainsi qu'une analyse des teneurs en nitrates doit être réglementairement effectuée pour tous les captages dont le débit est supérieur ou égal à 100 m³/jour : une fois tous les deux ans pour des débits compris entre 100 et 1999 m³/jour, une fois par an entre 2000 et 6000 m³/jour, plusieurs fois par an au-delà selon le débit.

La maîtrise d'ouvrage de ces réseaux est assurée par les collectivités et les DDASS. Le financement est assuré par les collectivités et les Conseils Généraux.

- *Des réseaux de surveillance complémentaires*

Ils sont destinés à compléter les analyses effectuées dans le cadre réglementaire sur les captages AEP de manière à avoir une meilleure connaissance de la qualité de la nappe, soit, en ce qui concerne les captages AEP, en augmentant la fréquence d'analyse ou en recherchant des molécules spécifiques telles que les micropolluants, soit en effectuant des analyses dans d'autres types d'ouvrages tels que forages agricoles, forages industriels, ou sources dans des secteurs où la qualité de la nappe n'est pas connue.

Ces réseaux sont en train de se mettre en place de manière progressive. En ce qui concerne le bassin Artois-Picardie, soit le département de la Somme et l'arrondissement de Saint-Quentin dans l'Aisne, le réseau comprenait 25 points en 1996 et 1997 et les prélèvements étaient effectués par les DDASS ; il devrait être porté à 69 points en 1998, avec un prélèvement effectué deux fois par an. La maîtrise d'ouvrage est assurée par les Conseils généraux de la Somme et de l'Aisne et le financement par l'Agence de l'Eau Artois-Picardie et le Conseil Général de l'Aisne. En ce qui concerne le bassin Seine-Normandie, il n'existe pour l'instant que le "réseau Aquarel" concernant uniquement les captages AEP et financé par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et le ministère de la Santé, ainsi que le réseau du Conseil Général de l'Aisne qui comprend 8 points (non

AEP) prélevés deux fois par an par le BRGM. Des réflexions sont en cours sur la constitution d'un réseau complémentaire au niveau du bassin Seine-Normandie en Picardie.

• *Des campagnes de surveillance de la qualité chimique des eaux souterraines au droit des zones industrielles et urbaines de Picardie, effectuées de 1974 à 1992*

Ces campagnes ont porté sur environ 100 points de prélèvement qui ont chacun fait l'objet de 1 à 23 analyses entre 1974 et 1992, dont les nitrates. Elles ont été réalisées par le BRGM à la demande de la DRIRE de Picardie. Les données brutes concernant les nitrates sont consignées dans les rapports de Allard et Kleinmann (1992) et Kleinmann (1993).

• *De campagnes de prélèvements et d'analyses effectuées en 1993 et 1995 sur plus de 300 points d'eau, hors AEP, captant la nappe de la craie en Picardie*

Ces campagnes ont été réalisées par le BRGM sur financement du Conseil Régional et du ministère de l'Environnement.

Seules les données collectées par les DDASS sur les captages d'eau potable sont disponibles en banques de données : la banque de bassin Artois-Picardie et, au niveau national, l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines. Ces deux banques sont, en ce qui concerne la Picardie, toutes deux exclusivement alimentées par les données DDASS. Elles sont donc identiques en ce qui concerne les données nitrates, mais diffèrent par la structure des données et leur degré de mise à jour. Il n'existe pas de banque de bassin Seine-Normandie.

Nous présenterons dans ce chapitre les bilans effectués régulièrement par les DDASS et par la DRASS sur l'eau distribuée, le bilan des campagnes d'analyses effectuées en 1993 et 1995 par le BRGM sur la nappe de la craie, ainsi qu'un essai d'exploitation de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines pour les nappes du Dogger et du Lutétien.

3.1. BILANS EFFECTUÉS PAR LES DDASS SUR LES EAUX DISTRIBUÉES

Les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise effectuent annuellement un bilan des teneurs en nitrates des eaux d'alimentation en eau potable sous forme cartographique. A titre d'exemple, la figure 3 illustre la situation de la Somme pour les années 1994 et 1996. Un découpage géographique est effectué par commune et par unité de distribution, sachant que chaque unité possède un ou plusieurs captages et peut alimenter plusieurs communes. La teneur en nitrates des eaux distribuées est indiquée graphiquement selon 4 classes de valeur représentées par 4 couleurs différentes :

TENEURS MOYENNES EN NITRATES DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE SITUATION 1996

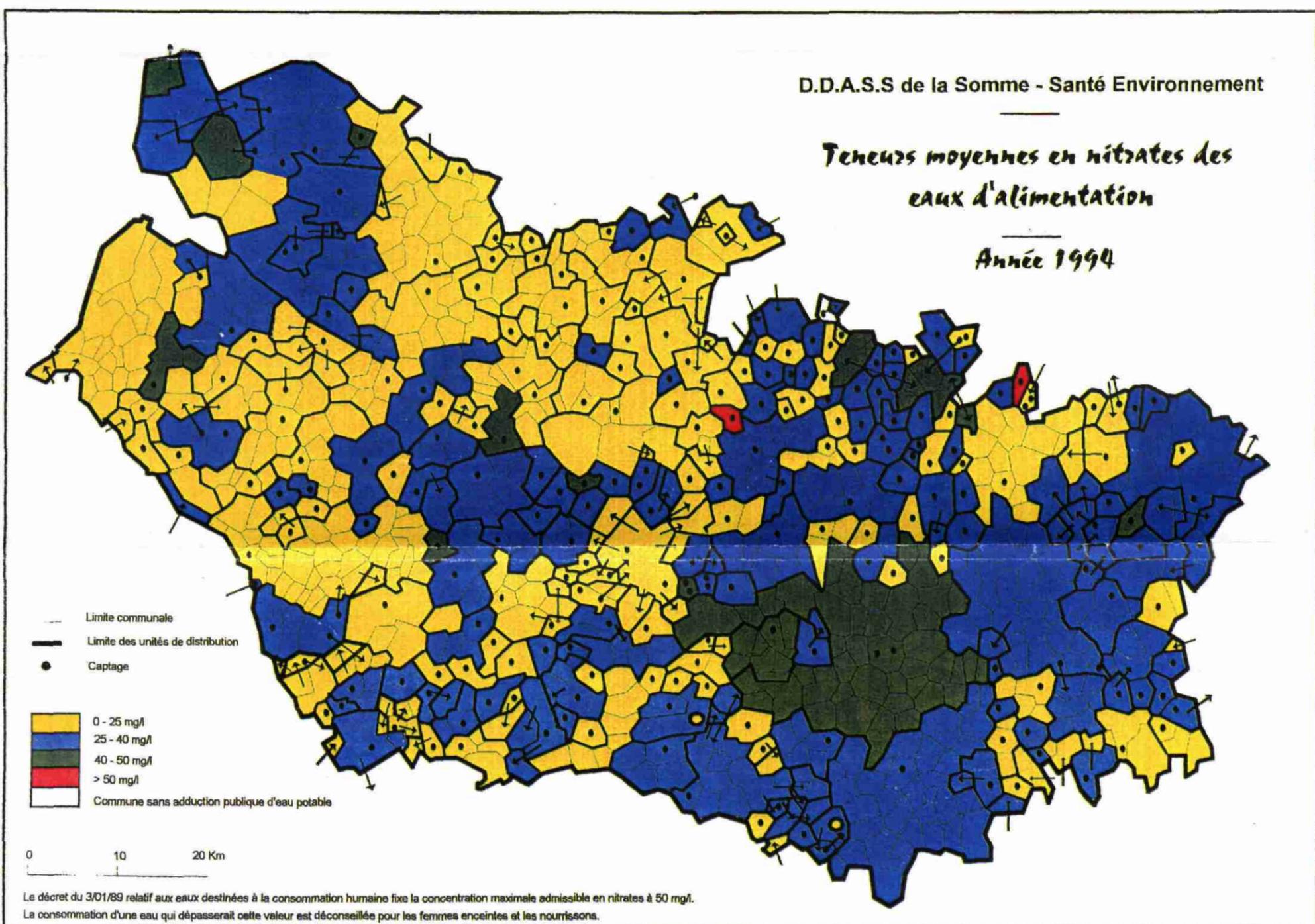
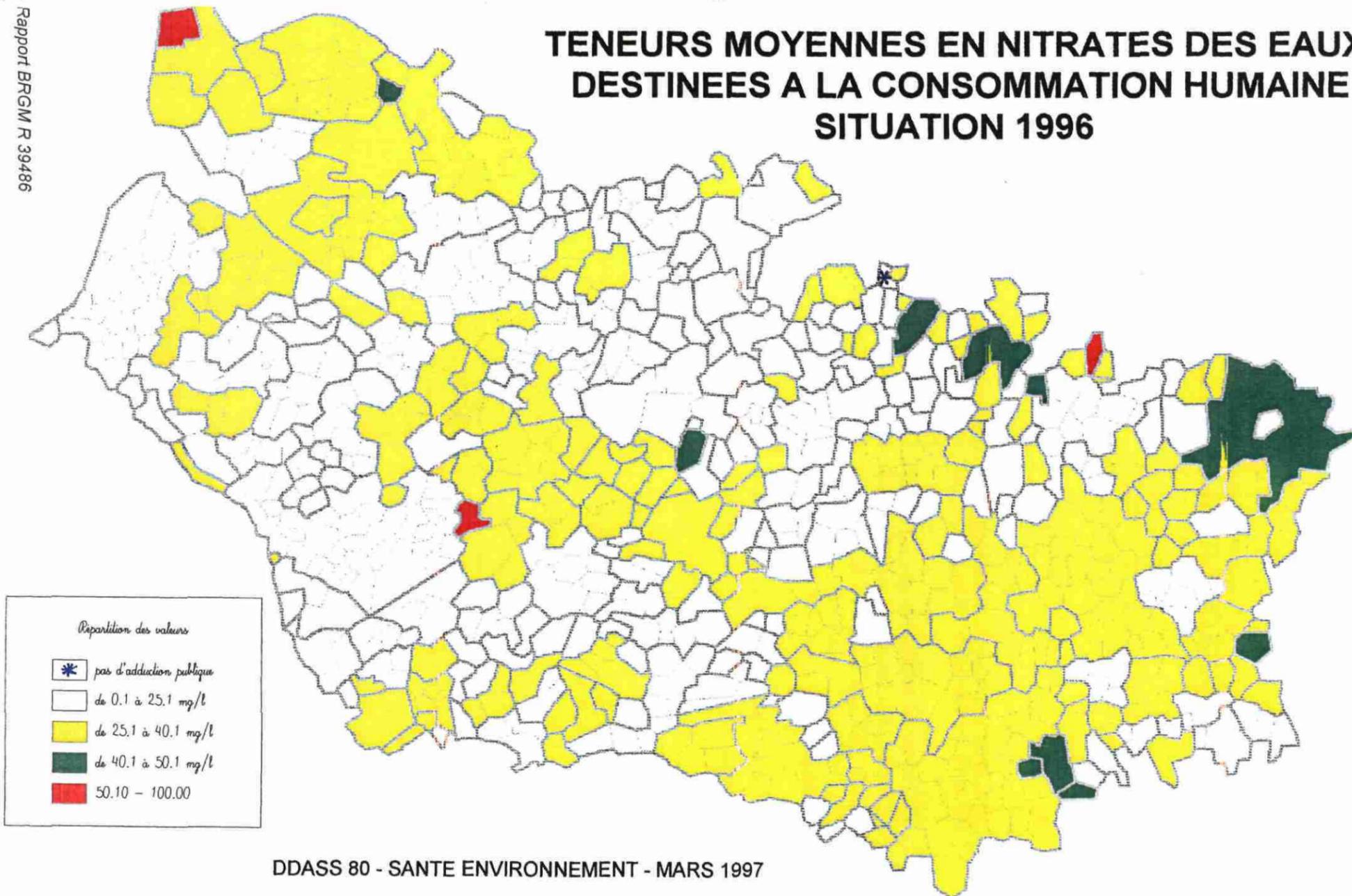


Fig. 3 - Teneurs moyennes en nitrates des eaux d'alimentation du département de la Somme - Années 1994 et 1995 (documents de la DDASS de la Somme).

- 0-25 mg/l : 25 mg/l étant une valeur guide pour la ressource (objectif de qualité) ;
- 25-50 mg/l : 50 mg/l étant la concentration maximale exigible en distribution. A partir de cette valeur, l'eau ne doit plus être consommée par les femmes enceintes et les nourrissons ;
- 50-100 mg/l : 100 mg/l étant le seuil maximal de tolérance ;
- > 100 mg/l : au-delà de cette teneur, l'eau ne doit plus être consommée.

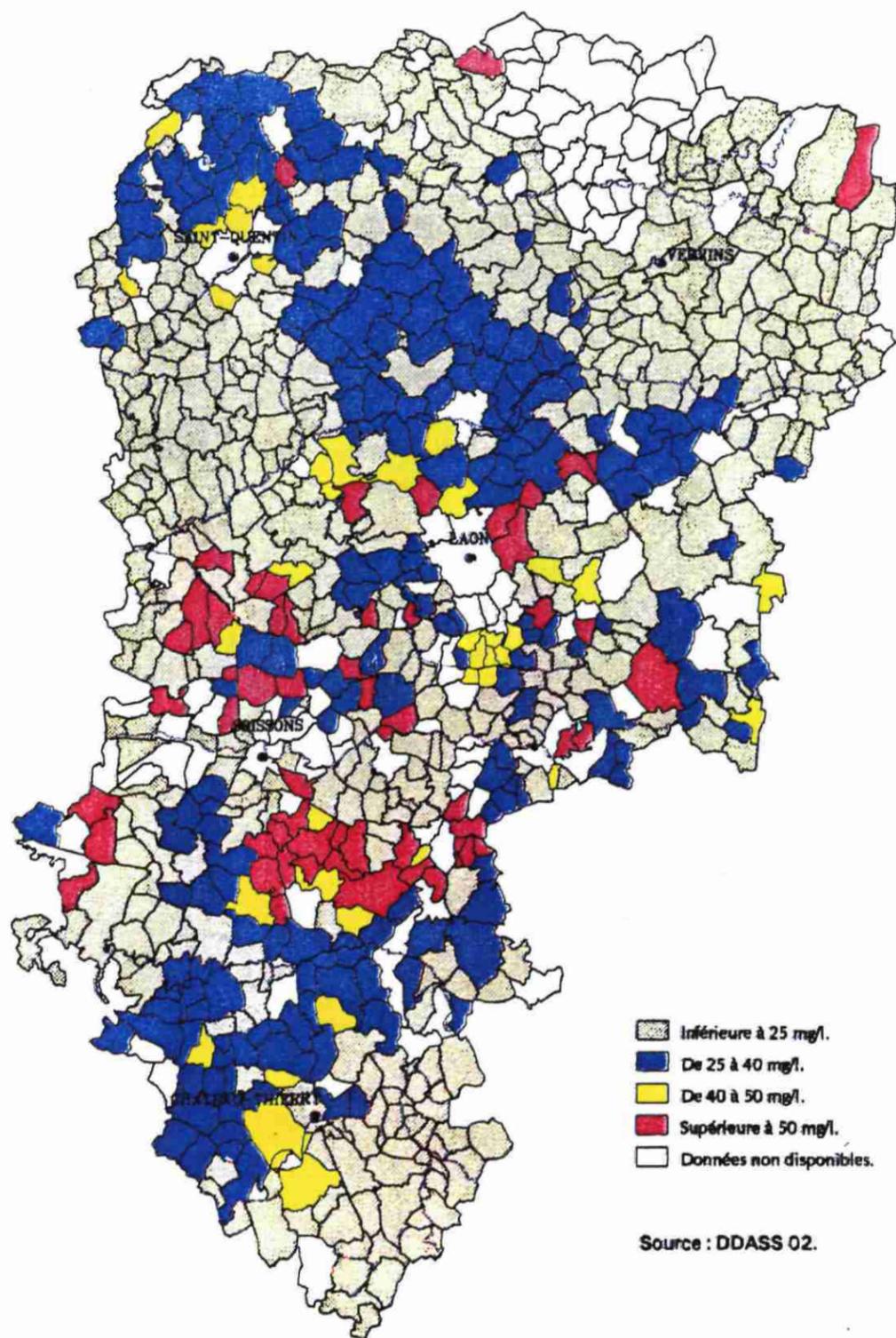
Ces valeurs repères sont celles fixées par la circulaire du ministre chargé de la santé du 9/7/90 relative aux teneurs en nitrates des eaux destinées à la consommation humaine, qui précise que "quel que soit le type de ressource exploitée, un programme d'amélioration de la qualité de la ressource... doit être mis à l'étude dès que la valeur guide de 25 mg/l, définie par la directive CEE n°80-778 du 15/07/80, se trouve dépassée".

Ces cartes donnent un aperçu sur les teneurs en nitrates de l'eau distribuée, mais ne reflètent pas l'état de la qualité des nappes car les prélèvements d'eau sont faits soit au captage, soit sur le réseau de distribution, soit sur la station de pompage réunissant l'eau de plusieurs captages ; elles se doivent de présenter des valeurs correctes des teneurs en nitrates.

D'une année sur l'autre, ces cartes permettent de voir des évolutions. Dans l'Aisne par exemple, les cartes des teneurs en nitrates relevées pour les eaux de distribution entre 1980 et 1995 montrent que la tendance générale est à la dégradation (cf. fig. 4 et 5). Si certaines communes voient la qualité de leur eau s'améliorer, cela est dû dans beaucoup de cas soit à un changement de forage, soit à l'exploitation d'une autre nappe, soit à l'abandon du captage et à un raccordement à une autre unité de distribution ; ce n'est pas l'eau de la nappe elle-même qui a gagné en qualité. Il faut donc être très vigilant sur l'interprétation de ces cartes et notamment de la carte d'évolution entre 1980 et 1995 (fig. 5).

En 1996, la DDASS de l'Oise a pris l'initiative d'éditer une carte un peu différente qui présente les teneurs en nitrates des eaux de nappe au droit de chaque captage d'adduction publique, et non plus des eaux distribuées. Cette carte est présentée en figure 6 et constitue une nouvelle approche pour raisonner en terme de qualité de la ressource.

Moyenne annuelle des teneurs en nitrates - 1980



- Inférieure à 25 mg/l.
- De 25 à 40 mg/l.
- De 40 à 50 mg/l.
- Supérieure à 50 mg/l.
- Données non disponibles.

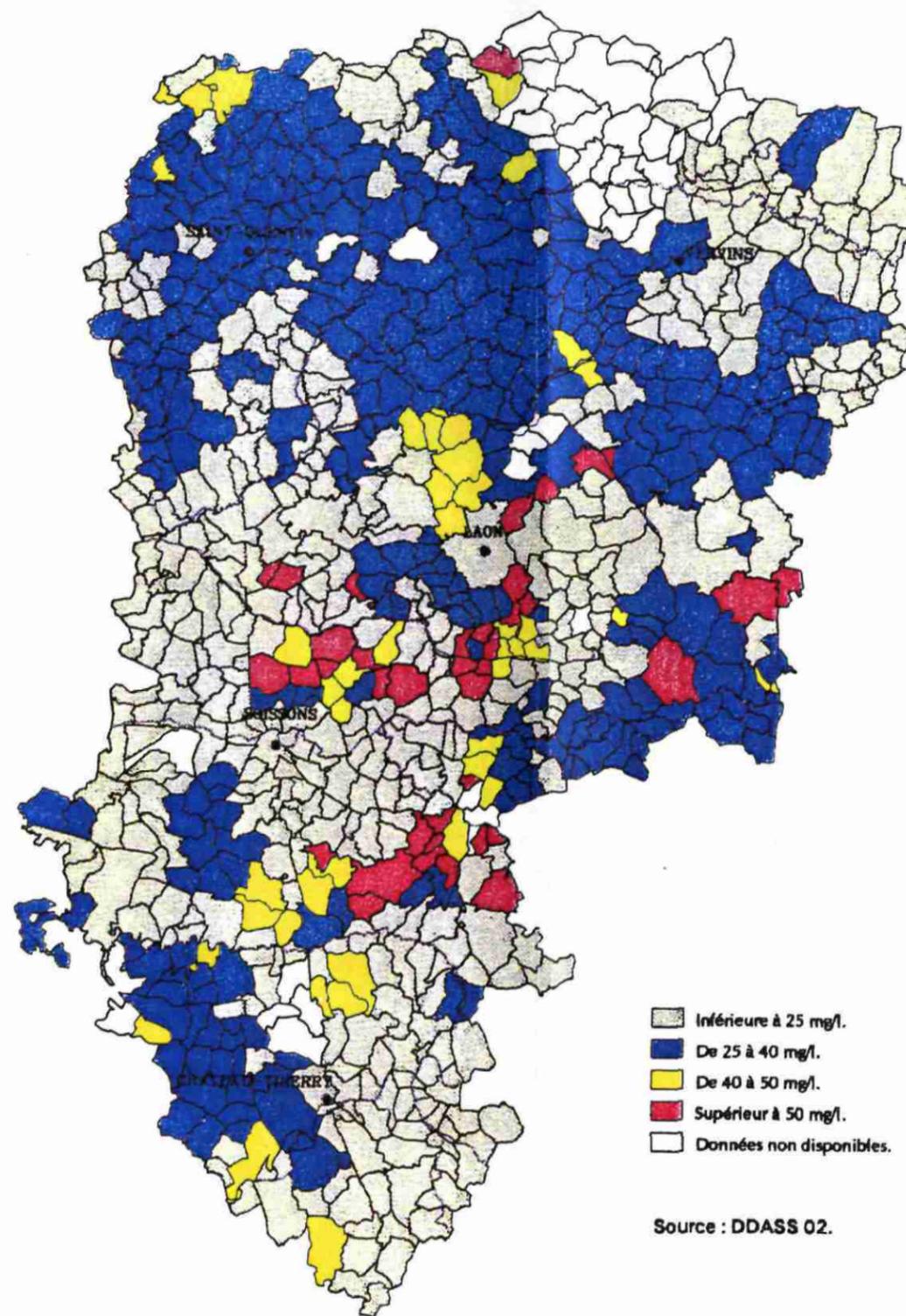
Source : DDASS 02.

Echelle 1:650000

Diagnostic des pollutions azotées - 1996.

Chambre d'Agriculture de l'Aisne - Arc/Info.

Moyenne annuelle des teneurs en nitrates - 1991



- Inférieure à 25 mg/l.
- De 25 à 40 mg/l.
- De 40 à 50 mg/l.
- Supérieur à 50 mg/l.
- Données non disponibles.

Source : DDASS 02.

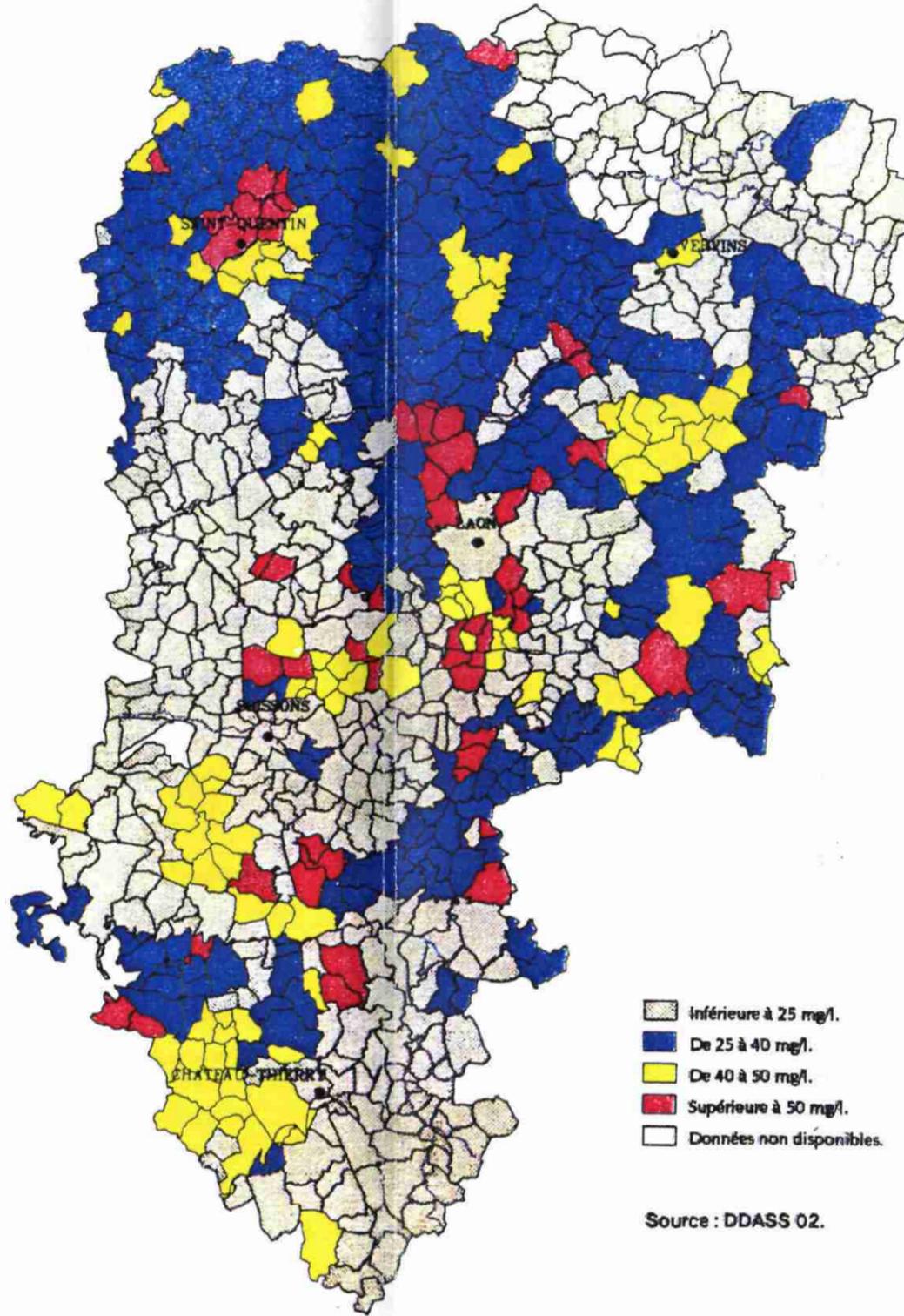
Echelle 1:650000

Diagnostic des pollutions azotées - 1996.

Chambre d'Agriculture de l'Aisne - Arc/Info.

Fig. 4 - Teneurs moyennes en nitrates des eaux d'alimentation du département de l'Aisne - Années 1980 et 1991 (documents de la Chambre d'Agriculture de l'Aisne réalisés à partir des données transmises par la DDASS de l'Aisne).

Moyenne annuelle des teneurs en nitrates - 1995



- Inférieure à 25 mg/l.
- De 25 à 40 mg/l.
- De 40 à 50 mg/l.
- Supérieure à 50 mg/l.
- Données non disponibles.

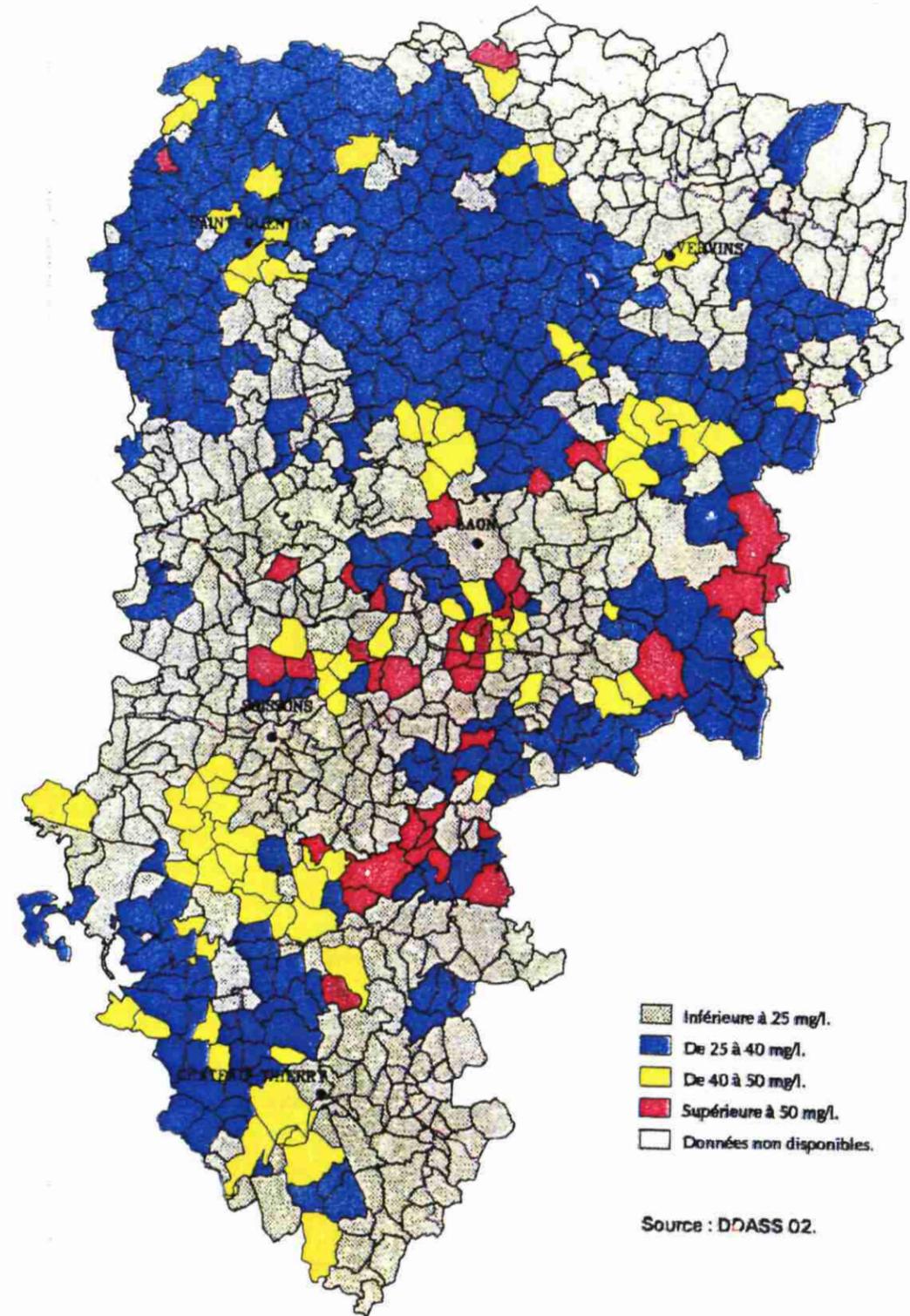
Source : DDASS 02.

Echelle 1:650000

Diagnostic des pollutions azotées - 1996.

Chambre d'Agriculture de l'Aisne - Arc/Info.

Moyenne annuelle des teneurs en nitrates - 1996



- Inférieure à 25 mg/l.
- De 25 à 40 mg/l.
- De 40 à 50 mg/l.
- Supérieure à 50 mg/l.
- Données non disponibles.

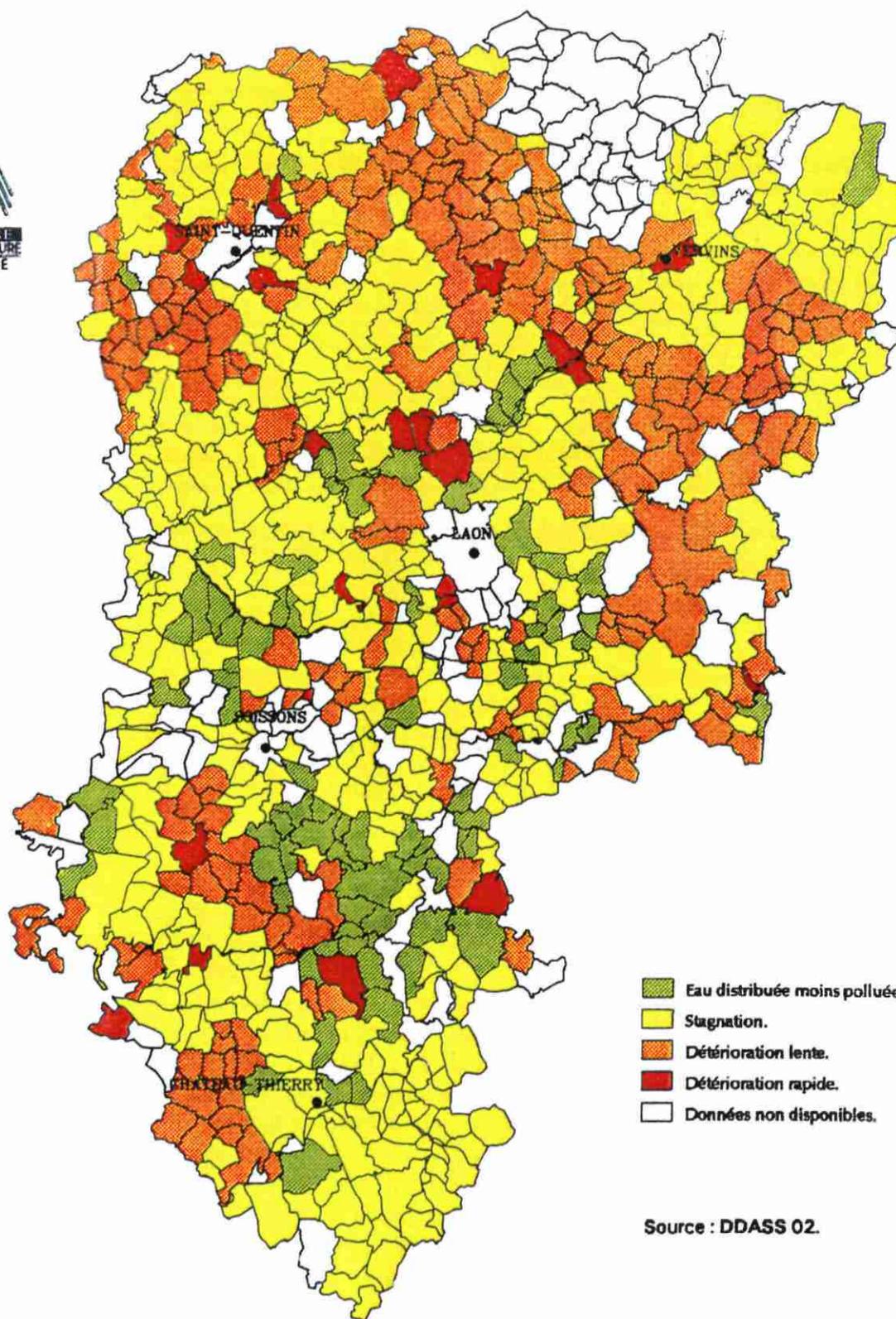
Source : DDASS 02.

Echelle 1:650000

Diagnostic des pollutions azotées - 1996.

Chambre d'Agriculture de l'Aisne - Arc/Info.

Fig. 4 (suite) - Teneurs moyennes en nitrates des eaux d'alimentation du département de l'Aisne - Années 1995 et 1996 (documents de la Chambre d'Agriculture de l'Aisne réalisés à partir des données transmises par la DDASS de l'Aisne).



Echelle 1:650000

Diagnostic des pollutions azotées - 1996.

Chambre d'Agriculture de l'Aisne - Arc/Info.

Fig. 5 - Evolution des teneurs en nitrates des eaux d'alimentation du département de l'Aisne entre 1980 et 1995 (document de la Chambre d'Agriculture de l'Aisne réalisé à partir des données transmises par la DDASS de l'Aisne).

3.2. BILANS EFFECTUÉS PAR LA DRASS SUR LES EAUX DISTRIBUÉES

La Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales a effectué en 1981, 1988 et 1990 un bilan sur les teneurs en nitrates des eaux distribuées sur l'ensemble de la Picardie. Un bilan 1997 sur la qualité des eaux d'alimentation est en cours, avec un volet sur les nitrates.

3.2.1. Bilan 1981

Ce bilan a été effectué suite à la directive européenne du 15 juillet 1980. Il fait la synthèse des bilans effectués par les DDASS depuis une dizaine d'années (DRASS, 1981).

Il met en évidence une dégradation générale de la qualité des eaux captées entre 1972 et 1981. En 1981, 7 % des unités de distribution atteignent ou dépassent la concentration maximale admissible de 50 mg/l. Parmi ceux-ci, 5 unités ont des moyennes supérieures à 100 mg/l. Les départements de l'Aisne et de l'Oise, où sont exploitées des nappes tertiaires, sont plus touchés que la Somme, où les collectivités n'utilisent que la nappe de la craie du Crétacé supérieur. Les recommandations proposées au vu de cette situation préoccupante comprennent à la fois des mesures immédiates pour répondre aux impératifs d'ordre sanitaire, et des mesures préventives dont la mise en place de périmètres de protection.

3.2.2. Bilan 1988

Un deuxième bilan a été fait par la DRASS en 1988. Il aboutit aux conclusions suivantes (DRASS, 1988).

Au cours de l'année 1988, suite à l'abondance des pluies de l'hiver 1987-1988, des flux importants de nitrates ont atteint les nappes souterraines. Des pointes de pollution plus ou moins marquées et durables ont alors provoqué le dépassement de la norme dans plusieurs unités de distribution, dont certaines n'avaient jamais connu de problèmes de qualité.

Un graphique reproduit en figure 7 fait apparaître le pourcentage de captages appartenant à chaque classe de teneurs en nitrates de 1972 à 1988, basé sur les 900 captages exploités en Picardie pour l'alimentation en eau potable. 9 % des captages ont des teneurs moyennes en nitrates supérieures à 50 mg/l. Malgré la disparition de la classe "supérieur à 100 mg/l" et la relative stabilité de la tranche 50-100 mg/l liées à l'abandon progressif des puits pollués, ce diagramme traduit la lente dégradation de la qualité générale des eaux souterraines : la classe 25-50 mg/l ne cesse d'augmenter au détriment de la classe "inférieur à 25 mg/l". Encore faut-il insister sur l'imperfection de l'image donnée par les seuls forages d'adduction d'eau. La réalité des nappes est sans doute plus préoccupante.

OISE

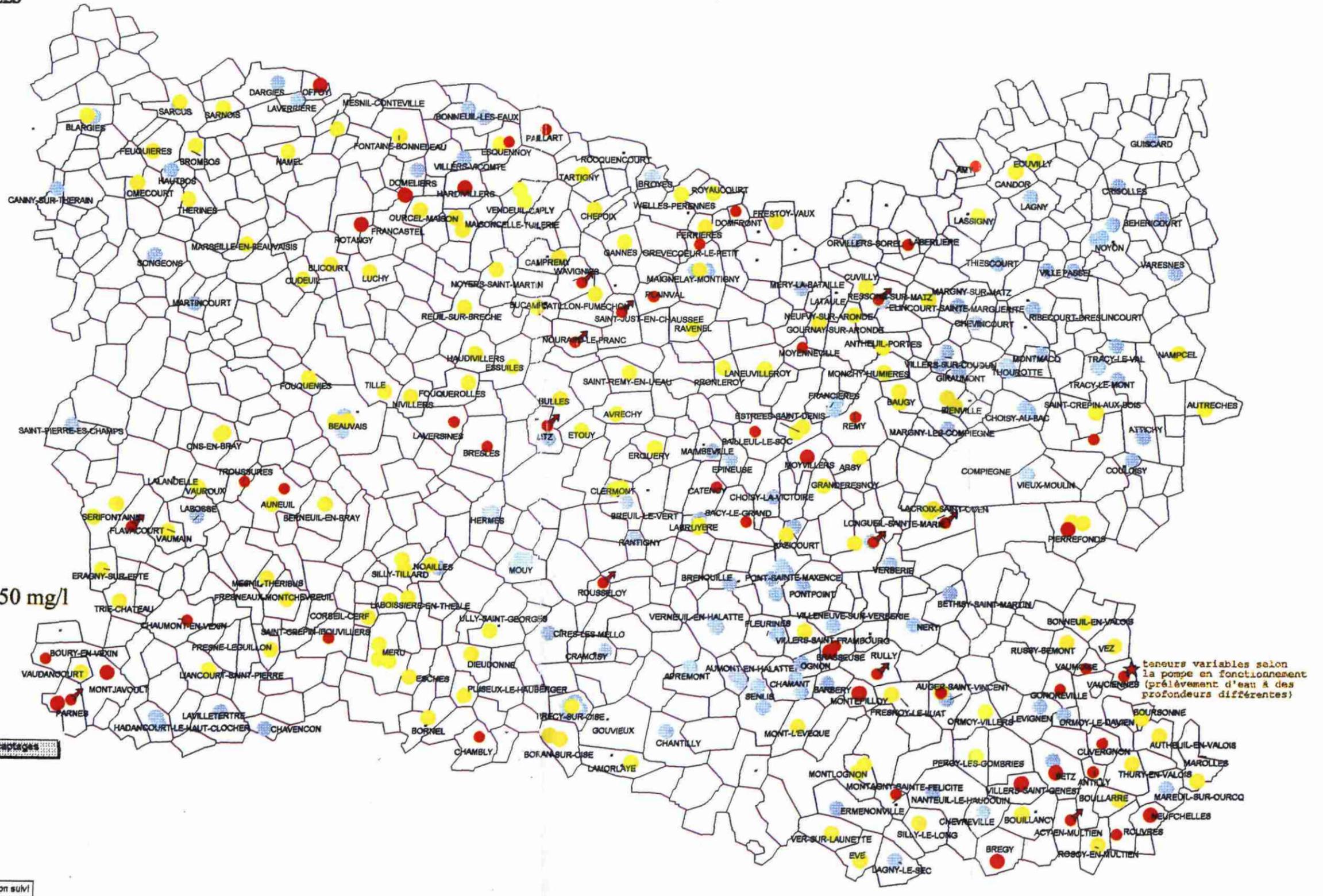


Fig. 6 - Teneurs moyennes en nitrates des captages d'adduction publique du département de l'Oise - Bilan 1996 (document de la DDASS de l'Oise).

*Captages permanents et de secours

3.2.3. Bilan 1990

En 1990, la DRASS a effectué non seulement un travail de bilan, mais aussi une analyse prospective sur le dynamisme d'évolution de la qualité des ressources exploitées (DRASS, 1990).

En 1989 en Picardie, 8 % des captages fournissent une eau dont la teneur est comprise entre 50 et 100 mg/l, 48 % une eau entre 25 et 50 mg/l et 44 % entre 0 et 25 mg/l (fig. 8). La situation de la Somme est meilleure que dans l'Aisne et l'Oise du fait de contextes hydrogéologiques différents. Globalement pour la Picardie, la situation n'apparaît ni dramatique ni très rassurante : si une faible proportion des unités de distribution, des communes et de la population se trouve concernée par des teneurs excessives en nitrates (> 50 mg/l), l'émergence de la classe centrale 25-50 mg/l laisse supposer une possible aggravation dans l'avenir. Toutefois, s'il est mis en évidence une dégradation presque continue du parc des captages, on note un certain ralentissement de ce phénomène depuis les années 1980.

En vue d'une réflexion sur la dynamique d'évolution de la qualité des ressources exploitées, une classification de l'ensemble des captages en activité a été réalisée selon 9 catégories. Les critères de classification étaient basés sur une approche statistique (moyenne, pente, minimum, maximum, écart-type, etc.). Des tendances d'évolution ont ainsi été dégagées. A partir de cet essai de classification, un regroupement en 4 classes de captages a été effectué :

- la classe I regroupe les captages qui délivrent une eau dépassant continuellement l'exigence de qualité pour la distribution (50 mg/l). Cela concerne 27 captages, dont 21 dans le seul département de l'Aisne ;
- la classe II rassemblent les captages qui fournissent une eau dont les teneurs en nitrates oscillent autour de 50 mg/l ou ont franchi ce seuil de façon plus ou moins importante et répétée. Ils sont au nombre de 100 ;
- la classe III réunit 507 captages dont les eaux n'ont jamais atteint la valeur de 50 mg/l mais respectent rarement l'objectif pour la ressource (25 mg/l). Certains méritent une attention particulière car leurs caractéristiques d'évolution sont assez défavorables ;
- la classe IV regroupe 324 captages qui fournissent des eaux satisfaisant en permanence à l'objectif de 25 mg/l et qui représentent donc un véritable capital qualité.

Les listes par classe de tous les captages sont présentées en annexe du rapport de la DRASS avec, pour chacun d'eux, les données statistiques sur les teneurs en nitrates qui ont servi au classement.

Représentées par près de 80 % des captages, les zones de bonne qualité ou de qualité acceptable semblent donc prédominer encore largement dans la région. La situation de l'Aisne est toutefois plus défavorable que celle de l'Oise, elle-même plus défavorable que celle de la Somme. Cependant, la plus grande prudence s'impose dans l'interprétation des résultats car :

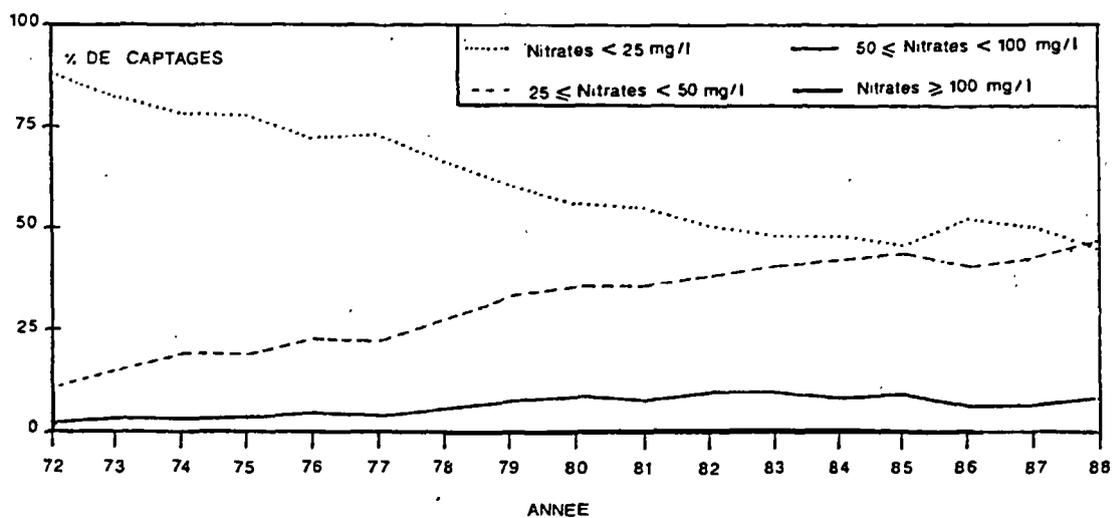


Fig. 7 - Evolution de la qualité des ressources utilisées en Picardie de 1972 à 1988 (document DRASS, 1988).

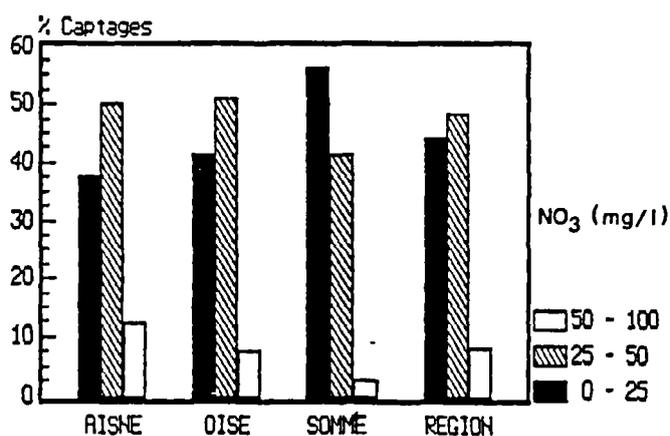


Fig. 8 - Histogramme de répartition des captages utilisés en 1989 en Picardie, par tranches de teneurs en nitrates et par département (document DRASS, 1990).

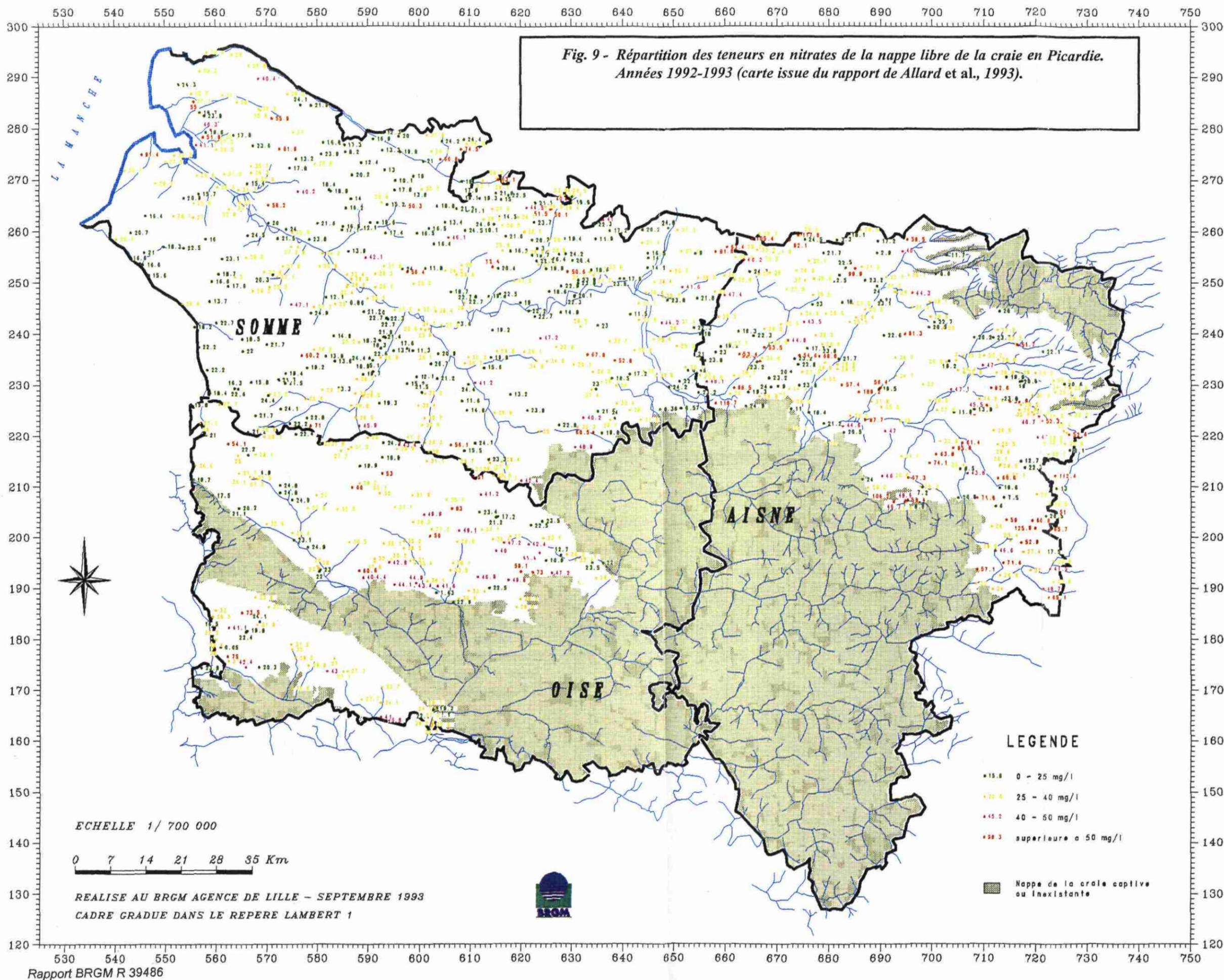
- les essais de prévision d'évolution à long terme sont risqués : le transfert des nitrates vers les nappes est un phénomène complexe conditionné par de nombreux facteurs fluctuant indépendamment les uns des autres et dont les effets peuvent s'opposer ou se conjuguer ;
- l'appréciation de la qualité réelle des nappes ne peut pas se faire à partir des seuls captages d'eau potable actuellement en service, étant donné d'une part que les captages les plus pollués ont été abandonnés, et d'autre part que les captages d'eau potable sont implantés dans des secteurs sélectionnés pour leur bonne qualité.

3.3. ÉTUDES EFFECTUÉES PAR LE BRGM EN 1993 ET 1995 SUR LA NAPPE DE LA CRAIE

Le BRGM a effectué en 1993 sur demande du Conseil Régional de Picardie et du ministère de l'Environnement, un bilan sur les teneurs en nitrates à l'échelle régionale, en raisonnant non pas au niveau de l'eau distribuée mais au niveau de la ressource, et en se limitant à la nappe libre de la craie qui alimente la majeure partie de la population picarde (Allard *et al.*, 1993 ; Bailly *et al.*, 1995).

Pour cela, a été considéré l'ensemble des valeurs 1992 fournies par les DDASS pour environ 650 captages où des prélèvements représentatifs de la nappe avaient été effectués. Par ailleurs, des prélèvements et analyses ont été effectués en 1993 sur 300 autres ouvrages répartis dans toute la Picardie, préférentiellement dans les zones où l'on ne disposait pas de valeurs (sources, puits de ferme, forages d'irrigation, forages industriels). Une cartographie a alors été réalisée qui représente une photographie des teneurs en nitrates de la nappe de la craie pour l'année 1992-1993 (cf. fig. 7). Les points analysés en 1993 et pour lesquels les teneurs dépassaient les 40 mg/l ont été de nouveau analysés en 1995, deux fois dans l'année.

Ces études ont montré que les teneurs en nitrates sont inférieures à 40 mg/l, et même à 25 mg/l dans une bonne partie de la nappe au niveau du département de la Somme. Les secteurs où les teneurs sont supérieures à 50 mg/l sont limités et principalement localisés dans le nord de l'Aisne et le nord de l'Oise. Pour les points où des teneurs supérieures à 40 mg/l ont été enregistrées, l'on remarque une grande variabilité à la fois annuelle (entre 1993 et 1995) et saisonnière (hautes eaux et basses eaux). Ces points sont généralement situés dans un contexte de fermes, d'élevages et de cultures. Les sources de pollution pourraient être en particulier très locales et intermittentes.



3.4. EXPLOITATION DES DONNÉES DE L'OBSERVATOIRE NATIONAL DE LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Cet Observatoire a été créé suite au protocole d'accord du 20/12/85 entre le ministère de l'Environnement et le ministère de la Santé, relatif à l'échange de données dans le domaine des eaux souterraines et plus particulièrement à la constitution d'un fichier de données sur la qualité des eaux souterraines. L'objectif était :

- de disposer d'un outil d'orientation de la politique nationale en matière de qualité des eaux souterraines et de lutte contre la pollution ;
- de créer une dynamique de meilleure gestion des eaux souterraines au niveau national, au niveau d'un bassin, et au niveau local.

L'Observatoire est une des grandes banques thématiques sur l'eau rassemblées dans la structure nationale créée par le ministère de l'Environnement - la Banque Nationale des Données sur l'Eau (BNDE) - et répond aux spécifications formulées par le Secrétariat Administratif National de Données Relatives à l'Eau (SANDRE).

Les acteurs principaux de l'Observatoire sont au nombre de six :

- le ministère de l'Environnement, à l'origine du projet et principal financeur ;
- le ministère du Travail et des Affaires Sociales, qui collabore à l'Observatoire ;
- le BRGM, en tant qu'opérateur technique pour la gestion informatique de la banque ;
- les DIREN et les Agences de l'Eau, qui créent sur le terrain une dynamique de constitution de fichiers et assurent un financement partiel (Agences de l'Eau) ;
- les DDASS, actuellement principaux fournisseurs de données de l'Observatoire.

Les données enregistrées dans l'Observatoire proviennent, pour une forte majorité, du contrôle sanitaire effectué par les DDASS sur l'eau souterraine brute, avant traitement et distribution. Elles sont dans certains départements complétées par des données fournies par des réseaux de surveillance régionaux (ex : réseau Alsace) ou de bassin (ex : réseau de l'Agence Rhône-Méditerranée-Corse), ou encore de réseaux d'études de sites expérimentaux ou de suivi d'une nappe (ex : réseau Drôme pour la surveillance des nitrates). Toute donnée sur la qualité des eaux souterraines brutes peut être intégrée à l'Observatoire.

La structure de la base de données s'articule autour de deux types de fichiers : le fichier des points et le fichier des analyses. Les points sont identifiés par un indice qui est, selon les bassins, soit l'indice DDASS, soit l'indice de classement national. Les principales caractéristiques de ces points sont mentionnées : type d'ouvrage, commune, coordonnées, système aquifère, nappe captée, usage. Les analyses sont identifiées par l'indice du point auxquelles elles se rapportent et par la date de prélèvement.

A ce jour, environ 40000 captages sont répertoriés dans l'Observatoire pour l'ensemble du territoire national, auxquels sont associées environ 220000 analyses. Toutefois la mise à jour des ouvrages et surtout des analyses est inégale suivant les bassins.

"L'alimentation" de l'Observatoire se fait à partir des banques de bassin (en général l'opérateur est l'Agence de l'Eau). Aussi la mise à jour de l'Observatoire dépend de l'implication des différentes banques de bassin et des producteurs de la donnée. La manière d'enrichir en données cette banque est en cours d'évolution. Des procédures automatiques de chargement des données des DDASS à partir de l'application informatique SISE-EAU du ministère du Travail et des Affaires Sociales ont été mises en oeuvre et sont en cours de tests. Cet échange "automatique" de données s'effectuera de manière à respecter le format SANDRE des données sur l'eau.

Concernant la Picardie, les analyses mémorisées à l'heure actuelle concernent principalement les captages d'eau destinée à la consommation humaine, remontent en général aux années 1970 et s'arrêtent vers 1988, sauf dans la Somme où des données jusqu'en janvier 1995 ont parfois été saisies grâce à l'effort particulier de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie.

Bien que ces données issues de la base ONQES soient partielles et incomplètes, nous avons jugé intéressant d'effectuer quelques bilans de teneurs en nitrates dans le cadre de la présente étude. En effet, elles donnent l'opportunité de raisonner non pas au niveau de l'eau distribuée, mais par nappe d'une part, et par système aquifère d'autre part. Rappelons que le système aquifère est un "domaine fini dont toutes les parties sont en liaison hydraulique continue et qui est circonscrit par des limites faisant obstacle à toute propagation d'influence appréciable vers l'extérieur, pour une constante de temps donnée" ; c'est le cadre spatial logique de l'évaluation et de la gestion des ressources en eau souterraine.

Etant donné le manque de convivialité lié à l'interrogation et à l'exploitation de ONQES, un travail de tri très important a dû être effectué de manière à constituer des fichiers exploitables sous forme graphique par le logiciel EXCEL. Nous nous sommes donc limités à la nappe du Dogger et à la nappe du Lutétien, ainsi qu'à un secteur de la nappe de la craie correspondant au système aquifère du Cambrésis sud dans le nord-ouest du département de l'Aisne.

3.4.1. Nappe du Dogger

Le Dogger (Jurassique moyen, ère secondaire) affleure au nord-est du département de l'Aisne dans la région d'Hirson. La localisation des points d'eau contenus dans la base ONQES et captant la nappe du Dogger est indiquée en figure 10 ; les caractéristiques de ces points sont présentées en tableau 1. Ils appartiennent au système aquifère des Côtes de Meuse Ardennaises (code 081).

L'évolution des teneurs en nitrates se rapportant à ces points est représentée en figure 11. Un point supplémentaire appartenant au réseau patrimonial de la qualité de l'eau souterraine mis en place en 1996 dans le département de l'Aisne a été rajouté ; il s'agit du forage industriel de Leuze (67-3X-95) (Durand, 1996).

Région Picardie Géologie et systèmes aquifères

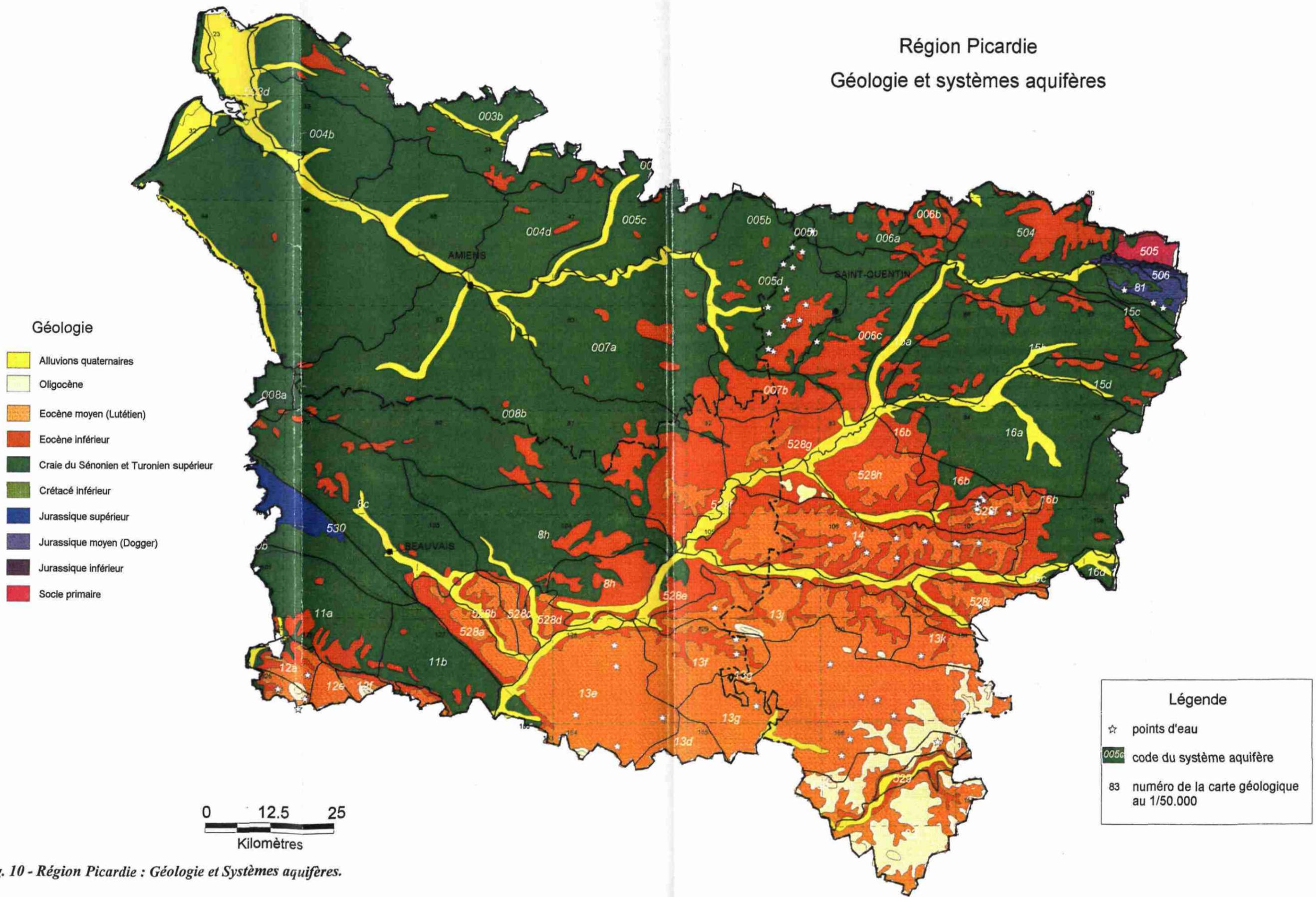


Fig. 10 - Région Picardie : Géologie et Systèmes aquifères.

| | INDICE BSS * | COMMUNE | INSEE | Code Nature | Code Usage | REF POINT dans ONQES |
|--------------------------|--------------|-----------------------------|-------|-------------|--------------------|----------------------|
| Nappe du Dogger | | | | | | |
| Système aquifère 081 | | | | | | |
| | 00516X0002 | Bucilly | 02130 | PUIT | AEP | 2284 |
| | 00673X0087 | Aubenton | 02031 | PUIT | AEP | 2605 |
| | 00673X0095 | Leuze | | FORA | INDUS réseau qual. | |
| Nappe du Lutétien | | | | | | |
| Système aquifère 012 | | | | | | |
| | 01258X0215 | Montjavoult | 60420 | SOUR | AEP | 1502 |
| | 01265X0005 | Hadancourt | 60293 | PUIC | ABAN | 1567 |
| | 01265X0024 | Boublers | 60089 | PUIT | ABAN | 1668 |
| | 01265X1014 | Magny-en-Vexin (Val d'Oise) | 95459 | SOUR | AEP | 9688 |
| Système aquifère 013 | | | | | | |
| | 01055X0052 | Pierrefonds | 60491 | SOUR | AEP | 1450 |
| | 01282X0080 | Brasseuse | 60100 | PUIT | AEP | 1662 |
| | 01282X0099 | Rully | 60560 | SOUR | AEP | 1423 |
| | 01285X0041 | Thiers-sur-Thève | 60631 | PUIT | AEP | 1400 |
| | 01288X0095 | Nanteuil-le-H. | 60446 | FORA | AEP | 1479 |
| | 01292X0007 | Bonneuil-en-V. | 60083 | PUIT | AEP | 1672 |
| | 01292X0011 | Vez | 60672 | SOUR | AEP | 1368 |
| | 01297X0073 | Authueil-en-V. | 60031 | SOUR | AEP | 1704 |
| | 01301X0019 | Louâtre | 02441 | PUIT | AEP | 2522 |
| | 01304X0065 | Arcy-Sie-R. | 02022 | SOUR | AEP | 2610 |
| | 01306X0044 | Armentières-sur-O. | | SOUR | réseau qualité | |
| | 01306X0050 | Breny | 02121 | PUIT | AEP | 2560 |
| | 01307X0032 | Brécny | 02119 | PUIT | AEP | 2571 |
| | 01542X0002 | Ver-sur-Launette | 60666 | FORA | AEP | 302 |
| | 01561X0038 | Belleau | 02062 | PUIT | AEP | 2592 |
| | 01561X0129 | Epaux-Bézu | 02279 | PUIT | AEP | 2473 |
| | 01564X0024 | Le Charmel | 02164 | SOUR | AEP | 2543 |
| Système aquifère 014 | | | | | | |
| | 01061X0077 | Bieuxy | 02087 | SOUR | AEP | 2169 |
| | 01061X0090 | Crécy-au-Mont | 02236 | SOUR | AEP | 2497 |
| | 01062X0058 | Clamecy | 02198 | SOUR | AEP | 2512 |
| | 01062X0081 | Juigny | | SOUR | réseau qualité | |
| | 01063X0018 | Allemant | 02010 | SOUR | AEP | 2624 |
| | 01064X0066 | Aizy-Jouy | 02008 | SOUR | AEP | 2623 |
| | 01071X0025 | Braye-en-Laonnois | 02115 | SOUR | AEP | 2566 |
| | 01071X0074 | Braye-en-Laonnois | 02115 | SOUR | AEP | 2567 |
| | 01071X0076 | Cerny-en-Laonnois | 02150 | SOUR | AEP | 2549 |
| Système aquifère 528 | | | | | | |
| | 00845X0018 | Chérêt | 02177 | SOUR | AEP | 2527 |
| | 00845X0051 | Bruyères-el-Montb. | 02128 | SOUR | AEP | 2561 |
| | 00845X0054 | Bruyères-el-Montb. | 02128 | SOUR | AEP | 2562 |
| | 00845X0056 | Bruyères-el-Montb. | 02128 | SOUR | AEP | 2563 |
| | 01058X0061 | Amblieny | 02011 | SOUR | AEP | 2614 |
| | 01063X0058 | Colles-sur-Aisne | 02148 | SOUR | AEP | 2559 |
| | 01072X0009 | Arrancy | 02024 | SOUR | AEP | 2611 |
| | 01072X0014 | Bièvres | 02088 | SOUR | AEP | 2580 |
| | 01075X0049 | Blanzly-les-Fismes | 02091 | SOUR | AEP | 2581 |
| Nappe de la craie | | | | | | |
| Système aquifère 005 | | | | | | |
| | 00484X0001 | Villeret | 02808 | FORA | AEP | 2086 |
| | 00484X0010 | Hargicourt | 02370 | PUIT | AEP | 2126 |
| | 00484X0042 | Bony | 02100 | PUIT | AEP | 2153 |
| | 00487X0006 | Jeancourt | 02390 | PUIC | AEP | 2129 |
| | 00488X0010 | Le Verguier | 02782 | PUIC | AEP | 2084 |
| | 00488X0013 | Holnon | 02382 | PUIC | AEP | 2127 |
| | 00488X0017 | Vernand | 02785 | PUIC | AEP | 2085 |
| | 00488X0042 | Vernand | 2785 | FORA | IRRI réseau qual. | |
| | 00643X0001 | Vaux-en-Vernandois | 02772 | PUIT | AEP | 2083 |
| | 00643X0004 | Aubigny-aux-K. | 02032 | PUIT | AEP | 2159 |
| | 00643X0005 | Trefcon | 02747 | PUIC | AEP | 2091 |
| | 00643X0007 | Foreste | 02327 | PUIC | AEP | 2141 |
| | 00643X0015 | Villers-St-Christ. | 02815 | PUIC | AEP | 2087 |
| | 00644X0009 | Savy | 02702 | PUIT | AEP | 2097 |
| | 00644X0010 | Étreillers | 02296 | PUIT | AEP | 2137 |
| | 00644X0051 | Contescourt | 02214 | PUIT | AEP | 2144 |

* C'est l'indice national de l'ouvrage dans la Banque de données du Sous-Sol, établi selon les règles suivantes :

- 4 premiers caractères : numéro de la carte géologique au 1/50.000
- 2 caractères suivants : numéro du huitième de feuille pour la carte géologique concernée
- 4 derniers caractères : numéro d'ordre d'archivage de l'ouvrage pour la feuille considérée

Tabl. 1 - Caractéristiques des points localisés en figure 10 et mentionnés en figures 11 et 13 à 17.

Nappe du Dogger

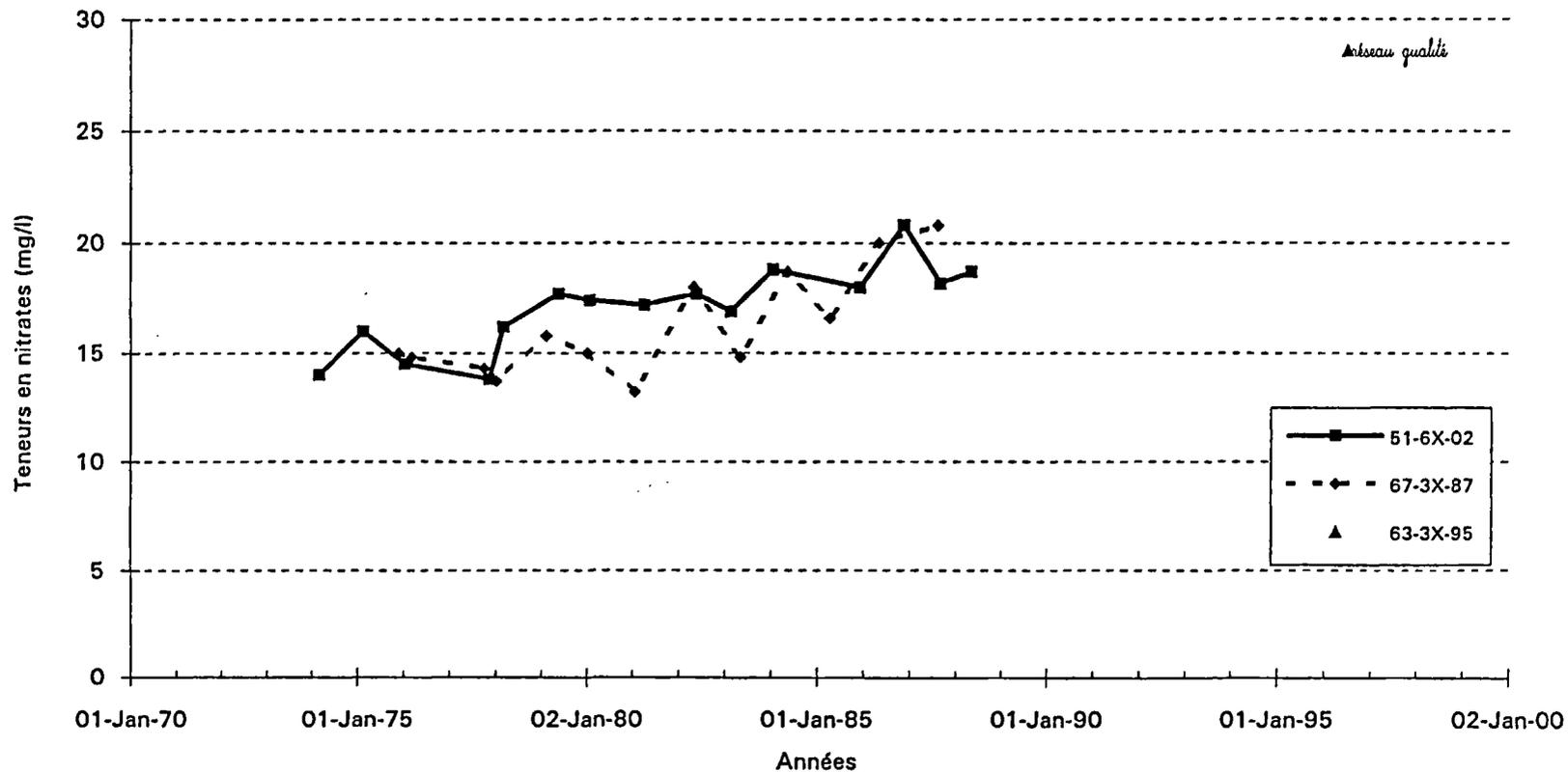


Fig. 11 - Evolution des teneurs en nitrates dans la nappe libre du Dogger au nord-est de l'Aisne (données issues de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines).

Les teneurs en nitrates restent modérées mais le graphique met en évidence une augmentation de ces teneurs au cours du temps entre 1974 et 1988. Cette augmentation est sans doute toujours d'actualité puisque une teneur de 28,6 mg/l a été mesurée en juillet 1996 au niveau du point du réseau patrimonial situé à Leuze.

La prise en compte de davantage de points atteignant la nappe du dogger, ainsi que l'intégration des analyses postérieures à 1988, permettraient de préciser davantage cette évolution.

3.4.2. Nappe du Lutétien

Le Lutétien (éocène, ère tertiaire) est présent dans la moitié sud du département de l'Aisne et une bonne partie de l'est et du sud du département de l'Oise. Les calcaires forment en général une corniche nette le long des versants de la plupart des vallées.

Toutes les données de la base ONQES sur les teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien sont présentées de manière globale en figure 12. Elles concernent principalement des sources captées pour l'alimentation en eau potable ainsi que quelques puits. Elles sont complétées par deux points du réseau patrimonial qualité situés à Juvigny et Armentières-sur-Ourcq. Les teneurs sont très dispersées, se situent souvent au-dessus de la valeur guide de 25 mg/l et peuvent atteindre 50 voire 100 mg/l. Les valeurs mesurées en juillet 1996 au niveau des deux points du réseau patrimonial qualité sont de 78,5 mg/l à Juvigny et de 45,9 à Armentières-sur-Ourcq. Certains points, où des teneurs particulièrement élevées ont été enregistrées, ont été abandonnés, d'autres ont vu leur teneur baisser.

Des détails sur l'évolution de ces teneurs au cours du temps sont présentés en figures 13 à 16 pour les quatre principaux systèmes aquifères. La localisation des points concernés est indiquée en figure 10.

Système aquifère du Hez (code 528) (fig. 13) : on note une tendance assez homogène à l'augmentation des teneurs en nitrates depuis 1974 pour l'ensemble des sources captées de ce système aquifère. Un certain ralentissement, voire même une baisse pourrait s'être amorcé dans les années 1980. Toutefois, ces tendances méritent d'être affinées par la prise en compte de données postérieures à 1989.

Système aquifère du Vexin français (code 012) (fig. 14) : le faible nombre de points d'eau rend plus difficile la détermination d'une tendance. Les deux analyses ponctuelles se rapportent à deux puits maintenant abandonnés (126-5X-05 à Hadancourt et 126-5X-24 à Boublers) dont l'une dépasse les 70 mg/l. Les deux séries d'analyses se rapportent aux deux sources captées de Montjavoult et de Magny-en-Vexin (Val d'Oise) et traduisent deux tendances différentes, l'une à la hausse, l'autre à la baisse. Des données postérieures à 1988 ainsi que la prise en compte d'autres points éventuels seraient nécessaires pour évaluer la tendance d'évolution des teneurs en nitrates dans ce système aquifère.

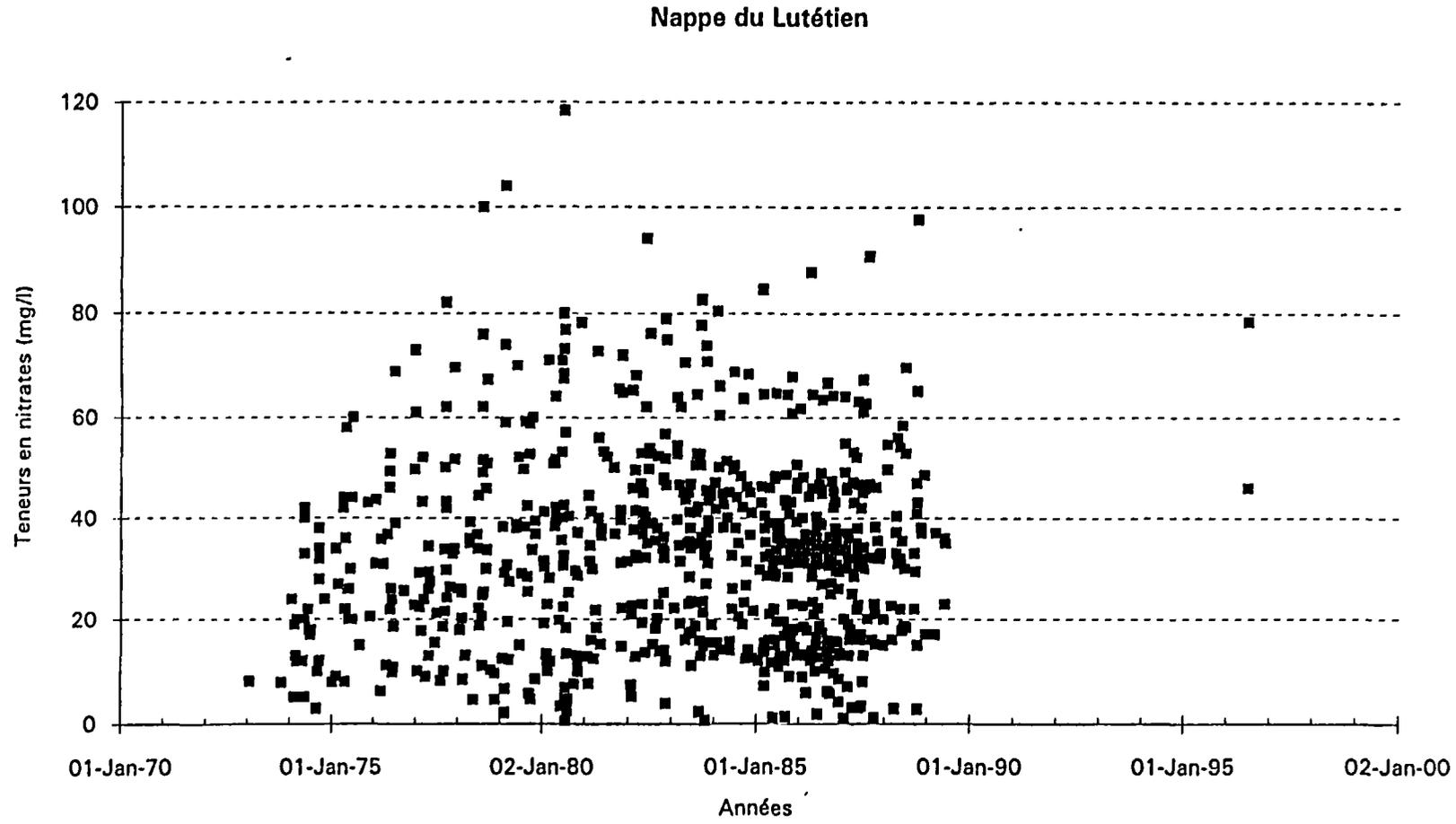


Fig. 12 - Teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien en Picardie (données issues de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines).

Nappe du Lutétien - Système aquifère 528

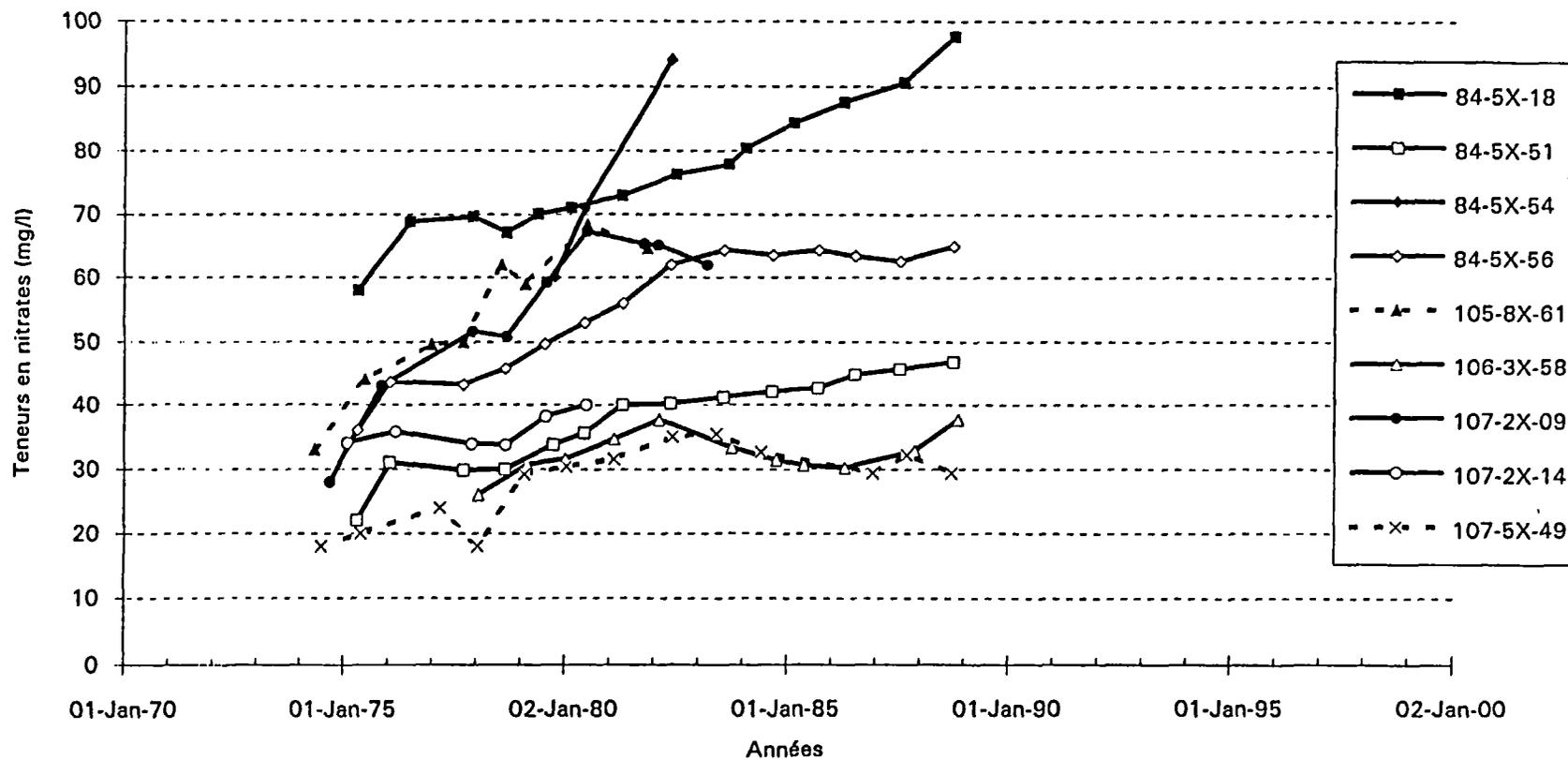


Fig. 13 - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien en Picardie. Système aquifère du Hez, code 528 (données issues de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines).

Nappe du Lutétien - Système aquifère 012

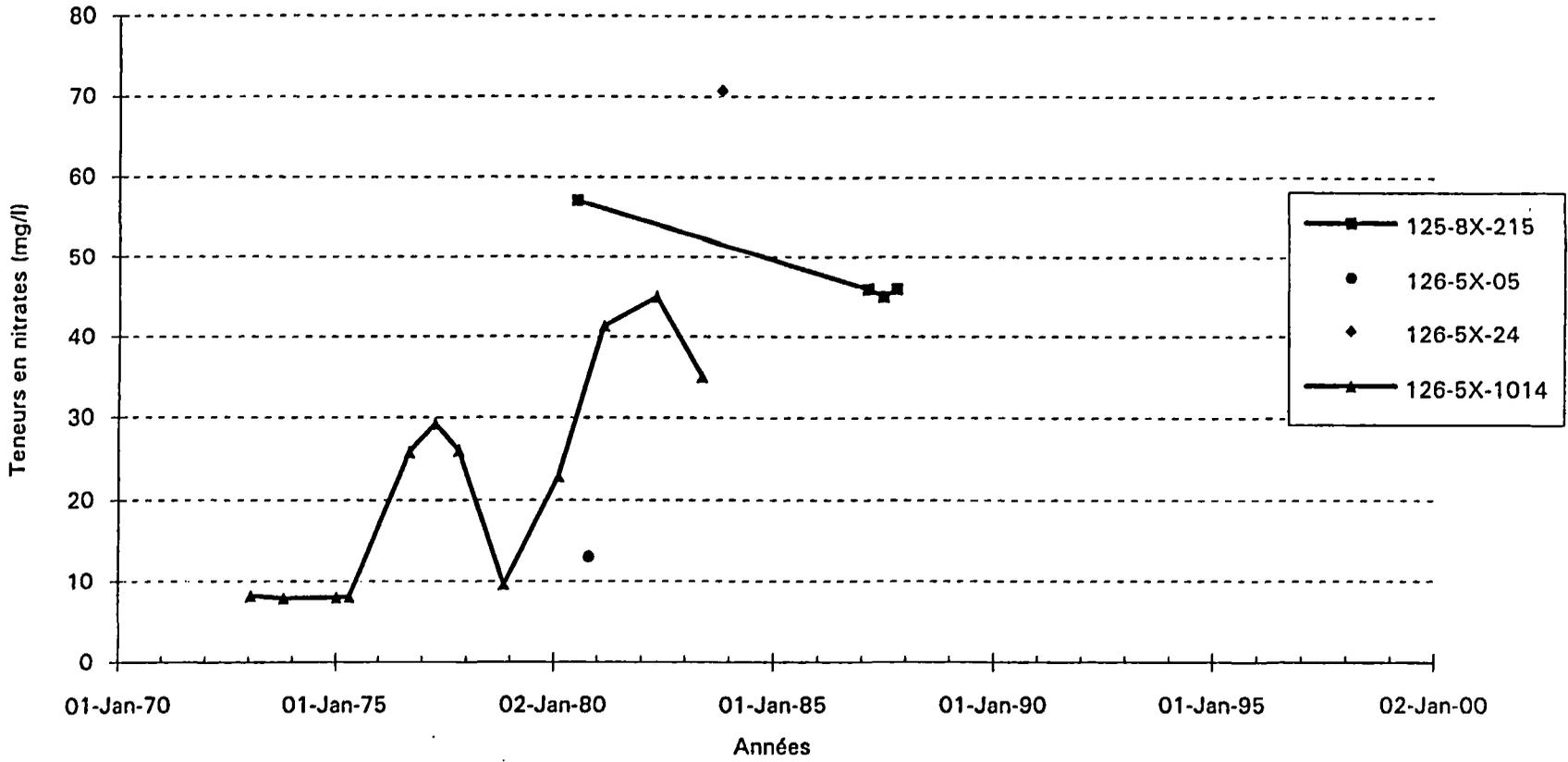


Fig. 14 - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien en Picardie. Système aquifère du Vexin français, code 012 (données issues de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines).

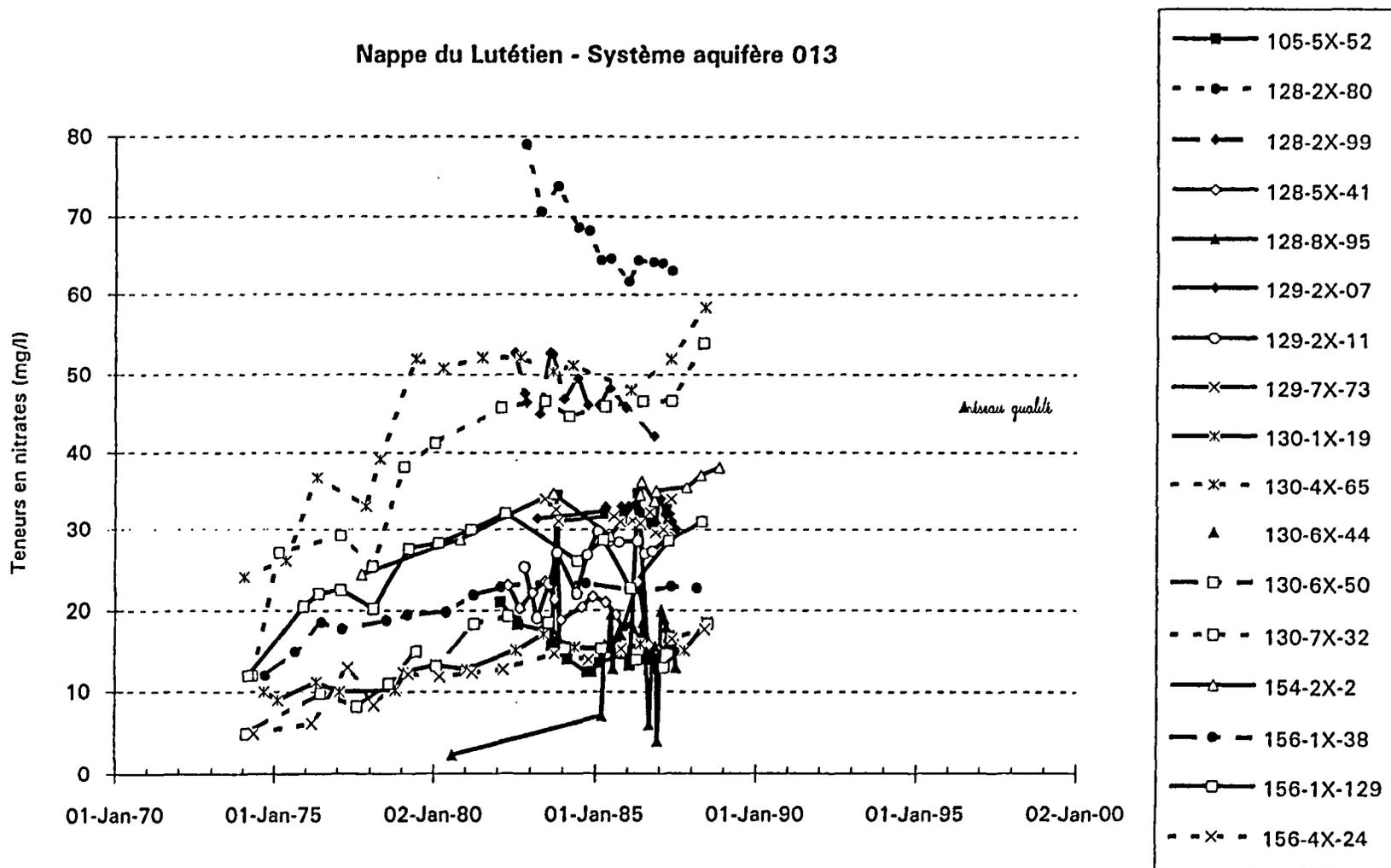


Fig. 15 - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien en Picardie. Système aquifère du Parisis/Tardénois/Soissonnais, code 013 (données issues de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines).

Nappe du Lutétien - Système aquifère 014

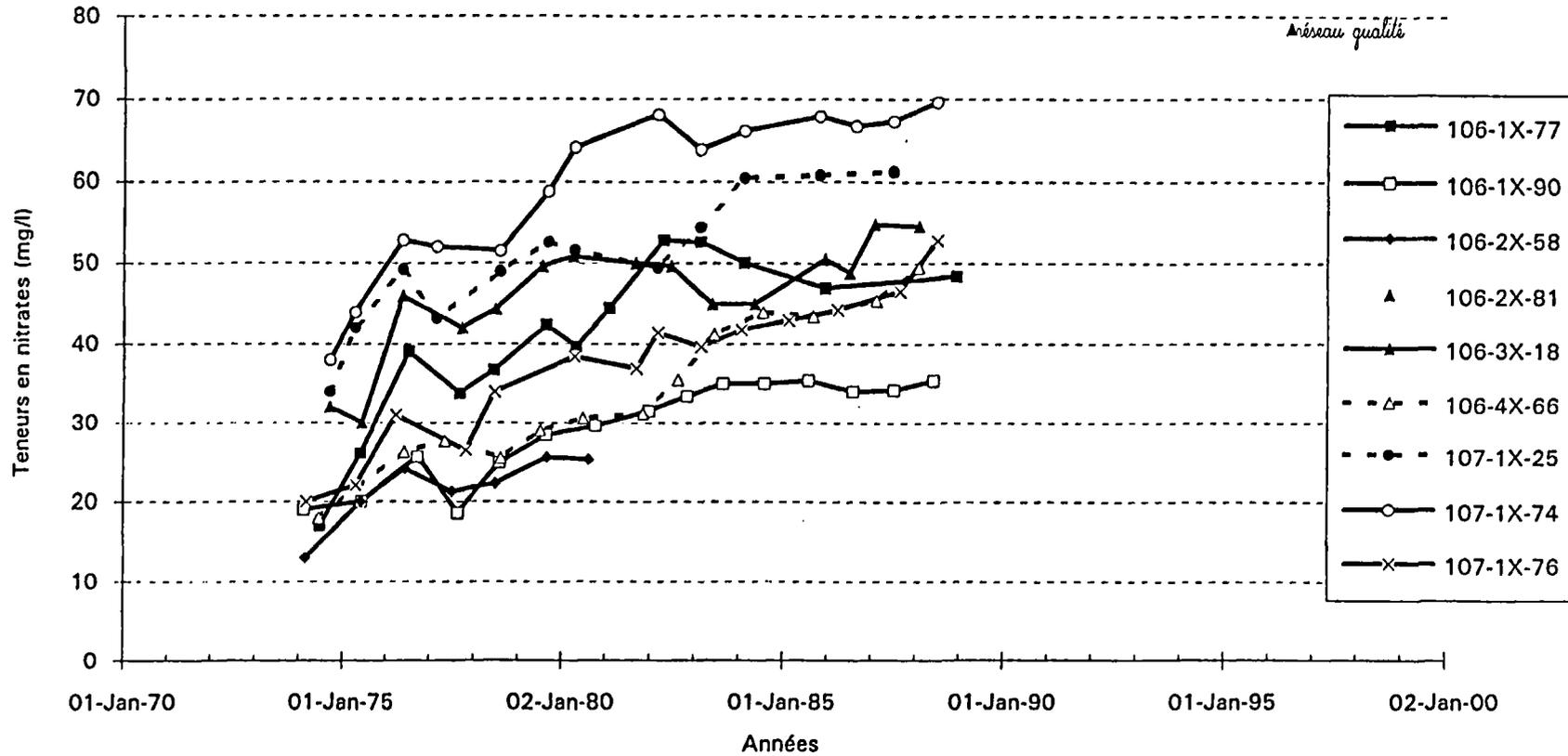


Fig. 16 - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe du Lutétien en Picardie. Système aquifère du Soissonnais nord, code 014 (données issues de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines).

Système aquifère du Parisis/Tardénois/Soissonnais, code 013 (fig. 15) : étant donné le grand nombre de points (sources et puits d'alimentation en eau potable), seul les points qui ont donné lieu à au moins dix analyses ont été retenus pour tracer l'évolution des teneurs en nitrates au cours du temps pour ce système aquifère. On note en général une augmentation des teneurs en nitrates au cours du temps depuis les années 1974. Toutefois une baisse des teneurs pour certaines séries est mise en évidence à partir des années 1982, comme pour le puits de Brasseuse (128-2X-80). La valeur mesurée en juillet 1996 au point du réseau qualité est de 45,9 mg/l (Armentières-sur-Ourcq, 130-6X-44). La prise en compte de données postérieures à 1988 est primordiale pour pouvoir mieux apprécier l'évolution des teneurs en nitrates au niveau de ce système aquifère. Il serait aussi souhaitable de raisonner par sous-systèmes aquifères.

Système aquifère du Soissonnais nord, code 014 (fig. 16) : on note une tendance homogène très nette à l'augmentation des teneurs en nitrates au niveau de l'ensemble des sources captées de ce système aquifère. La forte teneur (78,5 mg/l), enregistrée en juillet 1996 au niveau du point du réseau qualité à Juvigny (106-2X-81), laisse présager une évolution très préoccupante de ce système aquifère.

3.4.3. Nappe de la craie

La craie du Sénonien (Crétacé supérieur) est le principal aquifère de la région. La nappe libre qu'elle contient est très exploitée, que ce soit dans la Somme, le nord de l'Aisne et de l'Oise et le Pays de Thelle. Etant donné le grand nombre de captages, nous avons décidé de nous concentrer sur un des systèmes aquifères de la craie afin d'y illustrer les tendances d'évolution des teneurs en nitrates.

Notre choix s'est porté sur le système aquifère du Cambrésis (code 005) car c'est le système aquifère qui est le mieux renseigné dans la base ONQES. En effet, 15 points y sont répertoriés, alors que la majorité des points contenus dans ONQES ne sont pas renseignés sur le système aquifère auxquels ils appartiennent et ne peuvent donc pas faire l'objet d'un tri automatique par système.

La localisation des points retenus du système aquifère du Cambrésis est indiquée en figure 10 et les caractéristiques des points sont précisées en tableau 1. Ils concernent tous le sous-système du Cambrésis sud. Un point du réseau qualité représentant ce système aquifère a été ajouté ; il s'agit d'un forage agricole de Vermand (48-8X-42).

Les tendances d'évolution des teneurs en nitrates pour ce système aquifère sont présentées en figure 17. Ici aussi on note une tendance générale à l'augmentation. La prise en compte des données postérieures à 1988 serait également intéressante.

Nappe de la craie - Système aquifère 005

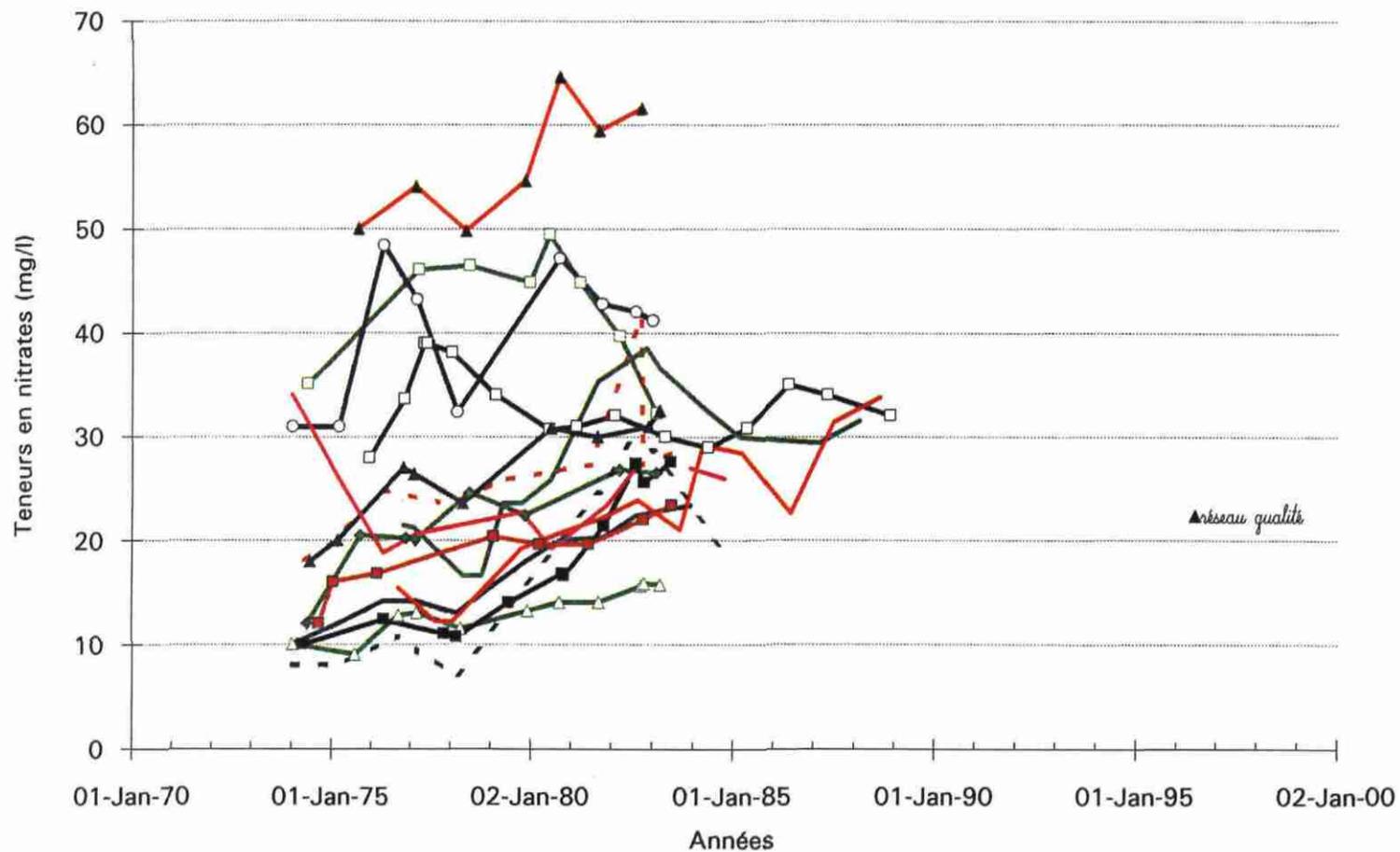


Fig. 17 - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe de la craie en Picardie. Système aquifère du Cambrésis, code 005 (données issues de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines).

4. Synthèse générale

A partir du bilan effectué sur les études antérieures, les mécanismes de migration et les données disponibles, cette synthèse a pour but de faire le point sur la pollution par les nitrates des eaux souterraines de Picardie, en dégagant les tendances d'évolution, les principales causes de pollution, les critères de vulnérabilité et les méthodologies d'étude les plus pertinentes.

4.1. TENDANCES D'ÉVOLUTION

Les teneurs en nitrates des eaux souterraines en Picardie se situent principalement dans la classe 25-50 mg/l. D'une manière générale, on note un enrichissement général des teneurs en nitrates des différentes nappes depuis les années 1970, date des premières analyses concernant les nitrates. Toutefois, un certain ralentissement de ce phénomène depuis les années 1980 a parfois été souligné, mais non expliqué ; les conséquences de la sécheresse de 1976 ou l'évolution des techniques analytiques ont été, entre autres, évoquées. Ce sont les nappes perchées des formations tertiaires où sont généralement recensées les plus fortes teneurs (souvent supérieures à 50 mg/l). Il existe cependant une grande variabilité spatiale, et même temporelle, des teneurs en nitrates pour les différentes nappes. Cette variabilité est due à plusieurs facteurs : hétérogénéité du milieu géologique, mécanismes de migration dans la zone non saturée et dans la nappe, variabilité des conditions climatiques, variabilité de la pression polluante.

Des essais d'exploitation de la base de données ONQES pour les nappes du Dogger, du Lutétien et de la craie sénonienne ont montré que l'on pouvait dégager des tendances d'évolution assez homogènes par système aquifère, c'est-à-dire par entité hydrogéologique. Cette approche devrait être étendue à toutes les nappes de la région, en prenant en compte pour chaque système ou sous-système aquifère, l'ensemble des points d'eau où des analyses des teneurs en nitrates des eaux de nappe ont été effectuées. Les conclusions seront d'autant plus intéressantes que l'on intégrera des sources, puits particuliers, forages industriels et agricoles, anciens captages AEP, aux captages d'alimentation en eau potable actuellement en service, et que l'on disposera d'historiques récents de teneurs en nitrates pour tous ces points.

Qu'en sera-t-il des tendances d'évolution dans les années à venir ? Question qui ressemble à une gageure car même si une sérieuse réduction des sources de pollution azotée est déjà enclenchée, les longs temps de transfert qui traduisent l'inertie du système hydrogéologique ne permettront pas de constater une amélioration de la qualité des eaux souterraines avant quelques années à quelques dizaines d'années, selon les caractéristiques des différents systèmes aquifères.

4.2. PRINCIPALES CAUSES DE POLLUTION

L'enrichissement général et progressif des teneurs en nitrates des différentes nappes d'eau est principalement dû à la contamination diffuse d'origine agricole (engrais). Par contre, des pollutions ponctuelles, d'origine domestique, industrielle et parfois aussi agricole, ont souvent été mises en évidence, notamment au niveau de captages d'alimentation en eau potable situés au voisinage d'agglomérations. Ces pollutions ponctuelles se traduisent en général par des teneurs excessivement élevées en nitrates. Certains historiques de teneurs en nitrates présentant des teneurs supérieures à 50 mg/l avec une tendance décroissante par la suite peuvent correspondre à des pollutions ponctuelles.

Des moyens pour prévenir ces pollutions ont déjà été engagés depuis quelques années. Au niveau des pollutions ponctuelles, l'on citera le raccordement aux réseaux des eaux usées, le développement des stations d'épuration, la mise aux normes des bâtiments d'élevage... Au niveau de la pollution diffuse d'origine agricole, l'on citera les efforts engagés pour une fertilisation raisonnée, l'implantation de cultures intermédiaires...

4.3. CRITÈRES DE VULNÉRABILITÉ

La vulnérabilité des nappes à la pollution doit s'apprécier en associant trois notions :

- la vulnérabilité intrinsèque, liée aux caractéristiques physiques du milieu ;
- le risque effectif de pollution, lié à la pression polluante, c'est-à-dire à l'existence ou non de sources de pollution azotée ;
- la part des pluies efficaces qui s'infiltré et qui conditionne également la migration des nitrates.

La vulnérabilité intrinsèque doit être évaluée en prenant en compte les caractéristiques du sol, de la zone non saturée et de la nappe d'eau souterraine :

- *caractéristiques du sol* : pente, texture, structure, épaisseur, teneur en matière organique, teneur en argile, perméabilité, réserve en eau ;
- *caractéristiques de la zone non saturée* : épaisseur, perméabilité de fissures ou d'interstices, nature et épaisseur des formations superficielles (limons, etc.) ;
- *caractéristiques de l'aquifère* : épaisseur, porosité efficace, conductivité hydraulique, direction de l'écoulement souterrain, âge et temps de résidence de l'eau souterraine, qui sont des facteurs de dispersion et de dilution qui influent sur la propagation de la pollution nitraté au sein de la nappe.

C'est cette vulnérabilité intrinsèque, qui a été étudiée en 1989 dans la Somme et dans l'Oise en se limitant à l'époque à trois critères seulement (épaisseur du recouvrement, profondeur de la nappe et perméabilité de fissures ou d'interstices) et qui explique que les nappes perchées tertiaires soient plus vulnérables que la nappe de la craie, alors que la pression polluante, peut paraître relativement semblable dans une région dominée par une agriculture intensive.

Toutefois une étude récente (BRGM, 1996), menée pour le ministère de l'Environnement afin de normaliser la sélection des critères d'établissement de cartes de vulnérabilité aux pollutions des eaux souterraines, insiste sur le fait que le temps de transfert de la surface du sol à la nappe n'est pas à lui seul susceptible de modifier fondamentalement la vulnérabilité d'une nappe : une contamination différée de plusieurs années peut être aussi préoccupante qu'une contamination rapide.

Caous et Roux (1980-81) ont distingué en Picardie trois grands groupes de nappes en fonction de la nature et de la profondeur des réservoirs ainsi que du recouvrement. Le groupe le plus vulnérable comprend les nappes libres contenues dans des roches fissurées comme la craie, le calcaire grossier lutétien ou encore les calcaires du Dogger (cf. fig. 10). Le deuxième groupe, moins vulnérable, est constitué des nappes libres contenues dans des terrains à perméabilité d'interstices, comme les sables et les grès de l'Eocène inférieur, ou encore du Crétacé inférieur (Albien) dans le Pays-de-Bray, à cause de leur faible perméabilité et du pouvoir filtrant élevé de leurs réservoirs. Le troisième groupe est constitué par les nappes captives dont le toit imperméable assure une bonne protection face aux pollutions ; cela peut être notamment le cas pour la nappe des sables de Cuise (Eocène inférieur) quand la couche d'argile de Laon qui la sépare des calcaires du Lutétien est présente.

4.4. AXES D'ÉTUDE

Ce bilan des études et données disponibles sur les nitrates en Picardie conduit à proposer quelques méthodologies d'études pour approfondir nos connaissances sur les transferts de nitrates et l'évolution de la pollution nitratée :

- ① Mener des études poussées à l'échelle d'une entité hydrogéologique (système aquifère, bassin hydrogéologique) de manière à pouvoir combiner des approches pédologiques, géologiques, hydrogéologiques et climatiques, alliées à une bonne caractérisation des sources de pollution nitratée.
- ② Intégrer tous les types de points d'eau pour caractériser l'état de la nappe au niveau d'une entité hydrogéologique. Les seuls captages d'alimentation en eau potable donnent une vision biaisée car d'une part, ces captages sont généralement implantés dans des zones préalablement sélectionnés pour leur bonne qualité chimique, et d'autre part les captages où ont été enregistrés des teneurs en nitrates excessives ont été abandonnés et sortent ainsi des statistiques. D'autres points tels que sources, forages agricoles et industriels, puits particuliers sont également à considérer car ils permettent de compléter la vision que l'on a de l'état de la nappe et de l'évolution des teneurs en nitrates, même s'ils peuvent mettre localement en évidence des pollutions ponctuelles marquées. Le suivi des captages AEP abandonnés seraient aussi particulièrement intéressant pour continuer à suivre l'évolution des teneurs en nitrates de la

nappe dans les secteurs concernés ; dans le cas de puits, cela nécessiterait de pouvoir faire un pompage préalable avant toute prise d'échantillons d'eau.

- ③ Développer les banques de données sur la qualité des eaux souterraines, en l'occurrence ONQES, de manière à pouvoir disposer de données complètes, correctement renseignées, à jour et facilement exploitables. Ce n'est que par le recours à une telle base de données que l'on pourra appréhender la dynamique de l'évolution des teneurs en nitrates au niveau d'une entité hydrogéologique, et ceci grâce à la prise en compte d'un grand nombre de points d'observation.
- ④ Mener des programmes d'expérimentation de pratiques culturales. Alors que l'enrichissement général et progressif en nitrates des différentes nappes d'eau en Picardie est principalement dû à la contamination diffuse d'origine agricole, il est particulièrement intéressant de tester les nouvelles pratiques culturales permettant de limiter les fuites de nitrates vers les nappes. Les observations faites traditionnellement au niveau des sols doivent être élargies à la prise en compte des phénomènes hydrogéologiques et à l'estimation des temps de réponse au niveau de la nappe. Ce n'est qu'ainsi que l'on pourra apprécier l'impact des changements de pratiques agricoles sur la teneur en nitrates des eaux souterraines.
- ⑤ Etablir des cartes de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution nitratée en utilisant les Systèmes d'Information Géographique (SIG). Le développement de ces outils informatiques, ainsi que les progrès dans l'identification et la caractérisation des critères de vulnérabilité, devraient permettre de disposer d'outils essentiels en matière d'aide à la décision dans le domaine de l'aménagement et de la gestion des ressources en eau.

Conclusion

Les premières études sur les nitrates menées en Picardie remontent au début des années 1980. Un inventaire des diverses études du domaine public réalisées par des organismes régionaux a été établi sous forme de fiches synthétiques, avec une fiche par étude répertoriée. Ces études ont, soit une portée générale sur l'ensemble de la région, soit concernent des secteurs géographiques précis. Elles répondent à quatre types d'objectifs : la connaissance de l'état des ressources en eau souterraine vis-à-vis de la pollution nitratée et les perspectives d'évolution, la détermination de l'origine des nitrates, l'étude des mécanismes de lessivage des nitrates dans les sols et le sous-sol, l'analyse de l'influence des activités agricoles avec l'expérimentation de nouvelles pratiques agricoles visant une meilleure gestion de l'azote.

La littérature nationale et internationale a permis de faire le point sur l'état des connaissances actuelles concernant le transfert des nitrates vers les nappes à travers le sol et la zone non saturée. Au niveau du sol, les différents types d'apports d'azote ont été passés en revue ainsi que les principales réactions qui constituent le cycle de l'azote. Depuis quelques décennies, l'explosion démographique et le développement de l'agriculture et de l'industrie ont modifié ce cycle vers une production accrue de nitrates qui sont entraînés vers les eaux souterraines. La migration des nitrates vers les nappes est alors régie par l'écoulement des eaux d'infiltration à travers la zone non saturée, dépendant en particulier des conditions climatiques. En milieu crayeux, les vitesses moyennes de transfert dans la zone non saturée varieraient de 0,3 à 0,75 m/an. Toutefois ces chiffres pourraient être peu significatifs car les mécanismes d'écoulement sont mal connus et parfois sujets à controverses : s'agit-il d'un écoulement intergranulaire dans un milieu poreux, ou existe-t-il des circulations d'eau préférentielles au niveau de fissures ? Le probable rôle de la fissuration et même de la karstification dans le transfert d'eau et de substances fertilisantes dans la zone non saturée de la craie a été souligné récemment par plusieurs auteurs.

Le bilan des données disponibles sur les nitrates dans les eaux souterraines en Picardie s'est appuyé sur les bilans effectués périodiquement par les DDASS et la DRASS à partir des captages d'alimentation en eau potable, sur une étude réalisée en 1993 et 1995 par le BRGM à la demande du Conseil Régional et portant sur la nappe de la craie, ainsi que sur le tracé de quelques graphiques d'évolution des teneurs en nitrates par système aquifère pour les nappes du Dogger, du Lutétien et de la craie, graphiques établis pour cette étude de bilan à partir des données de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines.

A partir du bilan effectué sur les études antérieures, les mécanismes de migration et les données disponibles, une synthèse générale a permis de faire le point sur la pollution par les nitrates des eaux souterraines de Picardie, en dégagant les tendances d'évolution, les

principales causes de pollution, les critères de vulnérabilité et les axes d'étude les plus pertinents afin de tirer parti de l'expérience acquise pour de nouveaux programmes d'études ou plans d'action.

D'une manière générale, on note un enrichissement général des teneurs en nitrates des différentes nappes depuis les années 1970, dû principalement à la contamination diffuse d'origine agricole. Il existe cependant une grande variabilité spatiale et temporelle des teneurs en nitrates due à la combinaison de nombreux facteurs liés aux caractéristiques géologiques du site, aux conditions climatiques et aux sources d'azote. Les prochains programmes d'étude devraient donc être menés à l'échelle d'une entité hydrogéologique de manière à pouvoir combiner des approches pédologiques, géologiques, hydrogéologiques et climatiques, alliées à une bonne caractérisation des sources de pollution nitratée. Ils devraient aussi intégrer tous types de points d'eau pour caractériser au mieux l'état de la nappe au niveau d'une entité hydrogéologique. L'intérêt de recourir à une base de données sur la qualité des eaux souterraines est clairement apparu ; les efforts pour développer une telle base doivent être poursuivis de manière à disposer de données complètes, validées et à jour. Les programmes d'expérimentation de nouvelles pratiques culturales devraient être poursuivis en élargissant les observations faites traditionnellement au niveau des sols à la prise en compte des phénomènes hydrogéologiques et à l'estimation des temps de réponse au niveau des nappes, de manière à pouvoir évaluer leur impact sur la teneur en nitrates des eaux souterraines. Les systèmes d'information géographique sont de nouveaux outils qui devraient permettre d'éditer des cartes de vulnérabilité des nappes vis-à-vis de la pollution nitratée et constituer ainsi une aide à la décision dans le domaine de l'aménagement et de la gestion des ressources en eau.

Les efforts déjà engagés pour réduire les sources de pollution azotée, tant au niveau des pollutions ponctuelles qu'au niveau de la pollution diffuse d'origine agricole, doivent être encouragés. Cependant leur impact sur l'amélioration de la teneur en nitrates des eaux souterraines ne pourra souvent être apprécié que dans quelques années à quelques dizaines d'années selon le contexte géologique et hydrogéologique, du fait des longs temps de transfert qui témoignent de l'inertie du système.

Bibliographie

- Allard J.F., Bichot F., Bailly S., Caron O., Gaudefroy M.J., Thoraval E. (1993) - Conseil Régional de Picardie - ministère de l'Environnement - Délégation de bassin Artois-Picardie - Direction Régionale de l'Environnement de Picardie - Répartition des teneurs en nitrates dans la nappe de la craie en Picardie. Rap. BRGM R 37 097, 21 p., 3 fig., 3 ann.
- Allard J.F., Kleinmann N. (1992) - Surveillance de la qualité chimique des eaux souterraines au droit des zones industrielles et urbaines de Picardie - Rapport de synthèse 1974-1992. Rap. BRGM R 35 659 PIC 4S 92, 145 p., 3 fig., 3 tab., 4 ann.
- Bailly S., Braibant G., Caous J.Y., Czernichowski-Lauriol I., Gaudefroy M.J. (1995) - Suivi des teneurs en nitrates de la nappe de la craie en Picardie - Campagnes de prélèvements/analyses 1995. Rap. BRGM R 38 705, 11 p., 2 tab., 2 cartes, 2 ann.
- Banton O., Larocque M., Cormier M. (1995) - *Hydrogéologie*, n° 4, p. 23-30.
- Beaudoin N., Scheurer O., Maucorps J., Mary B. (1995) - Maitrise de la pollution diffuse par les nitrates en zone agricole de grande culture. Rapport INRA Laon, compte-rendu de Contrat INRA -Région Picardie, 48 p., 8 ann.
- Beckelynck J., Darmendrail D., Mazenc B. (1989) - Interprétation graphique et cartographique des données de qualité physico-chimique de la nappe de la craie dans le bassin Artois-Picardie. Rap. BRGM 89 SGN 54 NPC, 23 p.
- BRGM (1986) - Cartographie des zones sensibles à la pollution par les nitrates. Test d'une méthodologie et possibilités d'utilisation. Note technique BRGM - SGR/PIC, 5 p, + 4 cartes.
- BRGM (1989) - Notice de la carte de vulnérabilité aux nitrates du département de l'Oise. Rap. BRGM 89 SGN 582 PIC, 17 p.
- BRGM (1996) - Programme de Recherches Concertées Nord/Pas-de-Calais. Caractérisation de la zone non saturée - Etat d'avancement mars 1996. Rap. BRGM R 38 887, 22 p., 14 fig., 2 tab., 3 ann.
- BRGM (1996) - Contribution à une normalisation des critères d'établissement des cartes de vulnérabilité aux pollutions des eaux souterraines. Rap. BRGM R 38 846, 28 p., 1 ann.

- Caous J.Y., Comon D. (1986) - Rôle joué par les vallées sèches dans la répartition des teneurs en nitrates de la nappe de la craie en Picardie - application aux vallées de Plainval et de Maignelay-Montigny (Oise). Rap. BRGM 86 SGN 109 PIC, 26 p, + 2 ann.
- Caous J.Y., Comon D., Seguin J.J., Jauffret D. (1984) - Evolution des teneurs en nitrates de la nappe de la craie en Picardie - Essai de prévision. Rap. BRGM 84 AGI 329 PIC, 41 p, + 3 ann.
- Caous J.Y., Roux J.C. (1980-81) - Ressources en eau souterraine de la Picardie (France). *Bulletin du BRGM (deuxième série)*, Section III, n° 1, p. 19-52.
- Carsel R.F., Parrish R.S. (1988) - Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. *Water Resources Research*, vol. 24, n° 5, p. 755-769.
- Caudron M., Harb L., Roussel P. (1990) - Mesure quantitative des effets d'une source de pollution ponctuelle sur la teneur en nitrates d'un captage. Rap. BRGM R 30510 PIC 4S 90, 30 p, + 4 ann.
- CEMAGREF (1985) - Suivi des nappes perchées du Sud de l'Aisne - Bassin de référence de Chéret - Bilan de nitrates à l'échelle de petits cours d'eau et de nappes perchées - Comparaison avec un secteur de référence en grandes cultures (Ile de France). Rapport CEMAGREF, 24 p., + 1 ann.
- Chiesi F. (1993) - Transfert et épuration dans la zone non saturée de la craie en Champagne : étude de quelques cas concernant les nitrates et l'atrazine. Thèse de doctorat de l'Université de Reims-Champagne-Ardenne, 195 p., 18 ann.
- Clapp R.B., Hornberger G.M. (1978) - Empirical equations for some soil hydraulic properties. *Water Resources Research*, vol. 14, n° 4, p. 601-604.
- Clark L., Gomme J., Oakes D.B. (1993) - Pesticide transport investigations in the major aquifers of the UK. *Water Supply*, vol. 11, p. 19-30.
- Daum J.R., Desprats J.F., Durand F. (1996) - Précipitations efficaces moyennes annuelles en France (1965-1994). Rap. BRGM R 38 975, 17 p., 4 ann.
- DDAF (1996) - Bilan azoté par commune. *AGRESTE. DONNEES - SDSA de l'Oise* - n° 20 - Septembre 1996.
- DRASS (1981) - Teneur en nitrates des eaux destinées à la consommation humaine - Bilan de la situation en Picardie. Rapport du Service Régional de l'Action Sanitaire et Sociale de Picardie, octobre 1981.

- DRASS (1988) - Teneurs en nitrates des eaux d'alimentation - Région Picardie. Plaquette des Directions Régionale et Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales de Picardie.
- DRASS (1990) - Nitrates et eaux d'alimentation. Rapport des Directions Régionale et Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales de Picardie, octobre 1990.
- Durand F. (1996) - Qualité de l'eau souterraine en Picardie - Campagne de surveillance de juillet 1996 - Département de l'Aisne. Rap. BRGM R 39170, 21 p., 5 fig., 4 ann.
- Foster S.S.D., Bath A.H. (1986) - The distribution of agricultural soil leachates in the unsaturated zone of the British chalk. In : Impact of agricultural activities on groundwater, *International contributions to Hydrogeology*, vol. 5, p. 271-284. Verlag Heinz GmbH, Hannover, D.
- Foster S.S.D., Young C.P. (1979) - Conséquences de l'utilisation agricole des sols sur la qualité de l'eau souterraine et notamment sur sa teneur en nitrate. *Bulletin du BRGM* (2), section III, n° 3, p. 245-256.
- Harb L. (1989) - Notice de la carte de vulnérabilité aux nitrates du département de la Somme. Rap. BRGM R30247 PIC 4S 89, 17 p.
- Hébert J., Machet J.M., Remy J.C. (1981) - Recherches sur la contamination des nappes par les nitrates - 2. Etude de l'évolution dans le sous-sol et le substratum géologique d'un sol de grande culture. Rapport INRA Laon, rapport de fin d'étude (Contrat n° 74-26, Comité Scientifique Eau), 54 p.
- INRA (1996) - Maitrise du cycle de l'azote en système de culture à l'échelle du bassin hydrologique - Site de Bruyères-et-Montbérault (02) - Années 1990-1995. Rapport INRA Laon-Péronne, compte-rendu de Contrat INRA - Agence de l'Eau Seine-Normandie, 52 p., + 14 ann.
- Jones H.K., Cooper J.D. (1996) - Water transport through the unsaturated chalk: a case study from Fleam Dyke Lysimeter. In : LA CRAIE, Objet géologique, réservoir, matériau et paysage, Programme et résumés du colloque organisé par l'Université d'Artois et l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Arras, 15 et 16 novembre 1996, p. 45.
- Jones R.D., Schwab A.P. (1993) - Nitrate leaching and nitrite occurrence in a fine-textured soil. *Soil Science*, vol. 155, n° 4, p. 272-282.
- Keeney D. (1986) - Sources of nitrate to ground water. *Critical Reviews in Environmental Control*, vol. 16, issue 3, p. 257-304.

- Kleinmann N. (1993) - Suivi de la qualité chimique des eaux souterraines au droit des zones industrielles et urbaines de Picardie - Campagne de surveillance 1992. Note BRGM 93 PIC 04, 27 p., 13 fig., 1 tab., 1 ann.
- Lacherez S. (1996) - Caractérisation et suivi de l'avancée d'un front de pollution azoté dans la zone non saturée d'un bassin versant crayeux du Nord/Pas-de-Calais : la vallée de l'Escrebieux. D.E.A. Protection, Aménagement et Exploitation du Sol et du Sous-Sol de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy.
- Landreau A. (1984) - Eléments sur les processus de contamination des nappes d'eau souterraine par les nitrates d'origine agricole. In: Symposium international sur l'utilisation des ressources en eau souterraine et l'hydrogéologie des substances polluantes, Montréal, Québec, Canada, 21-23 Mai 1984, Rap. BRGM 84 SGN 177 EAU, p. 1-9.
- Lehmann F., Ackerer P. (1995) - Identification de paramètres hydrodynamiques en milieux poreux hétérogènes non saturés. *Hydrogéologie*, n° 4, p. 67-74.
- Lepiller M. (1996) - La karstification de la craie : phénomène exceptionnel et spécifique ou processus nécessaire et banal ? Le point de vue d'un hydrogéologue. In : LA CRAIE, Objet géologique, réservoir, matériau et paysage, Programme et résumés du colloque organisé par l'Université d'Artois et l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Arras, 15 et 16 novembre 1996, p. 53.
- Machet J.M. (1989) - Etude des techniques culturales appliquées sur les parcelles de trois petits bassins versants dans l'Aisne et conséquences sur les pertes en nitrates. Rapport INRA Laon-Péronne, rapport de fin d'étude (Contrat 3053A), 127 p., + 4 ann.
- Mariotti A. (1982) - Apports de la géochimie isotopique à la connaissance du cycle de l'azote. Thèse d'Etat de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 476 p.
- Meinardi C.R., Beusen A.H.W., Bollen M.J.S., Klepper O., Willems W.J. (1995) - *Water Science Technology*, vol. 31, n° 8, p. 159-165.
- Moreno F., Cabrera F., Murillo J.M., Fernandez J.E., Fernandez-Boy E., Cayuela J.A. (1996) - Nitrate leaching under irrigated agriculture. In: Sustainability of Irrigated Agriculture, p. 407-415. Kluwer Academic Publishers.
- Muller J.C., Ballif J.L. (1981) - Sur la teneur en azote nitrique des sols et des couches superficielles de la craie en relation avec les pratiques culturales. *C.R. Acad. Agric. de France*, t. LXVII, n° 5, p. 404-419.
- Price M. (1997) - Multi-porosity behaviour in the Chalk aquifer. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, t. 5 (2ème série), p. 289-294.

- Roussel P., Albecq C., Riou L. (1989) - Essai d'identification de l'origine d'une pollution par herbicides dans la région de Betz (Oise). Rap. BRGM 89 SGN 185 PIC, 18 p., + 3 ann.
- Seguin J.J. (1986) - Cartographie automatique en hydrochimie : application aux teneurs en nitrates de cinq départements du bassin Seine-Normandie. Rap. BRGM 86 SGN 251 EAU, 96 p, 1 ann.
- Seguin J.J., Moreau F. (1986) - Migration des nitrates dans la zone non saturée de la craie de Champagne. Rap. BRGM 86 SGN 172 EAU, 28 p., 4 ann.
- Tindall J.A., Petrusak, R.L., McMahon P.B. (1995) - Nitrate transport and transformation processes in unsaturated porous media. *Journal of Hydrology*, vol. 169, p. 51-94.
- Vachier P., Cambier P., Prost R. (1979) - Structure d'un milieu poreux : la craie. *Ann. Agron.*, vol. 30, n° 3, p. 247-263.
- Vachier P., Dever L., Fontes J.C. (1987) - Mouvements de l'eau dans la zone non saturée et alimentation de la nappe de la craie de Champagne (France) : approches isotopique et chimique. Colloque international "Use of isotope techniques in water resources development", Vienne, Autriche, 30 mars - 3 avril 1987, IAEA-SM 299/053, 22 p.

ANNEXE

**Fiches synthétiques sur les études nitrates
du domaine public menées en Picardie**

| | |
|---|---|
| TITRE | Recherches sur la contamination des nappes par les nitrates - 2. Etude de l'évolution dans le sous-sol et le substratum géologique d'un sol de grande culture. |
| ANNÉE | 1981 |
| AUTEURS | Hébert J., Machet J.M., Remy J.C. |
| RÉFÉRENCE | Rapport INRA Laon, rapport de fin d'étude (Contrat n° 74-26, Comité Scientifique Eau), 54 p. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Commune de Clastres (région de St-Quentin, 02) |
| MAITRE D'OUVRAGE | Ministère de l'Environnement |
| CONTEXTE | existence, dans le bassin Seine-Normandie, de zones d'agriculture intensive où l'eau de la nappe, pourtant non captive et donc non protégée naturellement, a une teneur en nitrates qui reste faible malgré des apports en engrais azotés excessifs. |
| OBJECTIFS | <ul style="list-style-type: none">• étudier les causes d'une faible teneur de la nappe de la craie en nitrates dans une situation typique de la zone limoneuse en culture intensive (Saint-Quentinois), alors qu'une appréciation de l'azote en provenance des engrais et non consommé par les plantes devrait conduire à une situation dangereuse.• voir s'il existe des situations naturellement dépolluantes où l'intensification de l'agriculture n'a pas d'incidence majeure sur l'environnement. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• sondage carotté profond (19,90 m de profondeur) sans injection d'eau pour ne pas modifier la composition chimique et l'humidité du milieu, avec un carottier à trousse coupante enfoncé par pression à l'aide de vérins hydrauliques et par battage à l'aide d'une coulisse de battage à double effet ; alésage du diamètre de forage par une tarière continue. Impossibilité de sonder au delà de 19,90 m, la craie devenant trop compacte.• équipement du sondage en piézomètre.• sondages complémentaires de profondeurs entre 4 et 7 m.• construction d'un puits d'observation de 1 m de diamètre et de 8 m de profondeur, avec perforations pour accéder aux différents niveaux de la couche limoneuse (système de bougies poreuses), et échelle pour accéder au fond du puits.• analyses d'échantillons de sol (gaz : O₂, N₂, Ar, CO₂, N₂O ; azote total ; azote minéral (NH₄ + NO₂ + NO₃) ; pH ; granulométrie). |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• l'ensemble des profils réalisés montrent que la concentration en nitrates des eaux interstitielles diminue rapidement entre 2 et 4 m de profondeur en sol de limon profond.• le lessivage au cours des vingt dernières années durant lesquelles le sol a été soumis à un système cultural constant était cependant suffisant pour assurer le transfert des nitrates excédentaires vers les horizons profonds.• des phénomènes de dénitrification sont donc invoqués ; ils se situent essentiellement dans la zone racinaire et sont attribués à l'activité biologique (rôle de la demande en oxygène des racines ?), mais aussi dans le sous-sol profond sans que le mécanisme ait pu être identifié (biologique ou chimique ?) ; cette hypothèse de dénitrification est confortée par la présence de plus fortes teneurs en NO₂ dans les zones où elle semble se produire.• certaines nappes non captives sont naturellement protégées de la pollution par les nitrates grâce à la dénitrification qui diminue fortement les quantités d'azote lessivable. Cela serait à relier aux types pédologiques et aux caractéristiques physiques des horizons, en particulier à leur type de porosité.• nécessité de poursuivre des études sur les phénomènes de dénitrification en zone racinaire. |

| | |
|---|---|
| TITRE | Reconnaissance hydrogéologique à Estrées-St-Denis (Oise). |
| ANNÉE | 1983 |
| AUTEUR | Caudron M. |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM 83 SGN 898 PIC, 6 p. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Estrées-St-Denis (60) |
| CONTEXTE | prospection pour un nouveau captage communal, en complément du captage actuel. |
| OBJECTIFS | évaluer la faisabilité d'un captage sur un secteur prédéfini auparavant. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• forage de reconnaissance de 62 m de profondeur.• essais de pompage et analyses chimiques. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• la prospection s'est révélée décevante quant à la teneur en nitrates de la nappe de la craie (63 mg/l) et ce malgré sa protection naturelle par les argiles du Sparnacien.• les nitrates ont donc une origine plus lointaine :<ul style="list-style-type: none">- infiltrations directes des nitrates agricoles dans le réservoir crayeux en l'absence de couverture tertiaire ;- déversement dans les réservoirs inférieurs de la nappe phréatique des Sables de Cuise qui reçoit les effluents non épurés de la commune voisine.• site abandonné malgré l'obtention d'un débit satisfaisant. |

| | |
|----------------------------------|---|
| TITRE | Evolution des teneurs en nitrates de la nappe de la craie en Picardie - Essai de prévision. |
| ANNÉE | 1984 |
| AUTEURS | Caous J.Y., Comon D., Seguin J.J., Jauffret D. |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM 84 AGI 329 PIC, 41 p, + 3 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Picardie |
| MAITRE D'OUVRAGE | Chambre Régionale d'Agriculture de Picardie |
| FINANCEMENT | Etablissement Public Régional de Picardie, Agence de l'Eau Artois-Picardie, Ministère de la Recherche et de l'Industrie |

CONTEXTE problème national de l'accroissement des teneurs en nitrates des aquifères à nappes libres ; toutefois, teneurs apparemment moins élevées en Picardie que dans d'autres régions comparables (Nord, Beauce).

OBJECTIFS

- trouver les causes de pollution des 11 captages AEP les plus touchés ($\text{NO}_3 > 50 \text{ mg/l}$).
- faire "l'état nitrates" du milieu non saturé en zone exclusivement agricole pour évaluer l'importance du flux d'azote qui y transite et prédire son impact à terme sur la qualité des eaux de la nappe.

MOYENS MIS EN OEUVRE

- tableau comparatif des caractéristiques techniques et environnementales des 11 captages.
- examen statistique de la relation entre teneurs en nitrates et position des captages par rapport aux agglomérations sur 193 captages AEP du département de la Somme.
- réalisation de sondages à la tarière en zone non saturée (entre 5 et 25 m de profondeur) et calculs de bilan azoté (Béthencourt-sur-Somme (80), Happencourt (02), Frestoy-Vaux (60)) :
 - Béthencourt : profils NO_3 et NH_4 sur 3 sondages (plateau, coteau, thalweg), historique des cultures et engrais avec estimation des apports azotés, calcul des pluies efficaces, modélisation de l'évolution du profil azote (modèle anglais W.R.C.), calage du modèle et prévisions ;
 - Happencourt : profils NO_3 et NH_4 sur 3 sondages (plateau, coteau, thalweg), historique des cultures et engrais avec estimation des apports azotés, pas de modélisation ;
 - Frestoy-Vaux : profil NO_3 et NH_4 dans un seul sondage, à quelques mètres du captage, pas de modélisation.

PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- les captages dont la teneur dépasse la norme de potabilité sont tous situés à proximité ou dans des agglomérations ; leur contamination est, pour le moment, d'origine essentiellement domestique ou parfois industrielle, et non d'origine agricole. qui pourrait être enrayée facilement car localisée.
- par contre, l'enrichissement général de la nappe que l'on observe depuis plusieurs années sur toute son étendue est principalement dû à une contamination diffuse d'origine agricole. Dans l'ensemble les teneurs se situent entre 25 et 40 mg/l.
- il existe dans le milieu non saturé des couches d'eau interstitielle plus ou moins fortement chargées en nitrates libérés par les cultures depuis le début de l'utilisation intensive des engrais. Ces couches migrent à des vitesses de l'ordre de 40 à 50 cm/an. Il y a donc bien une menace réelle et grave sur la qualité de la nappe de la craie qui risque de voir dans les deux prochaines décennies sa teneur augmenter jusqu'à des valeurs supérieures à la norme, et ce quelles que soient les mesures de protection prises dès à présent. La pollution agricole présente à terme le plus de dangers car elle est très diffuse, continue et étendue, et de plus impossible à arrêter une fois en transit dans la zone non saturée.
- toutefois plusieurs degrés de risques semblent exister selon la topographie et l'épaisseur du recouvrement de la craie. C'est ainsi que les zones de plateaux, sous lesquelles les pics

nitrates observés sont sensiblement plus faibles, apparaissent moins vulnérables que les zones de coteaux et de fonds de vallées à cause de l'épaisseur généralement importante de limons qui favorise une reprise partielle de l'azote résiduel d'une rotation de cultures par la rotation suivante, et aussi à cause de la forte puissance de la zone non saturée qui augmente considérablement le délai d'arrivée des nitrates à la nappe tout en favorisant un certain écrêtement des pics.

- actions à entreprendre : optimisation des pratiques culturales, amélioration de l'assainissement individuel ou collectif, mise en place de périmètres de protection réglementaires des captages AEP, cartographie des zones sensibles selon les paramètres hydrogéologiques de la nappe et l'occupation du sol.

| | |
|---|---|
| TITRE | Suivi des nappes perchées du Sud de l'Aisne - Bassin de référence de Chéret - Bilan de nitrates à l'échelle de petits cours d'eau et de nappes perchées - Comparaison avec un secteur de référence en grandes cultures (Ile de France). |
| ANNÉE | 1985 |
| RÉFÉRENCE | Rapport CEMAGREF, 24 p., + 1 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Bassin de Chéret (collines du Laonnois, 02) |
| MAITRE D'OUVRAGE | Agence Financière de Bassin Seine-Normandie |
| CONTEXTE | augmentation des teneurs en nitrates en milieu rural, recherches menées pour analyser l'influence de l'activité agricole sur la contamination des eaux et élaborer les solutions à mettre en oeuvre. |
| OBJECTIFS | • analyser l'influence de l'activité agricole sur la qualité des eaux superficielles et souterraines sur 2 bassins versants situés en zone de grandes cultures. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• suivi de la pluviométrie (pluviographe).• mesures suivies des variables hydrologiques (pluie, débits) et de la qualité des eaux (NO_3, NO_2, NH_4) sur le rû de Chéret et les 7 sources alimentant le bassin, ceci sur plusieurs années et sur une superficie de quelques centaines d'hectares (pluviographe, limnigraphes, prélèvements automatiques et manuels).• prélèvements/analyses de l'eau du rû toutes les 15 mn en période de crue.• prélèvements et analyses d'eau sur une 8ème source extérieure au bassin, issue d'une zone en totalité forestière et destinée à servir de référence d'un bassin non soumis aux influences agricoles.• comparaison des principaux résultats concernant le bassin de Chéret à ceux du bassin de Mélarchez (sous-bassin de l'Orgeval, Seine et Marne) qui a déjà fait l'objet d'une première synthèse sur la période 1975-1981.• estimation de certaines composantes agronomiques (occupation du sol, fertilisation azotée, rendement). |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• sur le bassin de Chéret, les nappes perchées caractérisées par de fortes teneurs en nitrates (81 mg/l au captage AEP) et des réserves importantes et stables assurent l'essentiel du débit et de la charge de base des eaux superficielles (concentrations de 60 à 80 mg/l). La comparaison entre ces valeurs élevées et les faibles teneurs (2 mg/l) relevées sur la source de référence en zone boisée est révélatrice de l'incidence de l'agriculture dans cette région.• les périodes pluvieuses n'ont pas d'effet direct sur le débit des sources : seuls les écoulements de surface sont affectés par des crues de durée limitée dues principalement au ruissellement ; en conséquence la teneur en nitrates des eaux du rû de Chéret diminue (phénomènes de dilution).• sur le bassin de Mélarchez, la nappe est peu développée, discontinue et temporaire, et le régime de base de la rivière est donc très variable et suit assez fidèlement l'alternance des périodes pluvieuses et des périodes sèches. Les teneurs en nitrates sont nettement plus faibles qu'à Chéret, tant au niveau des sources que des eaux superficielles. |

- la différence de comportement entre les 2 bassins dépend surtout du type de sol rencontré. Les terres limono-marneuses de Mélarchez ont un pouvoir de rétention de l'azote plus important que les sols sableux de Chérêt et garantissent ainsi une protection plus efficace de la nappe.
- le problème de pollution des eaux mis en évidence sur ces 2 bassins versants est caractéristique des zones de grandes cultures. C'est dans la perspective de remédier à cela que sont mises en place en particulier dans l'Aisne et en Seine et Marne des expérimentations de pratiques culturales à l'échelle du bassin versant de manière à réduire les pertes en nitrates.

| | |
|---|---|
| TITRE | <u>Cartographie automatique en hydrochimie : application aux teneurs en nitrates de cinq départements du bassin Seine-Normandie.</u> |
| ANNÉE | 1986 |
| AUTEUR | Seguin J.J. |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM 86 SGN 251 EAU, 96 p, 1 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Aisne, Calvados, Meuse, Seine-Maritime, Seine et Marne |
| MAITRE D'OUVRAGE | Ministère de l'Environnement |
| FINANCEMENT | Ministère de l'Environnement |
| CONTEXTE | accroissement des données disponibles sur la qualité des eaux souterraines, problème de leur exploitation d'ensemble, développement de l'informatique. |
| OBJECTIFS | illustrer les possibilités de la cartographie automatique dans le domaine de la qualité des eaux souterraines en utilisant comme jeux de données les teneurs en nitrates des principales nappes libres de 5 départements. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• traitements géostatistiques (moyennes, écarts-type, histogrammes, variogrammes).• cartes iso-valeurs en utilisant deux méthodes d'interpolation : déterministe, statistique (krigeage).• croisement de ces cartes avec la carte numérisée des terres labourables.• département de l'Aisne : 162 captages d'alimentation en eau potable utilisés pour la cartographie relative à la nappe libre de la craie, 87 pour la nappe du Lutétien. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS POUR LE DEPARTEMENT DE L' AISNE | <ul style="list-style-type: none">• accroissement des teneurs entre 1972 et 1982, particulièrement marqué pour la nappe du Lutétien : diminution remarquable de la classe 0-20 mg/l, augmentation corrélative de la classe 20-40 mg/l et des classes supérieures.• hétérogénéité du champ de valeurs (effet de pépite important).• pas de correspondance nette entre teneurs en nitrates et les paramètres d'occupation du sol pris en compte (part des terres labourables dans la S.A.U.). |

| | |
|---|---|
| TITRE | Rôle joué par les vallées sèches dans la répartition des teneurs en nitrates de la nappe de la craie en Picardie - application aux vallées de Plainval et de Maignelay-Montigny (Oise). |
| ANNÉE | 1986 |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM 86 SGN 109 PIC, 26 p, + 2 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Plainval, Maignelay-Montigny (60) |
| MAITRE D'OUVRAGE | Ministère de l'Environnement |
| FINANCEMENT | Ministère de l'Environnement |
| CONTEXTE | la recherche de sites pour l'implantation de nouveaux captages AEP, généralement en vallées sèches, se heurte fréquemment à des teneurs en nitrates dans la nappe anormalement élevées, alors que l'environnement, essentiellement agricole, ne présente pas de risques importants. |
| OBJECTIFS | étudier le rôle de la morphologie des vallées sèches en pays crayeux dans l'enrichissement des eaux souterraines en nitrates et dans la répartition spatiale de leurs teneurs ; étudier notamment l'impact de l'accumulation et de l'infiltration d'eaux de ruissellement dans certains points bas. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• sondages piézométriques à la tarière (entre 10 et 25 m de profondeur), prélèvements d'échantillons de sol tous les 50 cm, prélèvement d'eau de nappe après pompage (pompe immergée de 2,5 m³/h), analyse des teneurs en nitrates dans la zone non saturée et dans la nappe.• un sondage piézométrique au rotary avec apport d'eau (35 m de profondeur), prélèvement d'eau de nappe après pompage (pompe immergée de 2,5 m³/h), analyse des teneurs en nitrates dans la nappe.• bilans sommaires des apports d'azote sur le bassin d'alimentation (habitations, pâtures, bois, cultures), comparaison à la pluie efficace moyenne et estimation d'une teneur moyenne en nitrates de la nappe. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• les investigations menées dans les deux vallées sèches de Plainval et de Maignelay-Montigny, qui comportent chacune une zone inondable lors de fortes pluies, démontrent sans ambiguïté l'existence, à l'aplomb de ces zones, d'un enrichissement de la nappe en nitrates par rapport au reste du bassin versant.• la qualité de la nappe peut être très hétérogène dans l'espace : sur 100 m à peine, les teneurs en nitrates peuvent passer de 25 à 50 mg/l ou plus. Cette hétérogénéité montre bien le caractère artificiel de cette contamination liée essentiellement aux activités humaines et qui peut localement être accentuée par des phénomènes naturels comme le ruissellement des eaux pluviales et leur infiltration préférentielle dans certains points bas.• Même si le critère productivité reste un objectif prépondérant, il faut éviter d'implanter les nouveaux forages dans l'axe même des vallées sèches et surtout à proximité de zones d'accumulation d'eaux de ruissellement. |

| | |
|---|--|
| TITRE | Cartographie des zones sensibles à la pollution par les nitrates - test d'une méthodologie et possibilités d'utilisation. |
| ANNÉE | 1986 |
| RÉFÉRENCE | Note technique BRGM - SGR/PIC, 5 p, + 4 cartes.. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Bassin de l'Arré (60) |
| CONTEXTE | Directive CCE du 31/08/85 (norme 50 mg/l), grande variabilité des teneurs en nitrates constatée au sein d'une même nappe du fait de la résultante de nombreux facteurs. |
| OBJECTIFS | tester une méthode de superposition cartographique de divers critères pour l'établissement d'une carte "risque", appliquée au bassin de l'Arré, entre St-Just-en-Chaussée et Clermont de l'Oise (craie). |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | Cartographie au 1/50.000 : <ul style="list-style-type: none">• carte des formations superficielles (limons, colluvions, alluvions).• carte de la profondeur de la nappe.• carte de l'occupation du sol (zones industrielles, stations d'épuration, bassins de décantation, zones boisées, cultures non indiquées).• carte de synthèse croisant les critères précédents et faisant apparaître 4 classes de risque. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• méthode cartographique intéressante dont l'échelle doit être adaptée en fonction des besoins.• validation toutefois peu convaincante de la méthodologie par confrontation aux graphiques d'évolution en nitrates depuis 15 ans sur quelques rares puits du secteur. |

| | |
|---|---|
| TITRE | Amélioration de la qualité des eaux distribuées à St-Valéry-sur-Somme (Somme). |
| ANNÉE | 1988 |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM 88 SGN 837 PIC, 12 p. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | St-Valéry-sur-Somme (80) |
| MAITRE D'OUVRAGE | Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (Somme) |
| CONTEXTE | augmentation inquiétante des teneurs en nitrates du captage de la commune, besoins futurs en eau croissants du fait du développement touristique. |
| OBJECTIFS | rechercher les causes de la contamination nitratée et définir les mesures susceptibles d'améliorer à terme la qualité de l'eau. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• observations sur le terrain.• analyses complémentaires de nitrates sur des captages privés exploités. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• les nitrates sont essentiellement d'origine agricole : polycultures développées sur des sols sablonneux très perméables, régulièrement retournés ou laissés à nu, reposant sur une craie faillée favorisant les infiltrations jusqu'à la nappe.• les eaux usées du village non assaini de Pendé sont aussi incriminées.• ces sources de pollution sont situées en amont hydraulique de la nappe.• puisque cette contamination ne pourrait être remédiable qu'à long terme, il est conseillé de créer un nouveau captage dans un secteur mieux protégé naturellement et qui permettrait de répondre à l'augmentation des besoins. |

| | |
|---|---|
| TITRE | Interprétation graphique et cartographique des données de qualité physico-chimique de la nappe de la craie dans le bassin Artois-Picardie. |
| ANNÉE | 1989 |
| AUTEURS | Beckelynck J., Darmendrail D., Mazenc B. |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM 89 SGN.54 NPC, 23 p. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Bassin Artois-Picardie, dont la Somme et le nord de l'Aisne |
| MAITRE D'OUVRAGE | Agence de l'Eau Artois-Picardie |
| FINANCEMENT | Agence de l'Eau Artois-Picardie, Ministère de l'Environnement |
| CONTEXTE | souhait de disposer de documents de synthèse sur la qualité des eaux de la nappe de la craie, principale ressource en eau du Bassin, afin de permettre aux gestionnaires des eaux souterraines d'apprécier la répartition spatiale et l'évolution des caractéristiques qualitatives des eaux. |
| OBJECTIFS | éditer et interpréter graphiques et cartes sur la répartition spatiale et l'évolution des teneurs en nitrates, sulfates, chlorures à l'échelle du bassin. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• cartes mosaïques (moyenne par mailles) et cartes isovaleurs (interpolation) au 1/850.000 pour NO₃, SO₄, Cl à l'aide de logiciels cartographiques, sur la base d'un millier de captages d'eau potable.• graphiques comparatifs d'évolution des teneurs en NO₃, SO₄, Cl dans le temps pour chaque point d'eau. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• accroissement général des teneurs en sulfates sur l'ensemble du bassin (lessivage de terrains tertiaires riches en gypse ou pyrite, communication avec la nappe du calcaire carbonifère, lessivage de dépôts industriels riches en soufre.• stabilité des teneurs en chlorure, irrégularités ponctuelles liées à la situation géographique du point (milieu urbain, proximité de dépôts ou de voies de communication).• variabilité spatiale importante des teneurs en nitrates, les secteurs les plus contaminés étant principalement situés en milieu urbain et industrialisé, ou agricole ; pour les ouvrages situés en Picardie, l'élévation des teneurs en nitrates ne dépasse pas la concentration maximale admissible de la norme européenne pour l'eau potable.• l'année 1980-1981 a montré les plus fortes teneurs en NO₃, SO₄, Cl, ce qui est sans doute lié à une brutale augmentation des précipitations cette année-là. |

| | |
|---|---|
| TITRE | Essai d'identification de l'origine d'une pollution par herbicides dans la région de Betz (Oise). |
| ANNÉE | 1989 |
| AUTEURS | Roussel P., Albecq C., Riou L. |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM 89 SGN 185 PIC, 18 p., + 3 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Sud-Est du département de l'Oise |
| MAITRE D'OUVRAGE | Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales de l'Oise |
| FINANCEMENT | Agence Financière de Bassin Seine-Normandie |
| CONTEXTE | concentrations anormales en atrazine sur deux captages d'eau potable alimentant la commune de Betz, détectées lors des contrôles spécifiques effectués par la DDASS à partir de 1988 sur l'ensemble des captages du département et pour 3 éléments (bore, lindane, atrazine). |
| OBJECTIFS | étudier l'étendue et l'importance de la zone polluée, identifier les origines possibles de la contamination. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• prélèvements d'eau sur 10 puits ou sources du secteur en septembre et décembre 1988.• analyses : atrazine, simazine, <i>nitrates</i>, bore, potassium. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• la contamination par l'atrazine et la simazine est assez généralisée sur la zone prospectée et concerne l'ensemble de la nappe phréatique (nappe des sables de Beauchamp ou nappe des calcaires du Lutétien).• il existe une bonne corrélation entre la présence d'herbicides et des teneurs élevées en <i>nitrates</i>.• le bore, marqueur de pollution domestique, ne présente pas de concentrations anormales.• la contamination par herbicides apparaît donc fortement liée aux activités agricoles locales. |

| | |
|---|--|
| TITRE | <u>Etude des techniques culturales appliquées sur les parcelles de trois petits bassins versants dans l'Aisne et conséquences sur les pertes en nitrates.</u> |
| ANNÉE | 1989 |
| AUTEUR | Machet J.M. |
| RÉFÉRENCE | Rapport INRA Laon-Péronne, rapport de fin d'étude (Contrat 3053A), 127 p., + 4 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Bassins d'Ambleny, Braye-en-Laonnois, Merlieux (02) |
| FINANCEMENT | Agence Financière de Bassin Seine-Normandie |
| CONTEXTE | mise en cause de l'accroissement de la fertilisation azotée lié à l'intensification des cultures dans l'augmentation des teneurs en nitrates des eaux destinées à l'alimentation humaine ; nécessité d'éprouver des techniques culturales visant une meilleure gestion de l'azote à la fois sur la culture et l'interculture. |
| OBJECTIFS | mener des expérimentations de modification des pratiques agricoles à l'échelle de 3 petits bassins versants sur 3 ans (fin 1983 à début 1987) pour limiter les fuites de nitrates vers les nappes d'eaux souterraines. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• mise en place de programmes d'expérimentation : gestion de la matière organique des sols (résidus de récolte en particulier), couverture hivernale maximale des sols, fertilisation azotée raisonnée (calculs par parcelle).• contrôles réalisés au moyen de mesures effectuées :<ul style="list-style-type: none">- sur le sol : caractérisation physico-chimique du sol et du sous-sol ; série de profils nitrates et humidité sur une profondeur de 1 m par horizon de 20 cm d'épaisseur ; prélèvements à l'entrée et à la sortie de l'hiver, en pleine végétation de la culture, à la récolte ; profils d'enracinement pour connaître la profondeur du sol exploitée par les racines et par conséquent la profondeur à laquelle les nitrates ne sont plus retenus.- sur les plantes : détermination des poids de paille, de grain, des feuilles, des racines, mesure de la matière sèche et de la teneur en azote ; cela pour faire une évaluation précise des exportations et des restitutions d'azote à l'échelle de chaque parcelle.- sur l'eau des sources : débit, teneur en nitrates. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• de nombreuses pratiques agricoles actuelles peuvent créer un risque potentiel de pollution par les nitrates ; il est confirmé que des quantités importantes de nitrates correspondant à une concentration des eaux de drainage très supérieures à 50 mg/l peuvent migrer en profondeur.• la réalisation de profils d'azote minéral à des périodes clés de l'année (sortie hiver, à la récolte, entrée hiver) apporte beaucoup d'éléments d'information pour l'aide à la décision quant à la mise en oeuvre et à la modification des pratiques culturales.• l'étude n'a cependant pas permis d'atteindre les objectifs visés, c'est-à-dire éprouver des techniques culturales visant à la limitation des fuites de nitrates, pour plusieurs raisons : toute première étude de ce type mise en place, manque |

d'expérience des différents acteurs, présence insuffisante de conseillers sur le terrain pour encadrer les agriculteurs de manière à mener à bien les programmes d'expérimentation.

- cependant ce type d'étude avec des programmes d'expérimentation fixés au départ doit se poursuivre à l'échelle de petits bassins ; l'objectif à terme est de caractériser chaque bassin d'alimentation pour prévenir les risques de pollution en intégrant des paramètres relatifs au fonctionnement hydrologique, à la couverture pédologique et aux systèmes de culture.

| | |
|---|---|
| TITRE | Notice de la carte de vulnérabilité aux nitrates du département de l'Oise. |
| ANNÉE | 1989 |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM 89 SGN 582 PIC, 17 p. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Département de l'Oise (60) |
| FINANCEMENT | Conseil Général de l'Oise, Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie |
| CONTEXTE | Directive CCE du 31/08/85 (norme 50 mg/l), enrichissement en nitrates des principales nappes exploitées du département, grande diversité dans la répartition des teneurs même au sein d'une même nappe, nécessité de disposer d'un guide pour protection des captages AEP et l'implantation de nouveaux captages, mais aussi en matière d'aménagement (assainissement, épandage, urbanisation et industrialisation). |
| OBJECTIFS | classer les nappes phréatiques du département selon leur niveau de vulnérabilité. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• établissement d'une cartographie au 1/250.000 faisant apparaître 4 niveaux de vulnérabilité définis par la combinaison de 3 critères : épaisseur du recouvrement superficiel (importante, moyenne, faible ou nulle), profondeur de la nappe (> 30 m, entre 15 et 30 m, entre 5 et 15 m, < 5m), fissuration du réservoir aquifère (faible, moyenne, forte). |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• vulnérabilité très importante des nappes alluviales des principales rivières et de leurs affluents.• vulnérabilité importante dans des secteurs situés principalement dans la partie orientale du département (calcaires et sables tertiaires du Noyonnais, sud du Valois, est du Clermontois, sud du Vexin).• vulnérabilité moyenne dans des secteurs situés principalement dans le sud du département (Pays de Thelle, sud du Clermontois, nord du Valois, est du Soissonnais), et localement dans les nombreuses vallées sèches du plateau picard et dans certains bois (couverture sablo-argileuse) du Noyonnais et du Vexin : craie sénonienne et calcaires du lutétien protégés par une couverture limoneuse ou sablo-argileuse.• vulnérabilité faible dans des secteurs situés principalement au nord et au nord-ouest du département (plateau picard, Pays de Bray, ouest du Soissonnais) : sables et calcaires tertiaires et craie sénonienne, de profondeur importante et protégés par un épais recouvrement de limons ou d'argiles. |

| | |
|---|--|
| TITRE | Notice de la carte de vulnérabilité aux nitrates du département de la Somme. |
| ANNÉE | 1989 |
| AUTEUR | Harb L. |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM R30247 PIC 4S 89, 17 p. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Département de la Somme (80) |
| FINANCEMENT | Conseil Général de la Somme, Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement, Agence de l'Eau Artois-Picardie |
| CONTEXTE | Directive CCE du 31/08/85 (norme 50 mg/l), enrichissement en nitrates des principales nappes exploitées du département, grande diversité dans la répartition des teneurs même au sein d'une même nappe, nécessité de disposer d'un guide pour protection des captages AEP et l'implantation de nouveaux captages, mais aussi en matière d'aménagement (assainissement, épandage, urbanisation et industrialisation). |
| OBJECTIFS | classer les nappes phréatiques du département selon leur niveau de vulnérabilité. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• établissement d'une cartographie au 1/250.000 faisant apparaître 4 niveaux de vulnérabilité définis par la combinaison de 3 critères : épaisseur du recouvrement superficiel (importante, moyenne, faible ou nulle), profondeur de la nappe (> 30 m, entre 15 et 30 m, entre 5 et 15 m, < 5m), fissuration du réservoir aquifère (faible, moyenne, forte). |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• vulnérabilité très importante des nappes alluviales des principales rivières et de leurs affluents (très bonne perméabilité, nappes très peu profondes).• vulnérabilité importante au niveau des vallées sèches et de la plaine littorale (la craie a alors une bonne perméabilité et un faible recouvrement).• vulnérabilité moyenne au niveau des plateaux du sud-est et de l'ouest du département (Santerre, sud de l'Amiénois, Ponthieu, nord et ouest du Vimeu) : la nappe de la craie est à une profondeur importante et est protégée par un recouvrement de limons.• vulnérabilité faible au niveau des plateaux du nord, nord-est et sud-ouest du département (nord de l'Amiénois, Vermandois, est du Vimeu) : la nappe de la craie est très profonde et est recouverte par une importante épaisseur de limons. |

| | |
|---|---|
| TITRE | Mesure quantitative des effets d'une source de pollution ponctuelle sur la teneur en nitrates d'un captage. |
| ANNÉE | 1990 |
| AUTEURS | Caudron M., Harb L., Roussel P. |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM R 30510 PIC 4S 90, 30 p, + 4 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Tilloloy (Santerre, 80) |
| MAITRE D'OUVRAGE | Ministère de l'Environnement |
| CONTEXTE | Programme 1987 de protection des eaux souterraines, souhait de quantification des apports ponctuels en azote afin d'en déduire les mesures à prendre pour rabaisser les teneurs en nitrates sous les normes réglementaires (coût de la suppression ou du traitement de ces pollutions ponctuelles à comparer au coût de réalisation d'un nouveau captage ou de raccordement à un réseau voisin). Choix du captage de Tilloloy : captage fortement pollué avec chroniques depuis une quinzaine d'années (entre 50 et 100 mg/l), existence de 2 sources de pollution ponctuelles bien identifiées (absence d'assainissement du village, présence de systèmes de drainage agricole du recouvrement superficiel du tertiaire), petit bassin hydrogéologique. |
| OBJECTIFS | <ul style="list-style-type: none">• calculer l'impact des pollutions ponctuelles sur la concentration en nitrates mesurée au niveau du captage de Tilloloy (dans l'agglomération).• modéliser les transferts de nitrates d'origine agricole (calage + prévisions), les données ponctuelles ne pouvant pas être intégrées. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• modèle hydrogéologique GARDENIA (modèle Global A Réservoir pour la simulation des DEbits et des Niveaux Aquifères), qui effectue un bilan entre la pluie et l'évapotranspiration pour calculer soit le débit à l'exutoire d'un bassin, soit un niveau piézométrique dans le bassin.• modèle chimique BICHE (modèle global à réservoirs de transfert des nitrates dans un bassin versant), qui permet de calculer une teneur en nitrates en un point du bassin à partir de paramètres hydrologiques et chimiques (pluies, évapotranspiration, épandages agricoles de nitrates, besoins en nitrates des plantes, libération des nitrates par résidus culturels, concentrations mesurées en nitrates dans puits ou piézomètres). |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• la simulation des transferts de nitrates d'origine agricole a permis de reconstituer la tendance générale de l'augmentation des concentrations en nitrates au captage au cours des 15 dernières années ; les principaux écarts relatifs aux valeurs mesurées par rapport à la tendance générale seraient donc dûs aux pollutions ponctuelles.• les simulations jusqu'en 2010 prédisent une croissance régulière des teneurs en nitrates même en cas de suppression des excédents azotés et mettent en évidence la très grande inertie du système hydrogéologique.• la quantification des apports de chaque source de pollution est une approche très délicate face aux mécanismes complexes qui régissent les phénomènes d'enrichissement des eaux souterraines en nitrates. Les calages hydrodynamiques et chimiques sont en particulier délicats. |

TITRE Nitrates et eaux d'alimentation.

ANNÉE 1990

RÉFÉRENCE Rapport DRASS Picardie, octobre 1990, 12 p, + 2 ann.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE Picardie

CONTEXTE nécessité de définir des plans pluriannuels d'intervention suite à la circulaire ministérielle du 9/7/90 relative aux teneurs en nitrates des eaux destinées à la consommation humaine, et à la circulaire interministérielle du 24/7/90 relative à la mise en place des périmètres de protection.

OBJECTIFS • élaborer l'état prospectif de la situation régionale sur les teneurs en nitrates des eaux captées pour l'alimentation en eau potable et sur la dynamique de l'enrichissement en nitrates.

MOYENS MIS EN OEUVRE

- synthèse des bilans effectués par les DDASS à partir des analyses acquises lors du contrôle sanitaire des eaux d'alimentation.
- raisonnement par tranches : < 25 mg/l, 25-50 mg/l, > 100 mg/l.
- carte régionale des teneurs en nitrates des eaux distribuées en 1989.
- classification de l'ensemble des captages en 9 catégories correspondant au degré d'urgence qu'il faudrait accorder aux interventions d'un strict point de vue sanitaire ; critères de classement basés sur une approche statistique (moyenne, pente, minimum, maximum, écart-type).

PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- la situation de la Picardie n'est globalement ni dramatique, ni très rassurante (importance de la classe centrale 25-50 mg/l qui laisse supposer une possible aggravation dans l'avenir).
- le département de la Somme se trouve dans une position plus favorable que l'Aisne et l'Oise, probablement à cause du contexte hydrogéologique.
- dégradation continue du parc des captages depuis 1972 dans les 3 départements, avec un certain ralentissement de ce phénomène depuis les années 1980 ; toutefois cela ne donne qu'une image imparfaite de l'évolution de la qualité des nappes exploitées puisque les ouvrages les plus pollués sont abandonnés.
- près de 80% des captages captent des eaux de bonne qualité ou de qualité acceptable sans tendance notable d'aggravation depuis 1980.
- toutefois la plus grande prudence s'impose dans l'extrapolation des résultats de cette étude, d'une part car le transfert des nitrates vers les aquifères souterrains est un phénomène très complexe qui rend difficile les essais de prévision d'évolution à long terme, et d'autre part car les données utilisées ne proviennent que de captages d'adduction publique actuellement en service qui sont souvent implantés dans des zones auparavant testées pour leur bonne qualité.
- souhait d'élaborer un programme d'interventions pluriannuelles pour concilier une démarche environnementale visant à la protection générale des ressources en eaux, avec une démarche sanitaire qui consiste à restaurer la qualité de certaines eaux distribuées et à renforcer la protection des zones exploitées pour la production d'eau d'alimentation.

| | |
|---|--|
| TITRE | Répartition des teneurs en nitrates dans la nappe de la craie en Picardie. |
| ANNÉE | 1993 |
| AUTEURS | Allard J.F., Bichot F., Bailly S., Caron O., Gaudefroy M.J., Thoraval E. |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM R37097, 21 p., + 3 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Picardie |
| MAITRE D'OUVRAGE | Agence Régionale pour l'Environnement en Picardie |
| FINANCEMENT | Conseil Régional de Picardie, Ministère de l'Environnement |
| CONTEXTE | souhait de disposer d'une carte de la répartition des teneurs en nitrates de la nappe libre de la craie, c'est-à-dire au niveau de la ressource en eau potable, en parallèle aux cartes des teneurs en nitrates des eaux d'alimentation en eau potable publiées chaque année par les DDASS des 3 départements. |
| OBJECTIFS | cartographier les teneurs en nitrates de la nappe libre de la craie à partir d'un maximum de points (captages AEP, sources, ancien puits, puits agricoles et industriels) bien répartis géographiquement, de manière à obtenir une image aussi représentative que possible de la réalité. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• prise en compte des valeurs 1992 fournies par les DDASS des 650 captages AEP.• prélèvements et analyses sur 300 ouvrages non AEP répartis dans toute la Picardie, préférentiellement là où on ne dispose pas de valeurs (sources, puits de ferme, forages d'irrigation, forages industriels) (1 mesure par ouvrage, entre mai et août 1993).• cartographie informatique des teneurs sur fond hydrographique avec limites des départements (échelle 1/700.000). |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• teneurs inférieures à 40 mg/l, et même à 25 mg/l, dans une bonne partie de la nappe. Les secteurs où les teneurs sont supérieures à 50 mg/l sont limités et principalement localisés dans le nord de l'Aisne et dans le nord de l'Oise.• nécessité de confirmer les fortes valeurs mesurées et de suivre leur évolution dans le temps.• suggestion d'étendre cette approche aux autres nappes du département captées pour l'alimentation en eau potable. |

| | |
|---|--|
| TITRE | Suivi des teneurs en nitrates de la nappe de la craie en Picardie - Campagne de prélèvements/analyses 1995. |
| ANNÉE | 1995 |
| AUTEURS | Bailly S., Braibant G., Caous J.Y., Czernichowski-Lauriol I., Gaodefroy M.J. |
| RÉFÉRENCE | Rapport BRGM R38705, 11 p., + 2 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Picardie |
| MAITRE D'OUVRAGE | Conseil Régional de Picardie, Ministère de l'Environnement |
| FINANCEMENT | Conseil Régional de Picardie, Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Industrie |
| CONTEXTE | souhait de confirmer les valeurs élevées des teneurs en nitrates mesurées lors de la campagne de prélèvements/analyses 1993 (Rapport BRGM R37097, 1993). |
| OBJECTIFS | analyser les teneurs en nitrates sur les 91 points, hors captages AEP, où le seuil d'alerte de 40 mg/l avait été dépassé en 1993 et tenter d'examiner les causes des fortes teneurs enregistrées. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• prélèvements et analyses deux fois dans l'année, en période de hautes eaux (avril-mai 1995) et en période de basses eaux (octobre-novembre 1995).• mesure de la profondeur de la nappe.• examen rapide des caractéristiques de l'ouvrage et de son environnement.• cartographie informatique des teneurs sur fond hydrographique avec limites des départements et principales villes (échelle 1/700.000, carte hautes eaux et carte basses eaux). |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• confirmation des valeurs élevées : teneurs toujours supérieures à 40 mg/l (1 seule exception).• grande variabilité des teneurs, à la fois annuelle (entre 1993 et 1995) et saisonnière (hautes eaux et basses eaux). Pas de tendance particulière décelable. Pas de lien apparent avec la profondeur de la nappe. Cette grande variabilité est due à la complexité des processus mis en jeu, tant sur le plan des origines possibles des nitrates que sur le plan des facteurs contrôlant leur migration. Les sources de pollution pourraient en particulier être très locales et intermittentes. Les points sont généralement situés dans un contexte de fermes, d'élevages et de cultures.• nécessité de conduire des études plus poussées à une échelle locale afin de mieux cerner l'ensemble des processus. |

| | |
|----------------------------------|--|
| TITRE | <u>Maitrise de la pollution diffuse par les nitrates en zone agricole de grande culture.</u> |
| ANNÉE | 1995 |
| AUTEURS | Beudoin N., Scheurer O., Maucorps J., Mary B. |
| RÉFÉRENCE | Rapport INRA Laon, compte-rendu de Contrat INRA -Région Picardie, 48 p., + 8 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Picardie |
| MAITRE D'OUVRAGE | Conseil Régional de Picardie |
| CONTEXTE | nécessité de combiner recherches appliquées et recherches de base (cycle de l'azote) pour aboutir à la maîtrise de l'azote dans les sols agricoles et à la prévention de la pollution nitratée d'origine agricole. |
| OBJECTIFS | <ul style="list-style-type: none">• déterminer l'effet des caractéristiques climatiques et pédologiques sur le lessivage des nitrates dans les sols en Picardie et pour cela étudier :<ul style="list-style-type: none">- l'importance et la variabilité du drainage de l'eau dans les sols,- les relations entre les caractéristiques pédologiques et l'enracinement,- les relations entre les caractéristiques d'enracinement et l'absorption d'eau et d'azote par les cultures.• évaluer l'impact de l'opération agricole pilote du site de Bruyères et Montbérault (collines tertiaires du Laonnois) pour la maîtrise de la pollution nitrique à l'échelle du bassin d'alimentation en eau ; les pratiques culturales y ont été modifiées à partir de 1989 afin d'améliorer d'une part le raisonnement de la fertilisation azotée grâce à l'utilisation du logiciel Azobil basé sur la méthode du bilan prévisionnel et, d'autre part, la gestion de l'interculture (cultures intermédiaires, jachères, assolement). |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• simulations du lessivage dans le sol à l'aide du modèle LIXIV, intégrant la profondeur d'enracinement et d'absorption de l'azote, la capacité volumique de rétention en eau de chaque horizon du sol, pluviométrie et évapotranspiration, quantité et localisation du reliquat nitrique en début de drainage.• mise en place sur des parcelles d'un réseau de stations d'observation de l'enracinement définies par le couple "type de sol - espèce cultivée" ; mesures de l'humidité et de la quantité de nitrates du sol en fonction de la profondeur sur des échantillons prélevés à la tarière autour des fosses d'observation.• Site de Bruyères et Montbérault :<ul style="list-style-type: none">- enregistrement de la pluviométrie et analyse de l'eau de pluie (azote minéral, oxygène 18, deutérium, tritium,- mesure de l'humidité et de l'azote minéral à 4 périodes sur chaque parcelle : mi-hiver, à la récolte, avant reprise du drainage, au début du drainage (le drainage se situe en général en septembre/octobre pour les sols filtrants et en novembre/décembre pour les sols profonds),- prélèvements de végétaux à la récolte pour établir les composantes du rendement et quantifier l'azote exporté ; les cultures intermédiaires font l'objet d'une mesure de la matière sèche produite et de l'azote prélevé,- mesure régulière du débit des sources, de leurs teneurs en nitrates, et parfois de l'oxygène 18, deutérium et tritium, |

- réalisation de sondages profonds (jusqu'à 6.50 m) sur 13 sites représentatifs des parcelles situées en sol profond ; prélèvements de sol correspondant à une épaisseur de 15 cm, caractérisation texturale, mesure de l'humidité pondérale et de l'azote minéral,
- modèles de calcul : modèle de drainage de l'eau (sous la zone racinaire) et modèle de lessivage de nitrates (LIXIV) appliqués à chaque parcelle, modèle calculant la recharge en eau de la nappe à partir de la variation des débits des sources, calcul du temps de renouvellement de la nappe à partir des mesures tritium et selon un modèle "piston" ou de mélange d'eaux.

PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- proposition de paramètres qui pourraient être utilisés dans des modèles permettant de quantifier le lessivage des nitrates en intégrant des variables pédologiques, culturelles et climatiques.
- d'une manière générale, les sols de limon profond sont moins sujets au lessivage que les sols filtrants ou superficiels, à quantité d'azote minéral équivalente.
- les premiers résultats sur le site pilote de Bruyères et Montbérault confirment l'intérêt des pratiques culturales engagées pour réduire les quantités d'azote minéral présentes dans le sol à la reprise du drainage. Un grand nombre de parcelles ont produit une eau de drainage d'une teneur en nitrates inférieure à 30 mg/l ; elles sont situées principalement en sols de limons. Les parcelles les plus polluantes en nitrates correspondent aux terrains superficiels situés sur les bordures de plateau et dans les sables.
- le délai de réponse de la teneur en nitrates des sources au changement des pratiques culturales sur le site de Bruyères et Montbérault pourrait atteindre 20 ans ; cette grande inertie du système mériterait d'être confirmée en particulier par une modélisation hydrogéologique quantitative des transferts d'eau dans le bassin.

| | |
|---|--|
| TITRE | <u>Maitrise du cycle de l'azote en système de culture à l'échelle du bassin hydrologique - Site de Bruyères-et-Montbérault (02) - Années 1990-1995.</u> |
| ANNÉE | 1996 |
| RÉFÉRENCE | Rapport INRA Laon-Péronne, compte-rendu de Contrat INRA - Agence de l'Eau Seine-Normandie, 52 p., + 14 ann. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Plateau de Bruyères-et-Montbérault (02) |
| MAITRE D'OUVRAGE | Municipalité de Bruyères-et-Montbérault |
| CONTEXTE | nécessité de faire un bilan des études menées depuis 5 ans sur le site expérimental de Bruyères-et-Montbérault, représentant un système de grande culture sur un plateau tertiaire avec recouvrements limoneux, où la principale nappe (Lutétien) est quasiment isolée hydrogéologiquement. |
| OBJECTIFS | <ul style="list-style-type: none">• quantifier l'impact de bonnes pratiques agricoles sur la réduction de la pollution nitrique de la nappe.• tester des modèles agronomiques accessibles pour des études à cette échelle. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• mesures concernant le climat (4 postes), les cultures et les sols (30 stations) et les exutoires (5 sources principales).• modèles de calcul de la minéralisation, du lessivage et de la recharge annuelle (Maillet). |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | Deux améliorations des itinéraires techniques sont à appliquer de façon systématique pour réduire de façon significative les quantités d'azote minéral présentes en début de drainage, et donc pour réduire la pollution de l'eau de percolation dans ce milieu : fertilisation raisonnée et mise en place de cultures intermédiaires en cas d'interculture longue. Il est nécessaire de pouvoir apprécier le temps de réponse de l'aquifère pour gérer ce genre d'action. |

| | |
|---|---|
| TITRE | Bilan azoté par commune. |
| ANNÉE | 1996 |
| RÉFÉRENCE | AGRESTE. DONNEES - SDSA de l'Oise - N° 20 - Septembre 1996 |
| AUTEURS | Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de l'Oise. |
| LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE | Département de l'Oise (60) |
| CONTEXTE | problématique de la pollution azotée d'origine agricole. |
| OBJECTIFS | • réaliser un bilan azoté par commune et par région agricole. |
| MOYENS MIS EN OEUVRE | <ul style="list-style-type: none">• cartographie des apports d'azote liés aux engrais minéraux par hectare de surface agricole et par commune en 1995 (d'après les surfaces déclarées à la PAC et les fumures moyennes).• cartographie des apports d'azote liés aux déjections animales par hectare de surface agricole et par commune en 1995 (d'après les effectifs animaux corrigés du dernier recensement agricole et les normes CORPEN d'apport azoté par animal).• cartographie des apports d'azote total (minéral + animal) par hectare de surface agricole et par commune en 1995.• cartographie des capacités d'absorption des cultures par hectare de surface agricole et par commune en 1995 (d'après les normes CORPEN).• cartographie des excédents d'azote (apport total - exportations par les cultures) par hectare de surface agricole et par commune en 1995. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <ul style="list-style-type: none">• les apports azotés 1995 sont excédentaires de 20 unités d'azote par hectare en moyenne.• les excédents d'azote sont plus importants dans les secteurs consacrés à l'élevage, comme le Pays de Bray et le Noyonnais.• pas de corrélation apparente entre la carte des excédents azotés et la carte des teneurs en nitrates des eaux d'alimentation éditée par la DDASS.• nécessité d'affiner cette première approche en intégrant les épandages d'origine agricole et non agricole, en considérant la géologie des sols et en ayant une connaissance exacte des pratiques culturales et de fertilisation. |

