

Document public



Atlas hydrogéologique numérique de l'Aisne

Notice

Rapport final

BRGM/RP-57439-FR
décembre 2009



Géosciences pour une Terre durable

brgm



3 5000 00081276 7

Atlas hydrogéologique numérique de l'Aisne Notice

Rapport final

BRGM/RP-57439-FR
décembre 2009

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2008EAU1-SYNTH

D. Allier, P. Chrétien
Avec la collaboration de
A. Baraton, E. Leveau, D. Minard et B. Tourlière

Vérificateur :

Nom : J.J. SEGUIN

le 30 novembre 2009



Approbateur :

Nom : C. NAIL

le 1^{er} décembre 2009



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

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

Mots clés : atlas, hydrogéologie, hydrologie, données climatiques, eau souterraine, eau superficielle, nappe, aquifère, paramètres hydrodynamiques, piézométrie, risques naturels, SIG, Aisne, Picardie.

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

D. Allier et P. Chrétien, avec la collaboration de A. Baraton, E. Leveau, D. Minard et B. Tourlière (2009) – Atlas hydrogéologique numérique de l'Aisne – Notice – Rapport final. BRGM/RP-57439-FR, 158 pages, 65 illustrations, 10 tableaux, 6 annexes.

Synthèse

Constatant que le support et le contenu de l'atlas hydrogéologique du département de l'Aisne, publié en 1983, ne répondaient plus aux besoins actuels d'informations et de consultation de ces informations, le BRGM a proposé au Conseil général de l'Aisne (CG02) et aux Agences de l'eau Seine-Normandie (AESN) et Artois-Picardie (AEAP) de réaliser un atlas hydrogéologique départemental informatisé pour le département de l'Aisne.

Le corps principal de l'atlas hydrogéologique numérique est constitué d'un Système d'informations géographiques (SIG) qui rassemble les données sur la géologie, les eaux superficielles, les eaux souterraines, les risques naturels de l'Aisne. Il permet à l'utilisateur une puissance de calcul dans le traitement de données géoréférencées, et une réelle souplesse dans l'édition de cartes thématiques.

La notice quant à elle présente les conditions physiques et climatiques du département ainsi que sa géologie. Elle détaille les ressources en eau superficielle et souterraine : les régimes des cours d'eau principaux sont décrits, ainsi que les aquifères, du Dogger au Bartonien. Un aperçu de la qualité des eaux souterraines du département est en outre proposé au lecteur, complété grâce au SIG par des fiches de synthèse issues des données du portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines ADES.

L'exploitation des ressources en eau souterraine et superficielle est abordée, en particulier au niveau des bassins versants de la Haute-Somme (en amont de Ham), de l'Oise (entre Condren et Origny-Ste-Benoite), et de l'Ourcq (en amont de Chouy). L'usage de l'eau pour l'alimentation en eau potable est prépondérant et oscille dans le département depuis le début des années 2000 autour de 50 millions de m³ par an. Les prélèvements industriels, autour de 30 millions de m³ par an sur la période 2001-2007, décroissent régulièrement (-10 millions de m³ entre 2001 et 2007). Les prélèvements agricoles quant à eux, essentiellement pour l'irrigation, varient fortement en fonction des conditions météorologiques des mois de mai à août. L'été caniculaire de 2003 a provoqué un accroissement de 70% des volumes prélevés par rapport à 2002. A l'inverse, l'été maussade de 2007 a permis aux irrigants de peu exploiter la ressource.

La synthèse bibliographique des ressources géothermiques des aquifères profonds du département montre que le Dogger et l'Oxfordien supérieur ont les meilleures potentialités (sud du département).

Sommaire

Introduction	11
1. Conditions physiques et climatiques	13
1.1. SITUATION DE L' AISNE	13
1.1.1. Géographie physique	13
1.1.2. Climatologie	18
1.2. GEOLOGIE	22
1.2.1. Construction du modèle géologique	22
1.2.2. Lithostratigraphie de l'Aisne	31
1.2.3. Aperçu structural	40
2. Ressources en eau	41
2.1. EAUX SUPERFICIELLES	41
2.1.1. Hydrographie	41
2.1.2. Réseau d'observation	44
2.1.3. Régimes et caractéristiques des cours d'eau de l'Aisne	45
2.2. RESSOURCES DISPONIBLES EN EAUX SOUTERRAINES	49
2.2.1. Caractérisation des aquifères du département de l'Aisne	49
2.2.2. Paramètres hydrodynamiques	54
2.2.3. Réseau de suivi piézométrique	60
2.3. QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES	63
2.3.1. Fond géochimique	63
2.3.2. Réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines	65
2.3.3. Qualité des eaux souterraines du département	66
2.3.4. Captages AEP abandonnés	74
3. Exploitation des eaux superficielles et souterraines de l'Aisne	77
3.1. PRELEVEMENTS	77
3.1.1. Usage domestique	78
3.1.2. Usage agricole	79
3.1.3. Usage industriel	79
3.2. BILANS HYDROLOGIQUES	83

3.2.1. Données collectées.....	83
3.2.2. Imprécision des données et pas de temps de calcul	83
3.2.3. Bassin versant de la Haute-Somme.....	84
3.2.4. Bassin versant de l'Oise.....	97
3.2.5. Bassin versant de l'Ourcq	106
3.3. GEOTHERMIE	115
3.3.1. Les aquifères profonds.....	116
3.3.2. Les aquifères superficiels.....	118
4. Risques naturels	121
4.1. INONDATIONS	121
4.1.1. Susceptibilité aux remontées de nappes	121
4.1.2. Crues de rivières	122
4.2. ÉROSION DES SOLS	123
Conclusion	125
Bibliographie	127

Liste des illustrations

Illustration 1 : carte physique du département de l'Aisne.....	15
Illustration 2 : carte des régions naturelles de l'Aisne (source : Préfecture de l'Aisne).....	17
Illustration 3 : carte de localisation des stations météorologiques du département.....	18
Illustration 4 : moyennes des précipitations annuelles dans l'Aisne (1991-2000) (© Météo-France)	20
Illustration 5 : comparaison des pluies brutes et des pluies efficaces mensuelles à St-Quentin entre 2004 et 2007.	21
Illustration 6 : carte géologique synthétique adaptée au modèle du département de l'Aisne	24
Illustration 7 : position des forages atteignant le toit du Lutétien et/ou du Crétacé supérieur et/ou du Jurassique.	26
Illustration 8 : localisation des tracés des coupes géologiques.....	27
Illustration 9 : coupe géologique C-D	29
Illustration 10 : coupe géologique E-F	30
Illustration 11 : coupe géologique A-B.....	33
Illustration 12 : coupe géologique C-D : série tertiaire	37

Illustration 13 : carte des bassins versants hydrographiques du département de l'Aisne	42
Illustration 14 : exemple de courbe de tarage (IRD, 1966)	45
Illustration 15 : débits moyens mensuels de l'Oise à Hirson calculés sur 44 ans (MEEDDM, 2008)	46
Illustration 16 : débits moyens mensuels du Thon à Origny-en-Thiérache calculés sur 42 ans (MEEDDM, 2008)	46
Illustration 17 : débits moyens mensuels de l'Oise à Origny-Sainte-Benoite calculés sur 48 ans (MEEDDM, 2008)	47
Illustration 18 : débits moyens mensuels de la Serre à Nouvion-et-Catillon calculés sur 60 ans (MEEDDM, 2008)	47
Illustration 19 : débits moyens mensuels de l'Oise à Condren calculés sur 28 ans (MEEDDM, 2008)	48
Illustration 20 : débits moyens mensuels de l'Aisne à Trosly-Breuil calculés sur 42 ans (MEEDDM, 2008)	49
Illustration 21 : carte piézométrique des moyennes eaux de la nappe libre de la craie.	51
Illustration 22 : chronique piézométrique 2007 de la nappe de la craie à Saint-Erme- Outre-et-Ramecourt et comparaison aux courbes statistiques (basses eaux mensuelles, moyennes mensuelles, hautes eaux mensuelles). Source : www.adeseaufrance.fr	52
Illustration 23 : perméabilités du département de l'Aisne.	56
Illustration 24 : transmissivités du département de l'Aisne	57
Illustration 25 : Coefficients d'emménagement du département de l'Aisne	58
Illustration 26 : Débits spécifiques des forages du département de l'Aisne	59
Illustration 27 : réseau piézométrique de suivi quantitatif des eaux souterraines dans l'Aisne	62
Illustration 28 : concentration en éléments majeurs - Calcaires du Bathonien (Leuze - 00673X0096)	67
Illustration 29 : concentration en pesticides - Calcaires du Bathonien (Leuze - 00673X0096)	68
Illustration 30 : concentrations des éléments majeurs - Argiles et calcaires du Cénomani (La Bouteille - 00515X0118)	69
Illustration 31 : concentration en éléments majeurs – Craie libre du Turonien (Tavaux- et-Pontséricourt - 00668X0028)	69
Illustration 32 : concentration en pesticides – Craie libre du Turonien (Tavaux-et- Pontséricourt - 00668X0028)	70
Illustration 33 : concentration en éléments majeurs - Craie du Sénonien (Nouvion-et- Catillon - 00657X0047)	71
Illustration 34 : concentration en éléments majeurs - Craie du Sénonien (Juvincourt-et- Damary - 01074X0030)	71
Illustration 35 : concentration en pesticides - Nappe de la craie du Sénonien (Juvincourt-et-Damary - 01074X0030)	72

Illustration 36 : concentration en éléments majeurs - Calcaires du Lutétien (Juvigny - 01064X0054)	73
Illustration 37 : concentration en éléments majeurs - Calcaires du Lutétien (Armentières-sur-Ourcq - 01306X0023)	73
Illustration 38 : nature des captages AEP abandonnés : les sources sont prépondérantes.....	74
Illustration 39 : le motif d'abandon des captages AEP est mal connu	75
Illustration 40 : la cause principale connue de l'abandon de captage est la dégradation de la qualité de la ressource.....	75
Illustration 41 : localisation des captages AEP abandonnés de l'Aisne	76
Illustration 42 : évolution des volumes des eaux superficielles et souterraines confondues prélevées dans l'Aisne entre 2001 et 2006.....	77
Illustration 43 : répartition des prélèvements d'eau par nature et usage dans le département de l'Aisne	78
Illustration 44 : carte des prélèvements d'eau superficielle et souterraine du département de l'Aisne par usage.....	81
Illustration 45 : prélèvements du bassin versant de la Haute-Somme – Année 2004	87
Illustration 46 : prélèvements du bassin versant de la Haute-Somme – Année 2005	88
Illustration 47 : prélèvements du bassin versant de la Haute-Somme – Année 2006	89
Illustration 48 : prélèvements du bassin versant de la Haute-Somme – Année 2007	90
Illustration 49 : comparaison des pluies efficaces décennales à St-Quentin en 2004-2007 aux normales décennales 1991-2000 à St-Quentin.....	92
Illustration 50 : en 2005, les sorties (prélèvements + débits) ont représentés 2,5 fois les ressources renouvelables.....	93
Illustration 51 : bassin versant de la Haute-Somme : part des prélèvements en fonction de leur usage (3 ^e trimestre, moyenne 2004-2007).....	94
Illustration 52 : influence des pluies efficaces sur la piézométrie.....	95
Illustration 53 : prélèvements du bassin versant de l'Oise en 2004	99
Illustration 54 : prélèvements du bassin versant de l'Oise en 2005	100
Illustration 55 : prélèvements du bassin versant de l'Oise en 2006	101
Illustration 56 : prélèvements du bassin versant de l'Oise en 2007	102
Illustration 57 : comparaison des pluies efficaces décennales à Origny-Ste-Benoite en 2004-2007 aux normales décennales 1991-2000 à St-Quentin	104
Illustration 58 : les prélèvements sont stables sur la période 2004-2007	105
Illustration 59 : les volumes prélevés pour l'irrigation sont négligeables (moins de 1% des volumes prélevés sur le bassin versant).	105
Illustration 60 : prélèvements du bassin versant de l'Ourcq en 2004.....	109
Illustration 61 : prélèvements du bassin versant de l'Ourcq en 2005.....	110
Illustration 62 : prélèvements du bassin versant de l'Ourcq en 2006.....	111

Illustration 63 : prélèvements du bassin versant de l'Ourcq en 2007	112
Illustration 64 : comparaison des pluies efficaces décennales à Oulchy-le-Chateau en 2004-2007 aux normales décennales 1991-2000 à Passy-en-Valois	114
Illustration 65 : si les prélèvements sont négligeables sur le bassin de l'Ourcq, les volumes écoulés par la rivière sont en revanche significatifs	115

Liste des tableaux

Tableau 1 : pile stratigraphique utilisée pour le calcul du modèle	23
Tableau 2 : aperçu des données hydrodynamiques recueillies	55
Tableau 3 : caractéristiques hydrodynamiques des principaux aquifères du département de l'Aisne	55
Tableau 4 : piézomètres axonaux du réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du SGR Picard	61
Tableau 5 : piézomètres du bassin versant de la Haute-Somme	85
Tableau 6 : comparaison ressources renouvelables/prélèvements du bassin versant de la Haute-Somme sur la période 2004-2007	91
Tableau 7 : piézomètres du bassin versant de l'Oise entre Condren et Origny-Ste-Benoite	97
Tableau 8 : comparaison ressources renouvelables/prélèvements du bassin versant de l'Oise	103
Tableau 9 : piézomètres du bassin versant de l'Ourcq	106
Tableau 10 : comparaison ressources renouvelables/prélèvements du bassin versant de l'Ourcq	113

Liste des annexes

Annexe 1 Isohypes du toit du Bartonien, calculées grâce au modèle géologique du département de l'Aisne	129
Annexe 2 Isopaques du Bartonien	133
Annexe 3 Isohypes du toit du Jurassique	137
Annexe 4 Isopaques du Crétacé supérieur	141
Annexe 5 Relation entre concentrations en nitrates et chlorures	145
Annexe 6 Aléa érosion des sols (INRA, 2003)	149

Introduction

L'atlas hydrogéologique numérique du département de l'Aisne s'articule autour de trois entités distinctes :

- la géodatabase, ou base de données géoréférencées exploitable au moyen d'un SIG ;
- les cartes sur support papier à vocation thématique ;
- et la présente notice, qui se veut un document de synthèse et aborde des thématiques diverses ayant pour trait commun de se rapporter au sous-sol du département.

Comme le rappelle la première partie de cette notice, la géographie et la géologie de l'Aisne sont marquées par leur appartenance au Bassin parisien. Constitué pour l'essentiel de terrains sédimentaires¹, le sous-sol de l'Aisne renferme plusieurs nappes d'eau souterraine, dont les caractéristiques physico-chimiques permettent l'exploitation pour les usages domestiques, agricoles et industriels. Ces ressources en eau souterraine, ainsi que les ressources en eau superficielle, sont décrites dans la deuxième partie de la notice.

Une comparaison des ressources (pluies efficaces) et des prélèvements pour trois bassins versants (Haute-Somme, Oise et Ourcq) figurent dans la troisième partie de la notice.

Pour compléter ce panorama de l'exploitation des ressources en eau du département, les potentialités géothermiques des nappes sont brièvement évoquées. Enfin, la dernière partie de la notice aborde la thématique des risques naturels : inondations et érosion.

¹ Le socle affleure dans l'extrême nord-est du département

1. Conditions physiques et climatiques

1.1. SITUATION DE L' AISNE

Le département de l'Aisne est de forme allongée dans la direction Nord-Sud : 140 km de long pour une largeur qui n'excède pas 85 km. Il est en contact avec 6 départements (Ardennes, Marne, Nord, Oise, Somme, Seine-et-Marne) et a une courte frontière commune avec la Belgique (8 km). Il doit son nom à la rivière Aisne qui le traverse d'Est en Ouest. Il compte près de 536 500 habitants pour une superficie de 7 379 km² et une densité de 73 hab/km² (Source : Insee, estimation au 1er janvier 2006).

1.1.1. Géographie physique

a) *Morphologie*

L'Aisne est un territoire à relief peu accidenté, représenté par un vaste bassin crayeux encadré des collines de Thiérache au Nord-Est et des grands plateaux tertiaires au Sud. Les altitudes moyennes au Nord-Est et au Sud sont proches de 200 m et d'une centaine de mètres dans la plaine du Laonnois-Vermandois.

Son point culminant est à Watigny au Nord-Est dans le massif ardennais, à 295,5 m, et le plus bas est à 36,5 m à Attichy dans la Vallée de l'Aisne.

Longitudinalement, du Sud au Nord, on s'écarte du cœur du bassin de Paris vers sa marge septentrionale. L'extrême Nord-Est du département quitte le bassin sédimentaire pour entamer les contreforts des Ardennes.

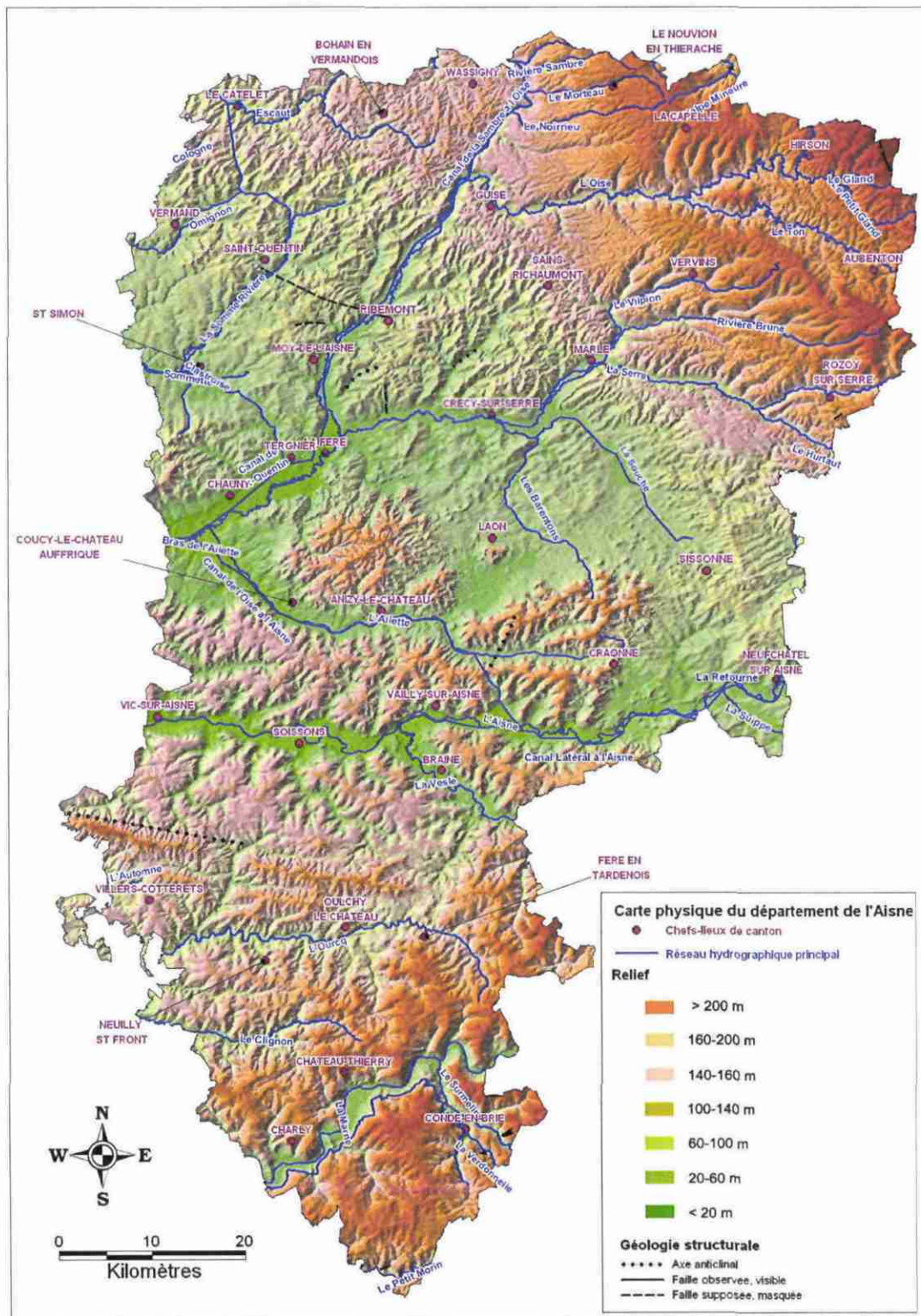
b) *Régions naturelles*

Sept régions naturelles se distinguent du Sud au Nord : Brie, Orxois, Tardenois, Soissonnais, Laonnois, Vermandois, Thiérache.

Au Sud du département se rencontrent les plateaux de la Brie et de l'Orxois, entaillés par la vallée de la Marne avec un encaissement de plus de 150 m. Sur les coteaux bien exposés au Sud se cultive la vigne pour la production de Champagne.

Le Tardenois et le Soissonnais sont formés du même type de reliefs mais avec des dénivellations moindres. Dans le Soissonnais, la vallée de l'Aisne est encaissée de 100 m environ, et les plateaux calcaires recouverts de limons y sont plus vastes. Ils accueillent des cultures intensives (betteraves, pommes de terre, blé), opposant un contraste avec les versants boisés des vallées larges et profondes.

Illustration 1 : carte physique du département de l'Aisne



Dans le Laonnois, le relief de cuesta marque le début d'une vaste cuvette crayeuse vers le Nord, jusqu'au-delà du Vermandois en direction du Nord, mais qui s'étend également dans la Somme vers l'Ouest et en Champagne vers l'Est. Des buttes tertiaires (forêt de Saint-Gobain, ville de Laon) témoignent du recul des plateaux tertiaires du bassin parisien.

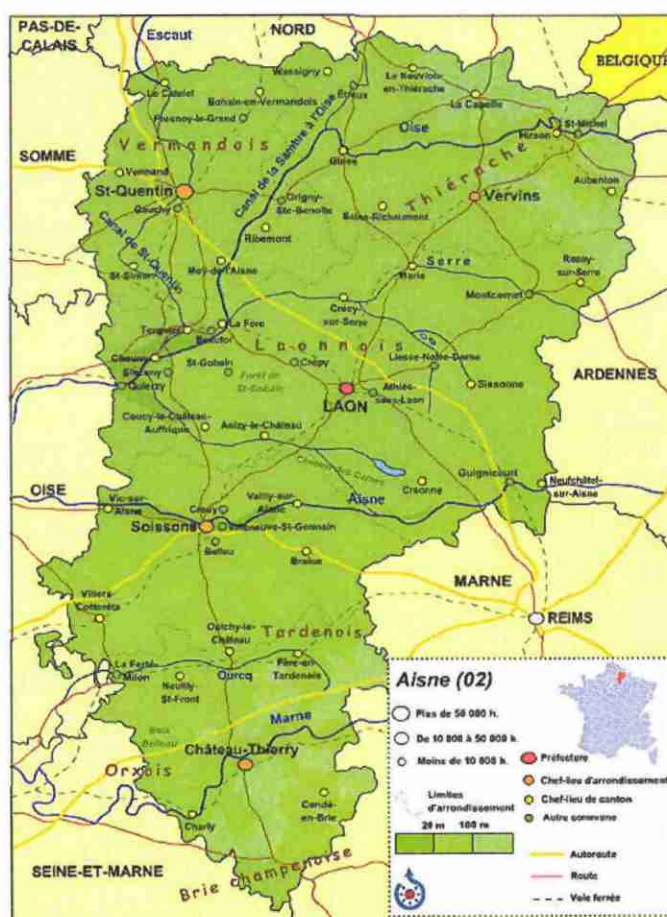


Illustration 2 : carte des régions naturelles de l'Aisne (source : Préfecture de l'Aisne)

Le Vermandois est représenté par une plaine crayeuse entaillée de nombreuses vallées sèches et de quelques vallées humides.

La Thiérache, en bordure des Ardennes, est caractérisée par un relief plus élevé que le reste du département, proche de 300 m, à l'Est d'Hirson (glacis de raccordement).

1.1.2. Climatologie

L'Aisne dispose d'un climat tempéré avec une influence océanique.

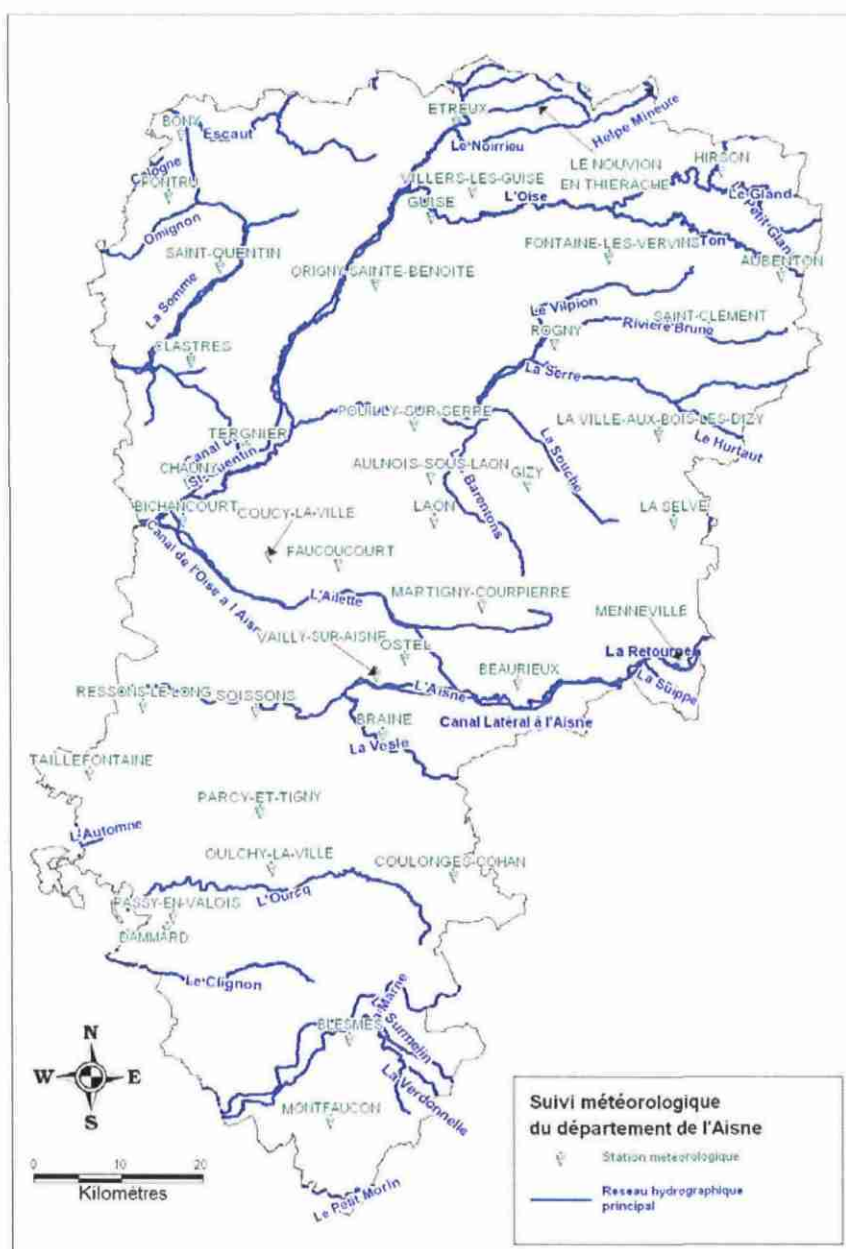


Illustration 3 : carte de localisation des stations météorologiques du département

a) Températures

Les données de l'Association Météorologique de l'Aisne indiquent que le mois de l'année le plus froid est janvier, avec pour température moyenne 2,5°C sur les 55 dernières années, et les plus chauds sont juillet et août avec une moyenne de 17°C. La température moyenne annuelle est voisine de 11°C sur la majeure partie du département. Sur les plateaux de la Thiérache et dans les Ardennes, les températures sont moins élevées qu'ailleurs en été. Mais l'hiver y est plus clément, comme dans les grandes vallées.

L'amplitude thermique entre les mois les plus chauds (juillet-août) et le plus froid (janvier) est d'environ 15°C.

b) Pluviométrie

Le département de l'Aisne est modérément et régulièrement arrosé. Il y a une faible variation saisonnière des précipitations, ce qui est une caractéristique du climat océanique : le mois d'avril, avec environ 45 mm, est le moins pluvieux, tandis que le mois de novembre a la pluviométrie la plus élevée (un peu plus de 60 mm).

Les cumuls annuels de précipitations permettent de découper le département en trois zones distinctes :

- En Thiérache, région influencée par le relief des Ardennes naissantes, la pluviométrie est maximale avec en moyenne 900 mm par an ;
- Dans le centre du département, la moyenne annuelle est de 700 mm, à l'exception de la vallée de l'Ailette et du plateau entre la vallée de l'Aisne et la vallée de l'Automne, plus arrosés ;
- Dans le Sud du département elle se situe entre 750 et 800 mm.

Les minimales (650 mm par an) sont observables dans les plaines crayeuses et dans les vallées de l'Aisne et de la Marne, dans le Valois et la Champagne². A Saint-Quentin, station météorologique de référence, la moyenne annuelle est de 700 mm. Sur les 4 dernières années (2004 à 2007), on constate une augmentation de la pluviométrie dans tout le département. Mais l'augmentation est la plus flagrante à Saint-Quentin puisque les précipitations y ont augmenté de 36,6% entre 2004 et 2007 pour atteindre 823 mm, valeur supérieure à la moyenne.

² Association météorologique de l'Aisne, 2008

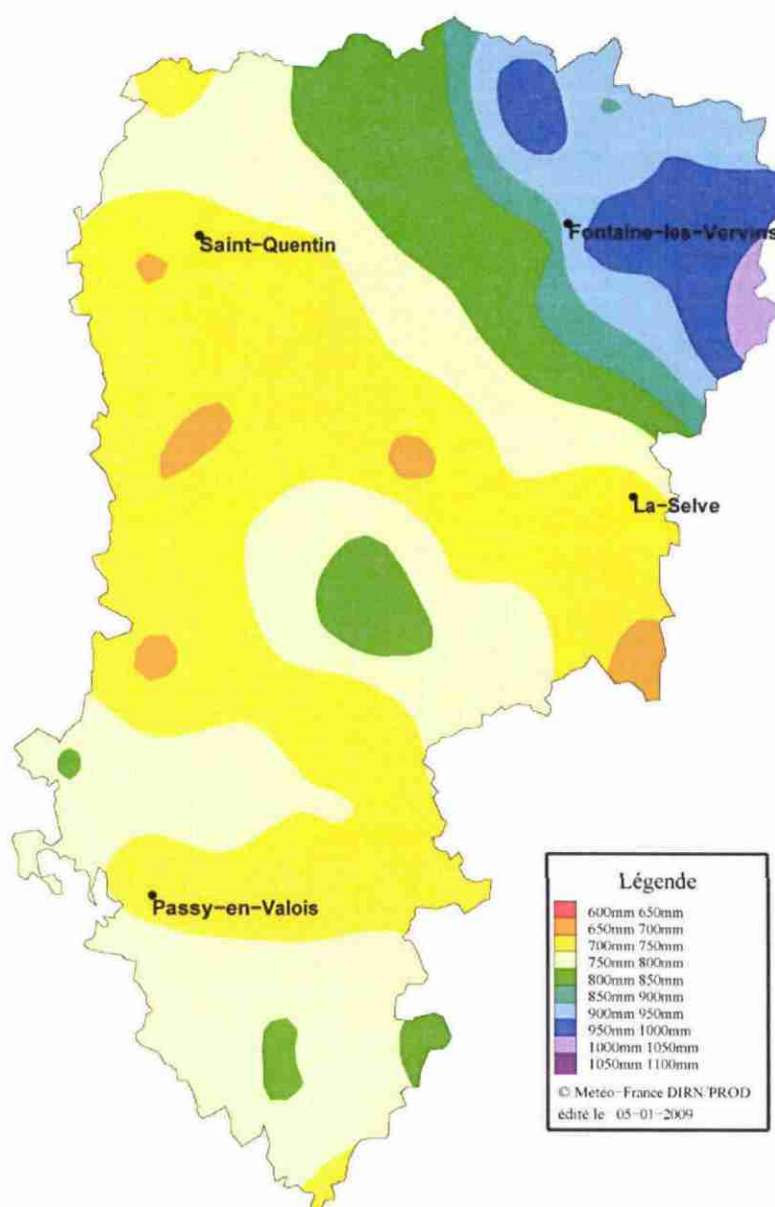


Illustration 4 : moyennes des précipitations annuelles dans l'Aisne (1991-2000) (© Météo-France)

Les communes qui figurent sur l'illustration ci-dessus sont celles pour lesquelles des données météorologiques ont été utilisées pour le calcul des bilans hydrologiques du § 3.2.

2004 et 2005 sont deux années où les pluies efficaces se sont avérées très faibles, en particulier en période hivernale (période où la recharge des nappes est habituellement maximale). Il faut attendre 2007 pour retrouver un fonctionnement hydrologique habituel, avec des pluies efficaces de novembre à mars. Les conséquences de ces

pluies efficaces se répercutent sur les variations piézométriques : on observe en effet depuis 2007 des niveaux de nappes proches des moyennes saisonnières, supérieurs à ce qu'ils ont été depuis 2003.

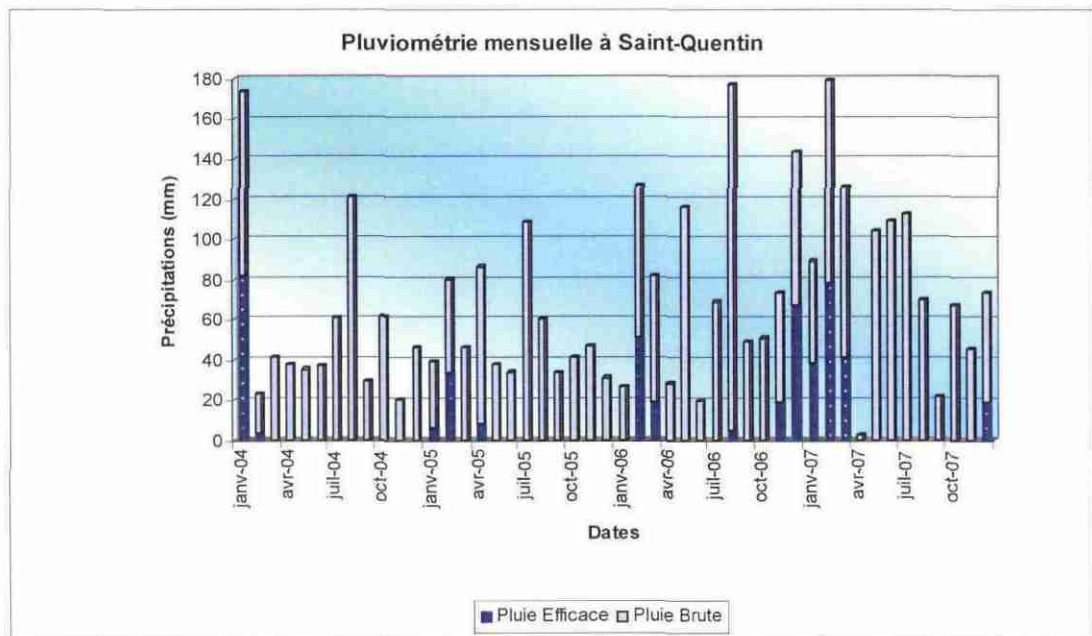


Illustration 5 : comparaison des pluies brutes et des pluies efficaces mensuelles à St-Quentin entre 2004 et 2007.

c) Evapotranspiration

Seules deux stations mesurent l'évapotranspiration (ETP), celles de Saint-Quentin / Roupy et de Braine.

Pour le calcul de l'ETP, Météo France utilise la méthode de Penman. Elle est fondée sur une modélisation physique et utilise les variables météorologiques telles que la température, la durée d'insolation effective, la vitesse du vent, l'humidité relative, l'albedo, et dépend également de la formation végétale et de son niveau de développement. Ainsi, l'ETP est de 459,4 mm à Saint-Quentin pour la période estivale (mai à août), contre seulement 70,5 mm pour la période qui s'étend de la dernière décade de décembre à la fin mars³.

³ Source : Météo France

Dans l'Aisne les précipitations ne permettent pas de différencier les saisons. Ce sont plutôt les variations de températures, de vent et la durée des précipitations qui marquent ces changements.

1.2. GEOLOGIE

1.2.1. Construction du modèle géologique

a) Modèle géologique – données de base et paramètres

Le modèle géologique est issu d'un calcul par interpolation à partir des données factuelles existant sur la zone à modéliser. Il est fourni sous forme de grilles régulières au pas de 100 m dont chaque maille contient la valeur de l'altitude de l'interface modélisée (isohypse) ou l'épaisseur (isopaque) de la couche considérée.

Pour constituer ce modèle géologique, les données suivantes ont été sélectionnées :

- Le modèle numérique de terrain au pas de 50 m d'origine IGN
- 3 033 forages issus de la base de données des forages validés
- Une carte géologique spécifique qui a été élaborée (Illustration 6) à partir des cartes harmonisées départementales et des cartes au 1:50 000 en regroupant et synthétisant les polygones en fonction du découpage stratigraphique choisi pour l'étude. A partir de ces polygones, on a pu extraire les contacts géologiques et leur altitude par intersection avec le modèle numérique de terrain (MNT). Cette carte d'affleurements constitue un jeu de données complémentaire des forages.

Les surfaces qui sont modélisées sont symbolisées par une colonne stratigraphique (Tableau 1) qui précise aussi les relations existant entre les couches (simple superposition des couches dans la plupart des cas, ou relation de type « Erod » si la couche supérieure érode la ou les couches inférieures).

FORMATIONS	TYPE DE SURFACE	DESCRIPTION
ALLU	EROD	Alluvions
QUAT		Limons
FONT	EROD	Sables et grès de Fontainebleau
BRIE	EROD	Calcaires et meulière de Brie
LUDI		Calcaires de Champigny
BART		Bartonien - Sables de l'Auversien et calcaires de St-Ouen
LUTE		Calcaires du Lutétien
YPRE		Yprésien
THAN		Thanétien
CSUP	EROD	Craie du Crétacé supérieur
CINF		Crétacé inférieur
JURA		Jurassique
SUBS	EROD	Socle

Tableau 1 : pile stratigraphique utilisée pour le calcul du modèle

Les interfaces à calculer sont les suivantes : toit et mur du Bartonien, du Lutétien, de l'Yprésien, du Thanétien, du Crétacé supérieur, du Crétacé inférieur et du Jurassique. Nous y avons ajouté les formations supérieures, surtout les alluvions et le quaternaire hors alluvions pour obtenir un modèle présentant un maximum de cohérence.

Carte géologique du département de l'Aisne

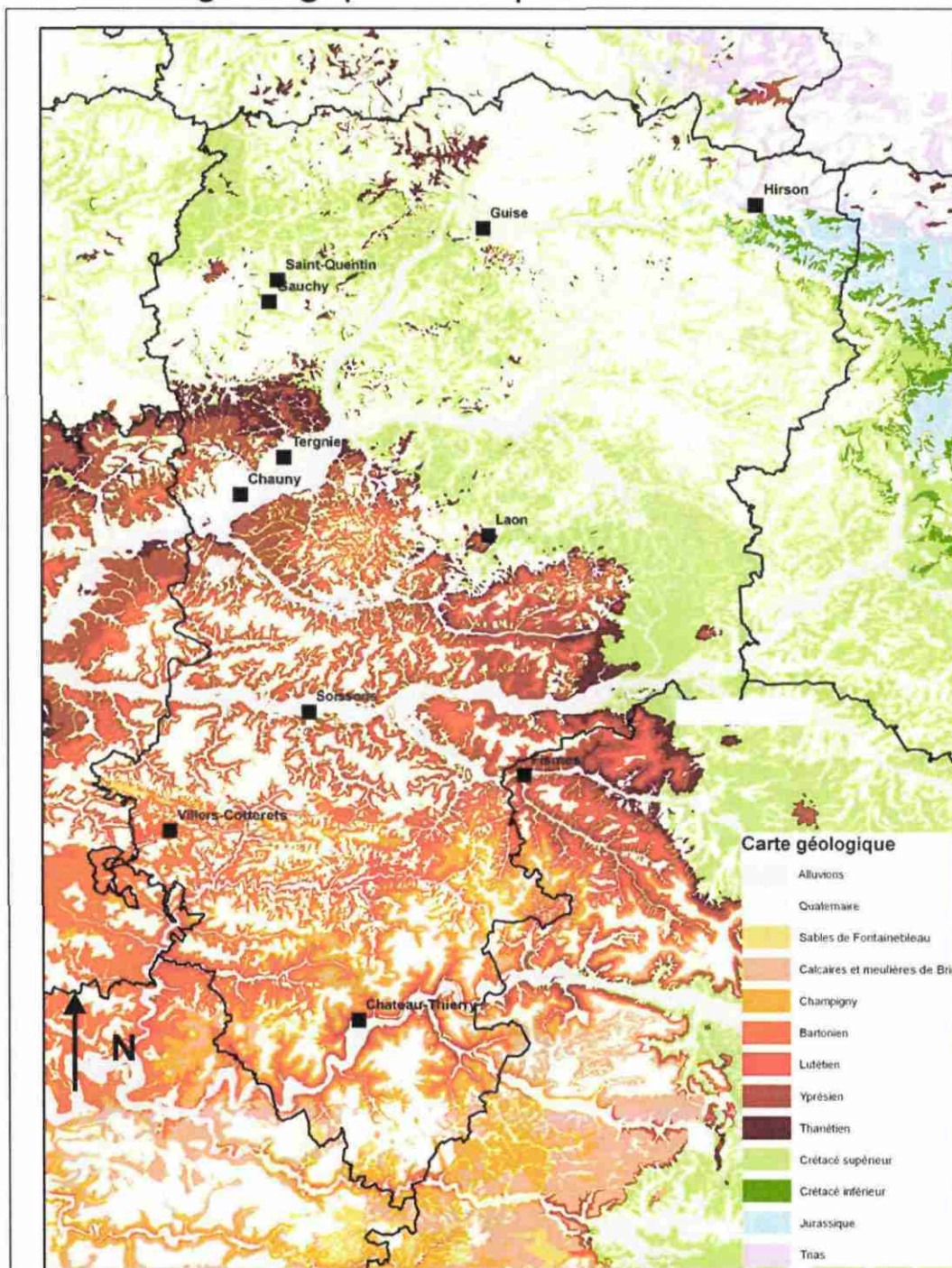


Illustration 6 : carte géologique synthétique adaptée au modèle du département de l'Aisne

Les calculs du modèle ont été réalisés avec l'aide de GDM (calcul d'interpolation) et Multilayer (contrôle de données, gestions des inégalités et élaboration de modèle multicouche), 2 outils logiciels du BRGM avec les paramètres de calcul suivants :

- Maille finale : 100 m
- Voisinage rectangulaire de 40 000 m (imposé par la faible densité de forages atteignant le Jurassique)
- Seuil de fusion de 50 m
- Méthode d'interpolation : krigeage linéaire sans dérive.

b) Réalisation du modèle

La création de grilles modèle fiables suppose d'avoir une forte densité d'informations de bonne qualité et, si possible, recoupant l'ensemble des formations à décrire. Il apparaît que les sondages disponibles fournissent une bonne densité d'information pour les formations tertiaires, jusqu'au toit de la craie (Toit du Crétacé supérieur). Pour ces formations, Multilayer permet de contrôler et de mettre en cohérence les données et aussi de gérer les inégalités, c'est-à-dire d'indiquer les forages s'arrêtant dans une formation afin de pouvoir apporter les corrections nécessaires pour forcer l'interpolation à passer au mur probable de cette formation.

Ces calculs de mise en cohérence géométrique forment un processus itératif assez long mais permettent d'obtenir un modèle cohérent.

Pour les formations situées en dessous, la densité est nettement plus faible jusqu'à devenir insuffisante pour le Jurassique (Illustration 7). Cette faible densité n'empêchera pas le calcul si on prend une grande distance de rayon d'interpolation mais elle génère de nombreux artefacts qui entachent la fiabilité du résultat.

Pour ce cas, nous avons généré une grille intermédiaire à large maille qui nous a servi de base pour « créer » des points additionnels qui ont ensuite été ajoutés au semis de points issus des forages et de la carte géologique pour être interpolés ensuite à la maille finale de 100 m.

Le modèle des couches tertiaires présente donc une meilleure définition que celui des couches du substratum mésozoïque.

Quelques grilles issues de ce modèle sont présentées en annexe 1 à 4.

Ce modèle permet aussi de tracer automatiquement (dans GDM) toutes les coupes que l'on souhaite (Illustration 9, Illustration 10, Illustration 11, Illustration 12).

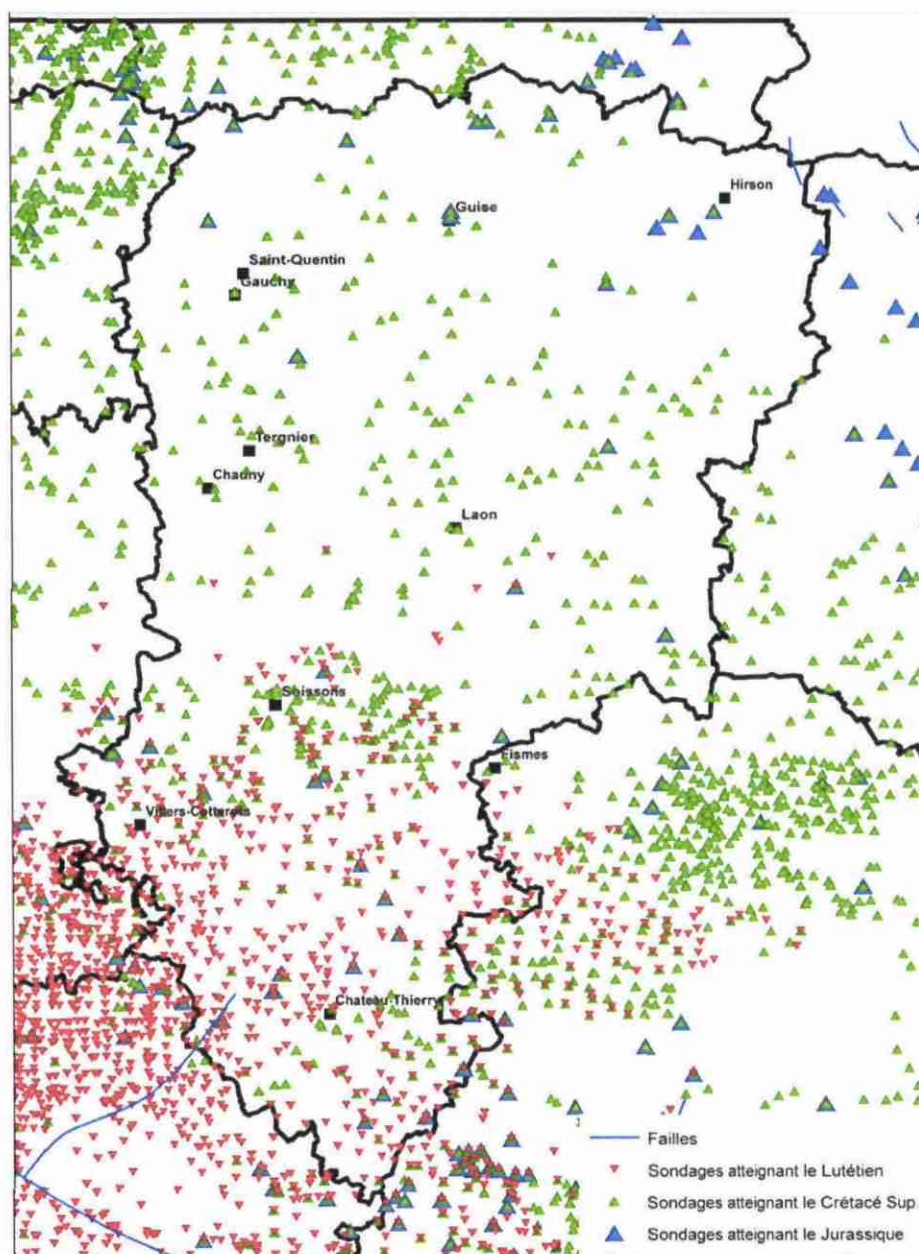


Illustration 7 : position des forages atteignant le toit du Lutétien et/ou du Crétacé supérieur et/ou du Jurassique.

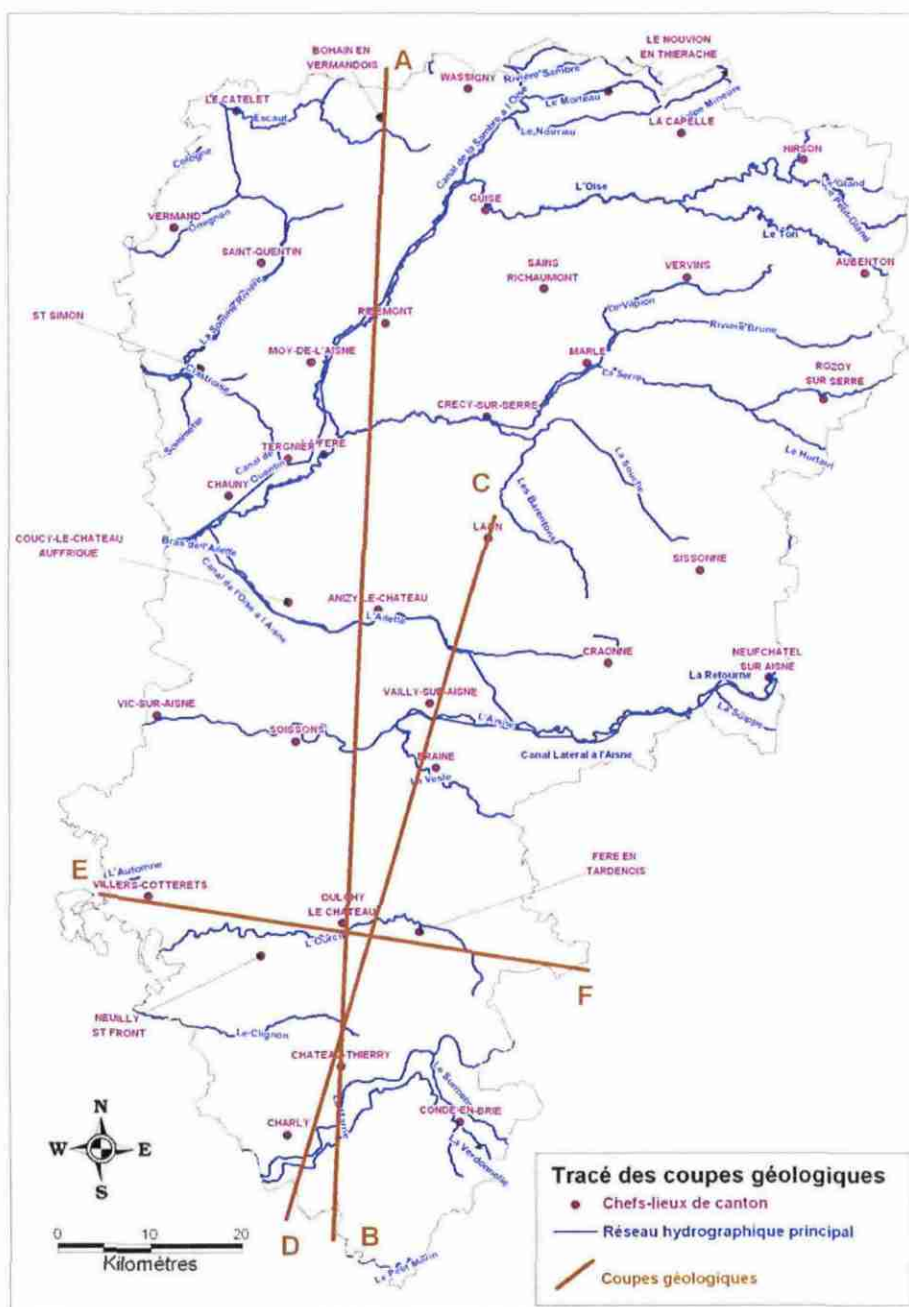


Illustration 8 : localisation des tracés des coupes géologiques

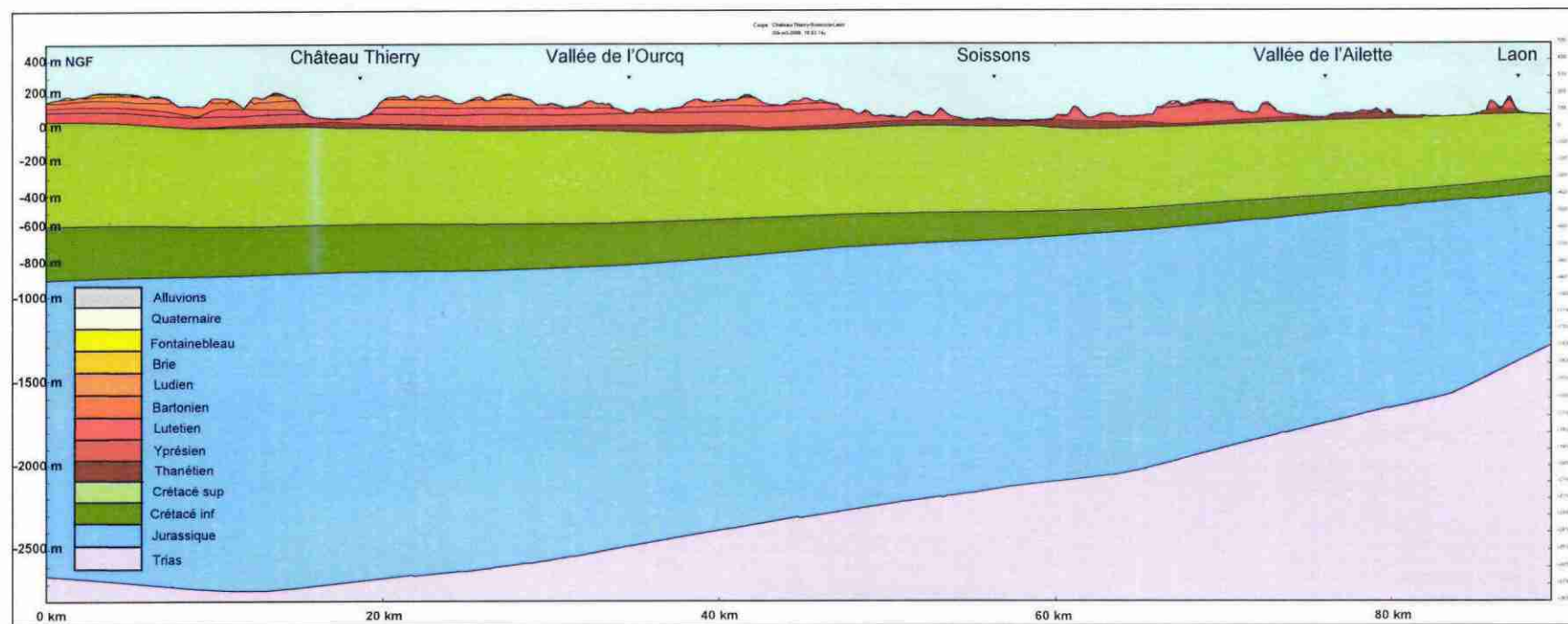


Illustration 9 : coupe géologique C-D

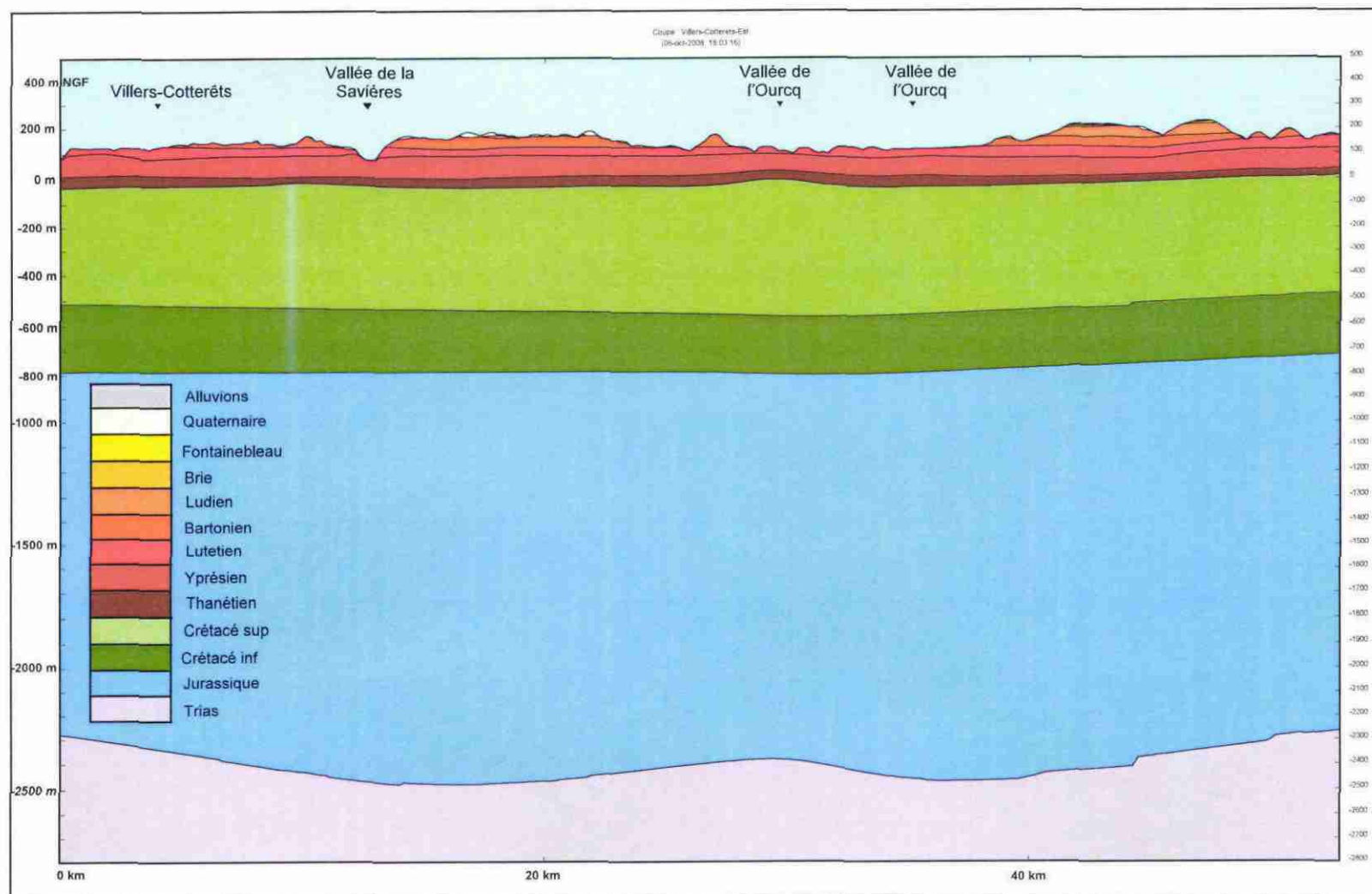


Illustration 10 : coupe géologique E-F

1.2.2. Lithostratigraphie de l'Aisne

La coupe A-B illustre la succession des différentes formations (Primaire à Tertiaire) ainsi que l'augmentation de leur puissance vers le Sud du département (Illustration 11).

a) Substratum

Les formations primaires du substratum n'affleurent que dans l'extrême Nord-Est, à la naissance des Ardennes. Il s'agit de terrains schisto-gréseux du Cambrien et du Dévonien, d'une épaisseur de plusieurs centaines de mètres, très tectonisés, formant des plis d'axe Est-Ouest.

En allant vers le Sud, le socle s'ennoie progressivement sous les couches du Secondaire jusqu'à plusieurs milliers de mètres dans l'extrême Sud.

b) Jurassique

Le Jurassique inférieur (Lias) qui n'affleure qu'au Nord-Est du département, est représenté par des bancs de calcaires souvent disposés au sein des argiles. La puissance du Lias va de moins de 100 m au Nord à plus de 600 m près de Château-Thierry.

Le Jurassique moyen (Dogger) est représenté par des calcaires cristallins argilo-gréseux du Bajocien épais de 100 à 150 m ainsi que par des calcaires oolithiques blancs du Bathonien, épais de 50 m au Nord à 200 m au Sud. L'ensemble affleure au Nord-Est dans la région d'Hirson.

c) Crétacé inférieur

Le Crétacé inférieur à moyen est représenté par des marnes argileuses et des grès calcaires du Néocomien avec des argiles et des sables à la base.

L'Albien est représenté par des « sables verts » : ce sont des sables quartzeux, glauconieux, parfois argileux. L'ensemble va de quelques mètres dans le Nord à 100 m dans le Sud.

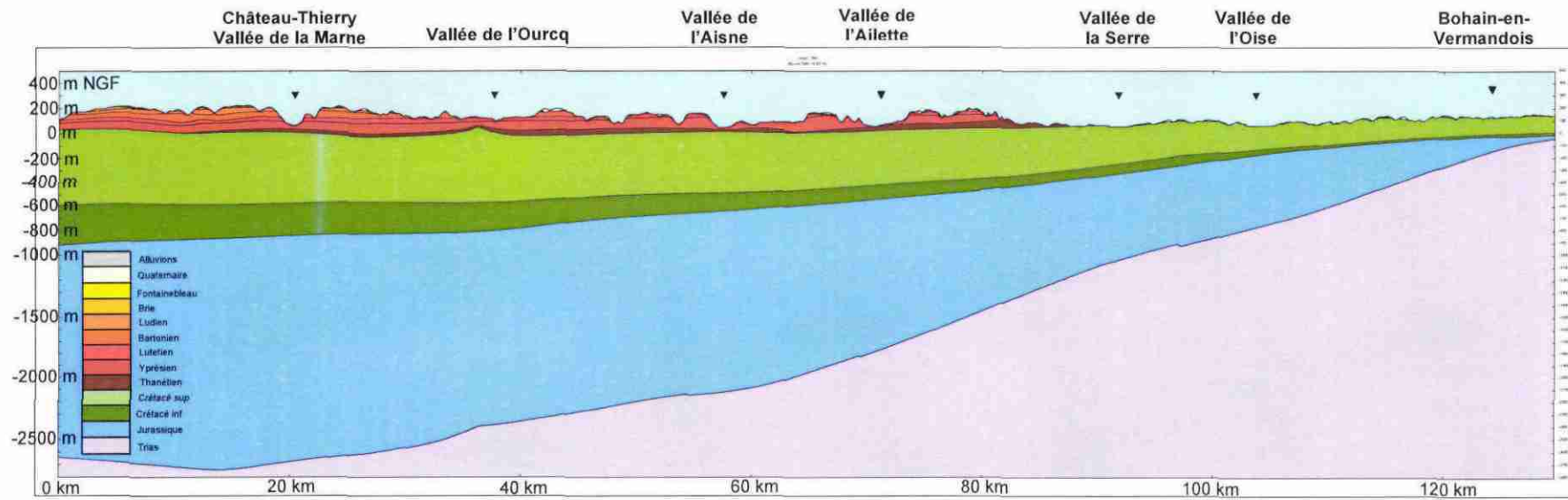


Illustration 11 : coupe géologique A-B

d) Crétacé supérieur

Il comprend le Cénomaniens qui atteint quelques dizaines de mètres. Son assise est constituée de marnes fortement calcaires ou d'argiles glauconieuses, que surmonte un calcaire gris-blanc, d'aspect crayeux.

Le Turonien inférieur est formé d'argiles vertes ou bleues appelées « Dièves ». Bien représentées dans le Nord de l'Aisne, celles-ci font place à des craies marneuses dans le Sud. Dans sa moitié supérieure le Turonien est plutôt représenté par la craie blanche à silex. Il va de quelques dizaines de mètres dans le Nord à plus de 100 m dans le Sud du département.

Le Sénonien, étage le mieux connu et le plus accessible, représente 90% des affleurements de craie du département. Il est formé de craie blanche pauvre en silex, dépôt sédimentaire marin constitué d'organismes carbonatés appelés « Coccolithes ». Elle est puissante de plusieurs dizaines de mètres et s'épaissit vers le Sud pour atteindre rapidement plus de 300 m. L'épaisseur maximale de la craie est de 581 m près de Château-Thierry au Sud.

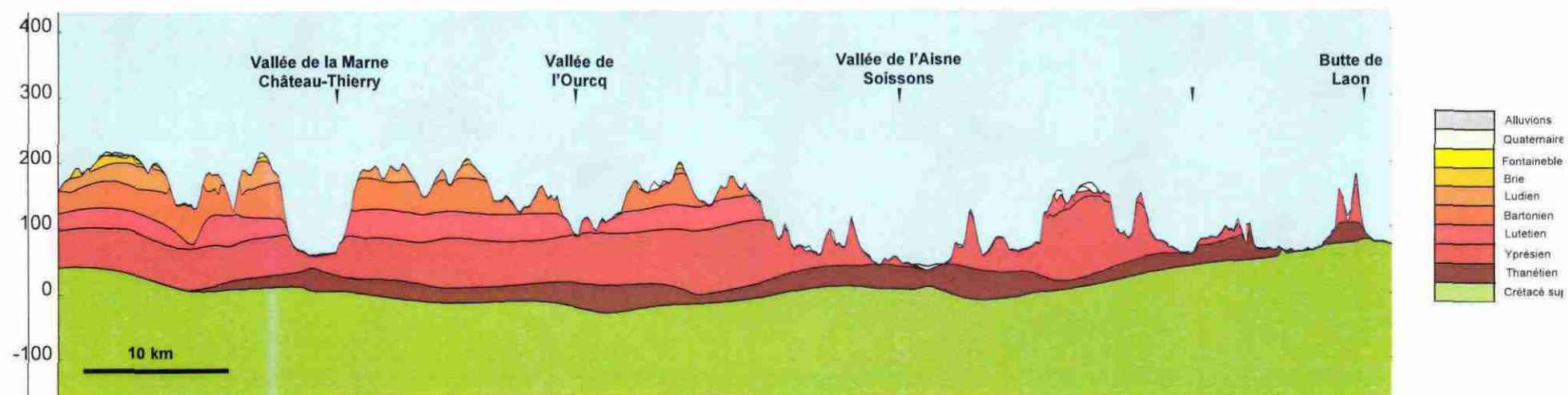


Illustration 12 : coupe géologique C-D : série tertiaire

e) Série tertiaire

La coupe géologique de l'illustration 12 est issue du modèle géologique de l'Aisne.

Le Tertiaire occupe la moitié Sud du département. La série tertiaire débute dans le département de l'Aisne par le Thanétien avec les Sables de Bracheux. Sur le plateau crayeux ces sables subsistent encore sous forme de placages ou de petites buttes-témoins très localisées.

Au-dessus s'étendent les dépôts de sédimentation lagunaire du Sparnacien (Yprésien inférieur), d'environ 20 m d'épaisseur, composés d'argiles plastiques avec des intercalations sableuses et ligniteuses, localement incrustées de galets de silex.

Ces argiles sont surmontées par les « sables de Cuise » (Yprésien supérieur) épais de 30 à 60 m. C'est une série de sables argileux, très glauconieux, verts, jaune verdâtre à bancs gréseux et lits d'argiles (l'argile de Laon) intercalés vers le sommet. Ils s'étendent sur l'ensemble de la zone Tertiaire et constituent les versants de beaucoup de vallées, notamment celles du Soissonnais.

Le Lutétien est séparé du Cuisien (Yprésien supérieur) par 1 à 2 m d'argile (l'argile de Laon). Il est composé de calcaire grossier de 30 m à la base, qui deviennent marneux vers le sommet (10 à 15 m).

Au-dessus se trouvent les sables de Beauchamp (Bartonien inférieur), sables quartzeux, gris-blanc à jaunâtres du Bartonien que surmontent les calcaires de Saint-Ouen (Bartonien moyen) puis la série marno-calcaire gypseuse du Bartonien supérieur (épais d'une vingtaine de mètres). Dans le Sud, en rive gauche de la Marne la série de gypse prend un faciès calcaire et siliceux : le « calcaire de Champigny » du Ludien qui peut atteindre une épaisseur de 40 m.

Le Tertiaire se poursuit par quelques dépôts oligocènes, représentés par le Sannoisien (marnes vertes, calcaires de Brie sur une vingtaine de mètres) et le Stampien (marnes à huitres et sables de Fontainebleau (près de 50 m au total). Ces deux horizons constituent le Rupélien.

f) Quaternaire

Le Quaternaire comble la plupart des vallées par des dépôts alluvionnaires grossiers d'origine continentale, éolienne ou fluvatile. L'épaisseur des limons loessique ou sableux des plateaux et des vallées sèches varie du décimètre à plusieurs mètres.

Les alluvions des vallées humides se divisent en deux formations de stratigraphie irrégulière :

- Les alluvions anciennes sont constituées de sables grossiers, graviers, silex, grès et meuliers. Très développées dans les vallées de la Marne, de l'Aisne, du Surmelin et de la Vesle, leur épaisseur peut atteindre 2 à 6 mètres. Elles

constituent parfois des terrasses jusque 15 mètres de haut sur les buttes bartoniennes.

- Les alluvions modernes sont des limons fins, argilo-sableux très calcarifères d'épaisseur comparable aux précédentes. Elles sont développées dans les grandes vallées telles que celles de la Marne, l'Aisne, le Surmelin et le Clignon et moins développées en haute vallée. Localement on y trouve des dépôts tourbeux lorsque la pente de la rivière est faible et qu'il y a un étranglement.

1.2.3. Aperçu structural

Les terrains crayeux suivent un pendage général faible vers le Sud-Ouest lié au phénomène de subsidence du bassin sédimentaire. Cette continuité de la craie est interrompue par les contreforts du massif Ardennais qui fait remonter à la surface des formations géologiques plus anciennes dans le Nord-Est (Primaire et Jurassique).

Au Sud, le plateau Tertiaire est modelé par dissection de cuestas et de buttes-témoins. Il a une structure sub-tabulaire. La tectonique superficielle est peu marquée, mais on remarque tout de même l'alignement de quelques avant-buttes thanétiennes dans la direction Sud-Ouest-Nord-Est et perpendiculaires aux principaux axes du Bassin de Paris.

A l'extrême Sud, les formations sableuses et marneuses forment un pays vallonné qui marque une transition entre les plateaux monotones du Soissonnais et de Brie. On y trouve des mosaïques de dômes et de cuvettes d'orientation générale Sud Ouest-Nord Est avec un pendage fort.

Les principales failles et les axes majeurs de plissements apparaissent sur l'illustration 1.

2. Ressources en eau

2.1. EAUX SUPERFICIELLES

2.1.1. Hydrographie

L'hydrosystème s'organise suivant deux types d'espaces : d'une part les surfaces du bassin versant qui reçoivent et redistribuent l'apport des précipitations ; d'autre part les rivières qui acheminent les eaux dans un système linéaire. Naturellement, ces deux ensembles sont connectés par la circulation de l'eau.

Les cours d'eau de l'Aisne (rivières de plaine) se caractérisent par la faible pente de leurs lits. L'altitude de leurs sources est rarement supérieure à 100 m par rapport au niveau de la mer. Cela a pour conséquence des lits sinueux avec de nombreux méandres, le dédoublement du lit en plusieurs bras, la formation d'étangs ainsi que des lits bordés de zones marécageuses.

Le département est traversé par trois bassins hydrographiques, celui de la Seine, de la Somme et de l'Escaut. Celui de la Seine est le plus important et se compose de trois sous-bassins : l'Oise, l'Aisne et la Marne. Le bassin de la Somme occupe presque tout le Vermandois à l'exception de sa bordure septentrionale qui appartient au bassin de l'Escaut.

a) Bassin de la Seine

Sous-bassin de la Marne : affluent de la Seine (rive droite), située dans l'extrême Sud, la Marne traverse d'Est en Ouest le département sur 40 km. Elle prend sa source sur le plateau de Langres en Haute-Marne, poursuit son cours dans la Marne, et pénètre dans le département de l'Aisne au Sud de Fère-en-Tardenois. Dans le département de l'Aisne, la vallée de la Marne devient plus étroite (500 m à 1 km). Elle présente une faible sinuosité et le lit majeur est en général de forme régulière. De manière générale, les érosions de berges sont peu intenses.

En rive gauche, la Marne reçoit principalement le Surmelin, et en rive droite, la rivière Ourcq.

La Marne se jette dans la Seine à Charenton-le-Pont (Val-de-Marne)

Sous-bassin de l'Oise : Affluent de la Seine (rive droite), l'Oise constitue l'unité hydrologique la plus importante du département de l'Aisne. Elle prend sa source en Belgique, à 30 km de la frontière française. L'Oise a une longueur de 330 km depuis la frontière dont 230 km en amont de la confluence avec l'Aisne.

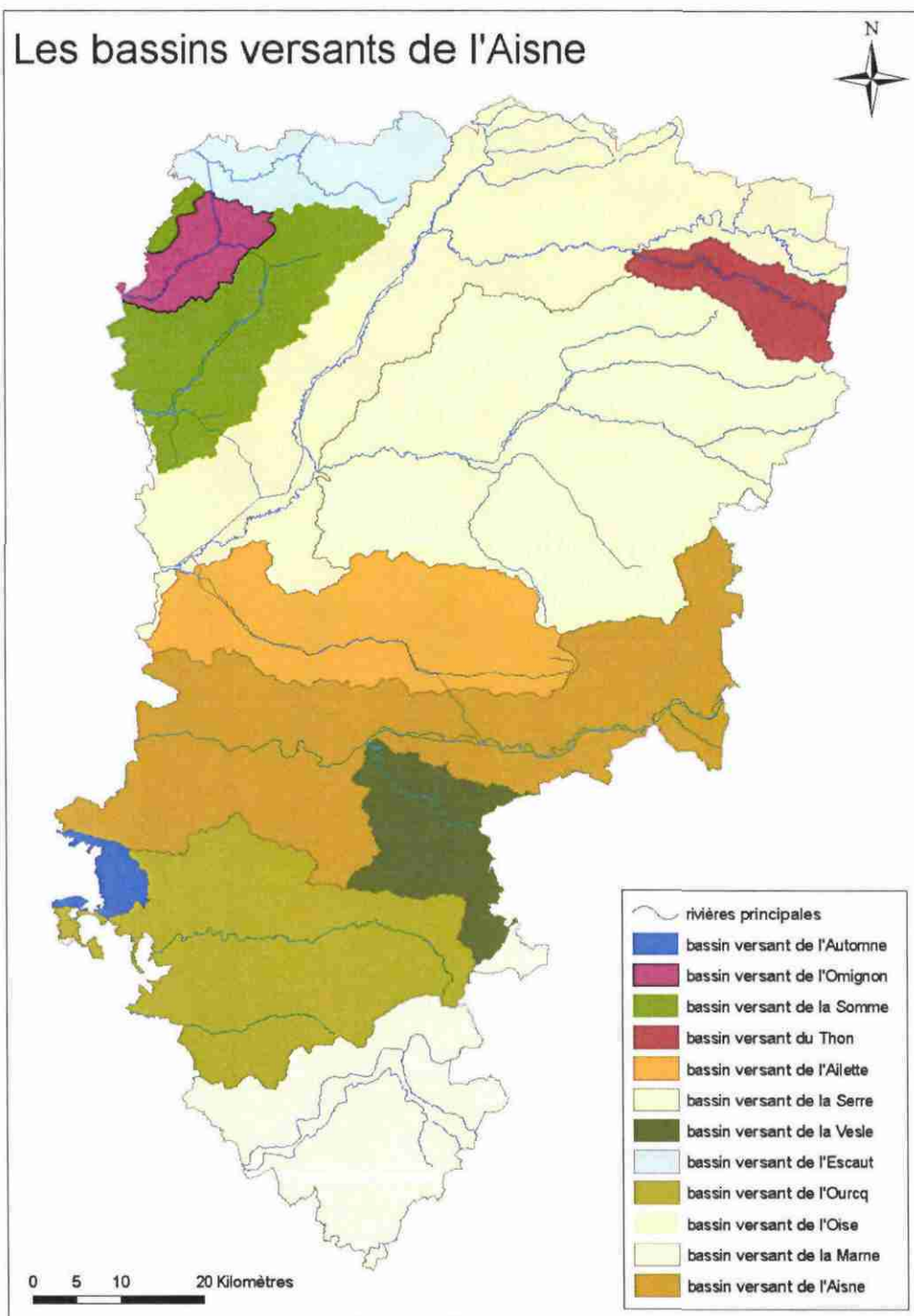


Illustration 13 : carte des bassins versants hydrographiques du département de l'Aisne

L'Oise draine un bassin de 16 970 km² répartis essentiellement sur 4 régions (Lorraine, Champagne-Ardenne, Picardie et Ile de France) et 6 départements (Meuse, Marne, Ardennes, Aisne, Oise, et Val d'Oise). Le cours de sa partie amont est très sinueux, et elle ne reçoit des affluents qu'en rive gauche : la Serre, le Thon, ou encore l'Ailette et l'Aisne en aval (le seul affluent significatif de l'Oise en rive droite est le Thérain, dans le département de l'Oise).

L'Oise quitte le département de l'Aisne à Quierzy pour rentrer dans le département qui lui doit son nom. La différence des apports des affluents entre l'amont et l'aval du bassin est particulièrement flagrante si on compare l'apport de la Cousance, petit affluent de l'Aire situé à l'amont du bassin (dans la Meuse) et celui du Thérain situé à l'aval du bassin (dans l'Oise) : le débit maximum observé de la Cousance à Aubreville est de 46 m³.s⁻¹ pour une superficie de 166 km² alors qu'il n'est que de 41 m³.s⁻¹ sur le Thérain à Maysel pour une superficie de 1200 km².

Sous-bassin de l'Aisne : affluent de l'Oise, elle prend sa source à Sommaisne dans le département de la Meuse pour finalement se jeter dans l'Oise à Compiègne (Oise). Elle traverse le département d'Est en Ouest sur 100 km.

L'Aisne présente la particularité d'apporter un débit plus important que l'Oise lors des crues concomitantes (près du double). La prédominance de l'apport de l'Aisne s'explique par une plus grande superficie de terrain imperméable sur la haute vallée de l'Aisne (environ 3 000 km² en Argonne) que sur la haute vallée de l'Oise (environ 1 000 km² en Ardennes et Thiérache). L'Aisne reçoit elle-même un affluent, l'Aire dont le débit en crue est également supérieur à la rivière principale.

Les deux principaux affluents de l'Aisne dans le département sont en rive gauche, La Vesle et La Crise.

Il convient de noter que le linéaire total de l'Aire puis de l'Aisne depuis la source de l'Aire jusqu'à la confluence avec l'Oise est de 360 km soit 107 km de plus que pour la Rivière Oise depuis sa source en Belgique jusqu'à la confluence avec l'Aisne.

b) Bassin de la Somme

La Somme prend sa source à Fonsommes dans le Nord-Ouest du département et le traverse sur 40 km avant de rentrer dans le département qui porte son nom après le village de Pithon. Elle est caractérisée par un débit régulier, des eaux lentes et une vallée qui est ponctuée de marais, étangs, canaux, et de beaucoup de méandres.

c) Bassin de l'Escaut

L'Escaut est un fleuve qui prend sa source dans le Nord de l'Aisne à Gouy au Nord de Saint-Quentin. Après environ 7 km dans le département il rejoint le Nord à Vendhuile. Le fleuve traverse ensuite la Belgique et les Pays-Bas avant de se jeter dans la mer du Nord. Le cours d'eau est sinueux, son courant de marée et ses bancs de sables rendent difficile la navigation.

d) Canaux

Le département de l'Aisne possède un réseau bien développé de canaux qui double le réseau hydrographique lorsque les rivières ne sont pas navigables, et permet des échanges entre bassins hydrographiques.

2.1.2. Réseau d'observation

Les stations hydrométriques sont au nombre de 26 dans l'Aisne et sont suivies par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) de Picardie. Il n'existe pas actuellement de procédé économique qui permette une mesure continue du débit et son enregistrement. Les services hydrométriques ont donc recours à un enregistrement continu des hauteurs d'eau en des sites où il y a de fortes présomptions qu'il existe une relation stable entre hauteurs d'eau et débits (ce qui est vérifié ensuite).

Une station hydrométrique est composée d'une échelle limnimétrique de référence, d'un limnigraphe à flotteur ou une centrale à capteur de pression pour enregistrer en continu les hauteurs d'eau et parfois un modem de télétransmission. L'échelle limnimétrique est une installation fixe, bien souvent sur les piliers des ponts.

Dix fois par an et par station la rivière est jaugée. Sont mesurées en même temps la section mouillée de la rivière (hauteur d'eau) et la vitesse de l'eau en plusieurs points de la section. Ces mesures permettent de dresser une courbe de tarage (Illustration 14). En abscisse est reportée la hauteur d'eau et en ordonnée le débit. Une interpolation est réalisée entre deux points. Les mesures de crues sont importantes car elles permettent de fixer les extrêmes. La lecture d'une courbe de tarage nous renseigne sur les correspondances hauteur/débit.

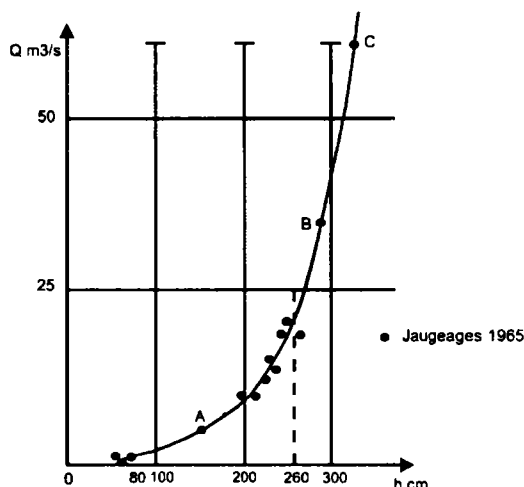


Illustration 14 : exemple de courbe de tarage (IRD, 1966)

Cinq stations servent d'annonce de crue et sont installées sur l'Oise, l'Aisne, la Serre et le Thon.

Dans le département, la majorité des rivières drainent les nappes phréatiques. En période sèche, leur débit est donc significatif de l'état de la réserve dans le sous-sol.

2.1.3. Régimes et caractéristiques des cours d'eau de l'Aisne

a) Cours d'eau du plateau crayeux

La caractéristique principale du fonctionnement hydrologique des cours d'eau entaillant le plateau crayeux (Somme, Serre aval) est le rôle prépondérant joué par la nappe. Les précipitations efficaces atteignent la craie par infiltration à travers les fissures, en fonction de l'état hydrique antérieur du sol. En période d'étiages comme en période de hautes eaux, la nappe phréatique est drainée par la Somme et ses affluents, et les alimente en permanence. L'alimentation en basses eaux de la rivière est d'autant plus significative que le niveau de la rivière est bas par rapport à celui des nappes. On observe habituellement les maxima de débit en mars et avril. La période de vidange, à l'issue de laquelle on observe les minima de débit de la nappe, se situe de mai à octobre. Cependant, ce fonctionnement saisonnier est lui-même modulé par un fonctionnement pluriannuel.

Il n'y a pas de station de jaugeage sur la Somme dans le département de l'Aisne. La station la plus en amont du cours d'eau est située à Ham (80). Elle indique un débit maximal instantané inférieur à $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en janvier 1994.

b) Oise amont

Le tronçon le plus en aval, situé entre la frontière Belge et la confluence avec le Thon dans le massif ardennais, coule sur des roches primaires (schistes du socle ardennais) peu perméables.

Le débit maximal observé de l'Oise à Hirson est de l'ordre de $120 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (mesuré en décembre 1993⁴). Son débit moyen mensuel sec de récurrence 5 ans (QMNA5⁵) est $0,37 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

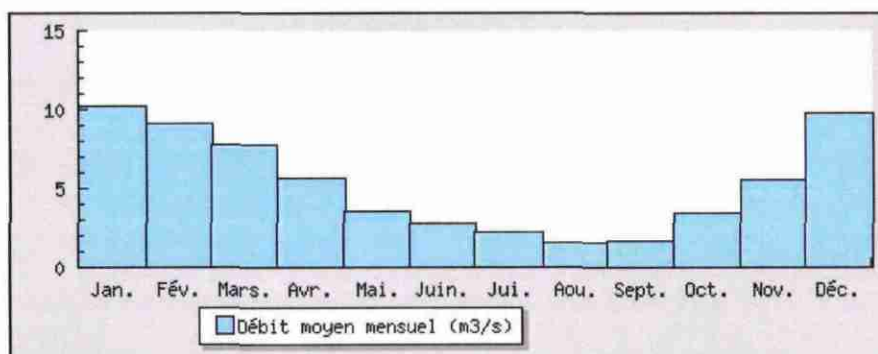


Illustration 15 : débits moyens mensuels de l'Oise à Hirson calculés sur 44 ans (MEEDDM, 2008)

Le gradient topographique du tronçon entre la confluence avec le Thon et la confluence avec la Serre est plus faible que le précédent : 0,07 % contre 0,2 %. Le lit du cours d'eau devient plus sinueux, s'élargit et se répartit en plusieurs bras.

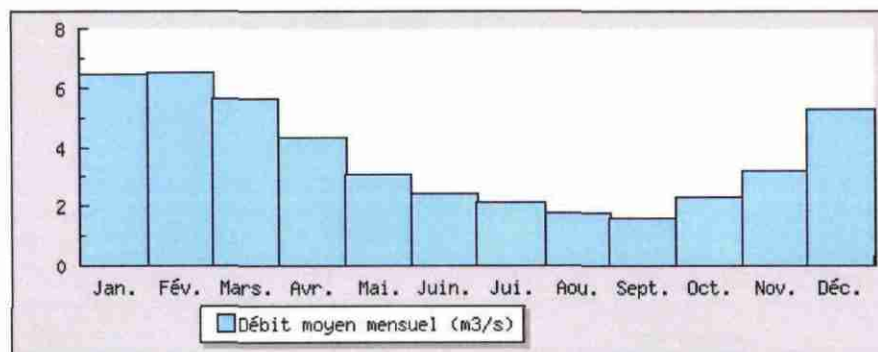


Illustration 16 : débits moyens mensuels du Thon à Origny-en-Thiérache calculés sur 42 ans (MEEDDM, 2008)

⁴ Banque HYDRO, MEEDDM (Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer), 2008

⁵ Débit minimal ayant une probabilité d'occurrence inférieure à 10 fois en 50 ans

Le débit maximal observé du Thon à Origny-en-Thiérache est de l'ordre de $50 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (mesuré en décembre 1993⁶). Son débit moyen mensuel sec de récurrence 5 ans (QMNA5) est $1 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

A Origny-Sainte-Benoite, le débit maximal de l'Oise dépasse $210 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (décembre 1993), et le QMNA5 est $1,9 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

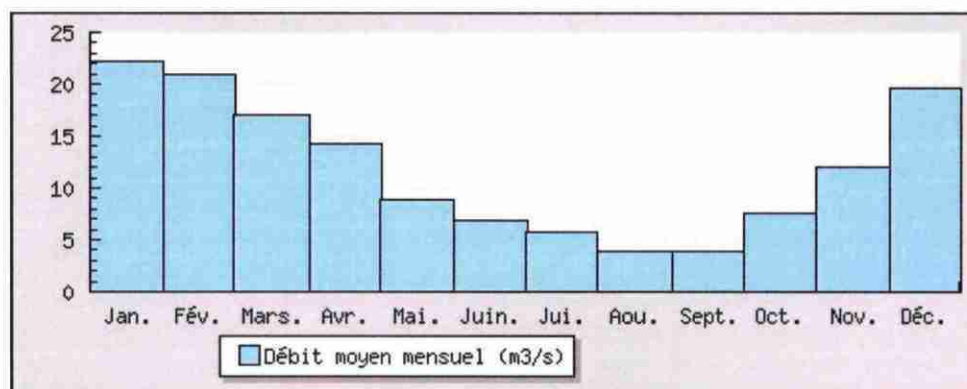


Illustration 17 : débits moyens mensuels de l'Oise à Origny-Sainte-Benoite calculés sur 48 ans (MEEDDM, 2008)

Le débit maximal enregistré à l'exutoire de la Serre (Nouvion-et-Catillon) est proche de $100 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (décembre 1993), et le QMNA5 est $4,6 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

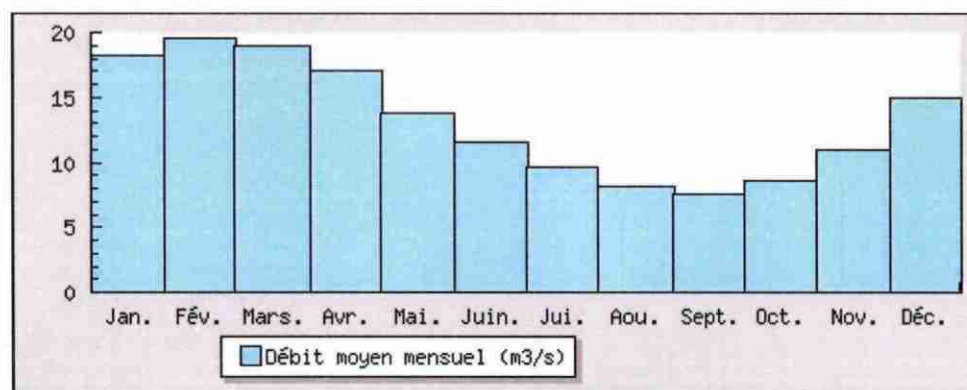


Illustration 18 : débits moyens mensuels de la Serre à Novion-et-Catillon calculés sur 60 ans (MEEDDM, 2008)

⁶ Banque HYDRO, MEEDDM, 2008

c) Oise moyenne

Il s'agit du tronçon de l'Oise entre ses confluences avec la Serre et l'Aisne. Les affluents de cette partie du linéaire hydrographique (Ailette en rive gauche, et trois rivières en rive droite situées dans le département de l'Oise : Divette, Matz et Aronde) n'apportent pas de contribution importante au débit de l'Oise.

Sur ce tronçon, l'Oise entaille des terrains tertiaires. La rivière décrit des méandres très marqués dans un large lit majeur dont la pente est de l'ordre de 0,05%.

A Condren, le débit maximal observé est de $320 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, le QMNA5 est $12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

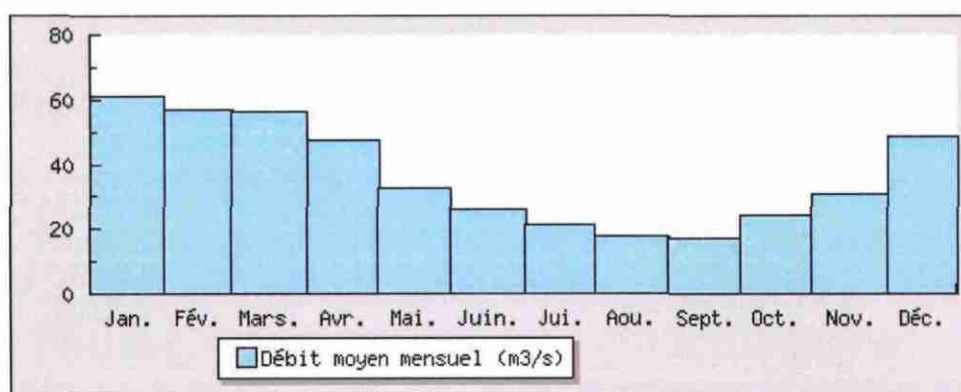


Illustration 19 : débits moyens mensuels de l'Oise à Condren calculés sur 28 ans (MEEDDM, 2008)

d) Aisne aval

Ce tronçon de l'Aisne qui traverse le département va de la confluence avec la Suippe (Condé-sur-Suippe) à la confluence avec l'Oise. La Vesle et la Crise, toutes deux en rive gauche, ne contribuent pas de manière significative au débit de l'Aisne.

La pente du lit est de l'ordre de 0,01 %. Le lit majeur n'excède pas en moyenne 700 m. En aval de Celles-sur-Aisne, la rivière est canalisée et des barrages jalonnent son cours.

A Trosly-Breuil (dans le département de l'Oise, mais très proche de l'Aisne), peu avant la confluence avec l'Oise, le débit de l'Aisne maximal journalier observé est de $450 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (décembre 1993), et le QMNA5 est $13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

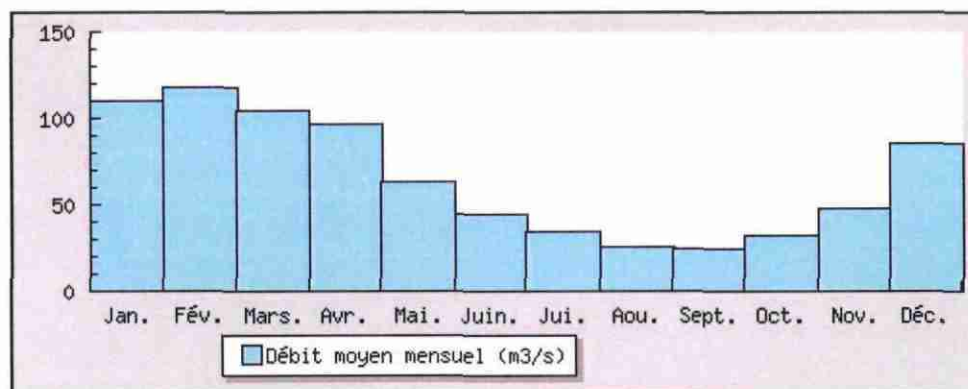


Illustration 20 : débits moyens mensuels de l'Aisne à Trosly-Breuil calculés sur 42 ans (MEEDDM, 2008)

2.2. RESSOURCES DISPONIBLES EN EAUX SOUTERRAINES

2.2.1. Caractérisation des aquifères du département de l'Aisne

L'Aisne est un département majoritairement sédimentaire constitué de couches perméables qui constituent autant de réservoirs aquifères.

a) La nappe du Dogger (Bajo-Bathonien)

Le mur de ce réservoir est constitué des marnes du Lias. Il s'agit d'un aquifère calcaire dont la perméabilité est assurée par les nombreuses diaclases qui le fissurent. La nappe est drainée par la vallée du Thon (affluent de l'Oise) et sa profondeur n'excède pas une dizaine de mètres sur les plateaux.

La moyenne des quatre mesures de transmissivité des calcaires du Bathonien collectées par le BRGM est de $0,006 \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ (soit une perméabilité de l'ordre de 10^{-4} m.s^{-1}).

b) La nappe des sables verts de l'Albien (Crétacé inférieur)

La nappe des sables verts de l'Albien constituent un réservoir captif compris entre des bancs d'argiles. Il s'étend sur tout le département sauf dans la région d'Hirson où il a été érodé.

Il est peu épais et peu profond au Nord mais sa puissance augmente vers le Sud pour atteindre une profondeur de 700 m et une épaisseur de 50 m à Château-Thierry.

Cette nappe est très peu exploitée du fait de l'ensablement rapide des ouvrages. En outre dans le Sud du département, l'aquifère des sables verts de l'Albien est classé ZRE (Zone de Répartition des Eaux), ce qui confère à cet aquifère un statut particulier et une réglementation stricte qui, dans les faits, interdit tout nouveau forage captant la

nappe. Une grande partie de l'aquifère des sables verts de l'Albien est en effet une ressource stratégique pour l'alimentation en eau potable de la ville de Paris, et à ce titre il fait l'objet de mesures sévères pour préserver quantitativement et qualitativement la ressource.

Aucun paramètre hydrodynamique concernant cette nappe n'a pu être retrouvé dans la BSS, mais les valeurs de perméabilité et de transmissivité communément admises pour un aquifère sableux sont respectivement de l'ordre de 10^{-5} m.s^{-1} et $10^{-4} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$.

c) La nappe de la craie (Crétacé supérieur)

La nappe de la craie constitue la ressource en eau la plus importante du département, en superficie puisqu'elle couvre presque tout le territoire, et en production puisqu'elle satisfait les trois quarts des besoins en eau du département.

L'aquifère est limité à la base par les Dièves au Nord du département, celles-ci disparaissant vers le Sud au profit d'une craie marneuse.

On distingue deux types de porosité dans la craie : la porosité d'interstice (ou primaire, ou matricielle) et la porosité de fissures (ou secondaire, ou macroporosité), liée au degré de fissuration de la roche. La première contribue à la perméabilité matricielle, de l'ordre de 10^{-5} m.s^{-1} , et la deuxième à la perméabilité de fractures, de l'ordre de 10^{-3} à 10^{-2} m.s^{-1} . C'est elle qui conditionne l'écoulement de la nappe.

La fissuration de la craie est d'origine tectonique et climatique (« weathering⁷ »). Seuls les cinquante mètres sous le niveau de la nappe sont concernés par ce phénomène. Au-delà, ces fissures disparaissent et la craie devient trop compacte pour être suffisamment perméable. Cette craie peu perméable devient le mur de la nappe, à l'exception de certaines zones où l'on rencontre des lits de silex qui permettent à l'eau de circuler.

La nappe de la craie a un régime libre dans tout le Nord du département (hormis sous les alluvions tourbeuses des cours d'eau où elle peut être localement captive). Son alimentation dépend des précipitations efficaces qui s'infiltrent via la zone non saturée, qui peut atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur sous les plateaux. Elle devient captive dans la moitié Sud du département, sous recouvrement des terrains tertiaires. Cette craie sous recouvrement tertiaire a moins subi le « weathering » qui confère au réservoir sa porosité de fissures et de ce fait, elle y est moins productive.

La profondeur de la nappe va de plus de 60 m sous les plateaux à moins de 1 m en vallée humides. La surface piézométrique représentée par les courbes isopièzes reflète généralement la topographie comme le montre l'illustration 21.

⁷ Altération sous l'effet des conditions météorologiques

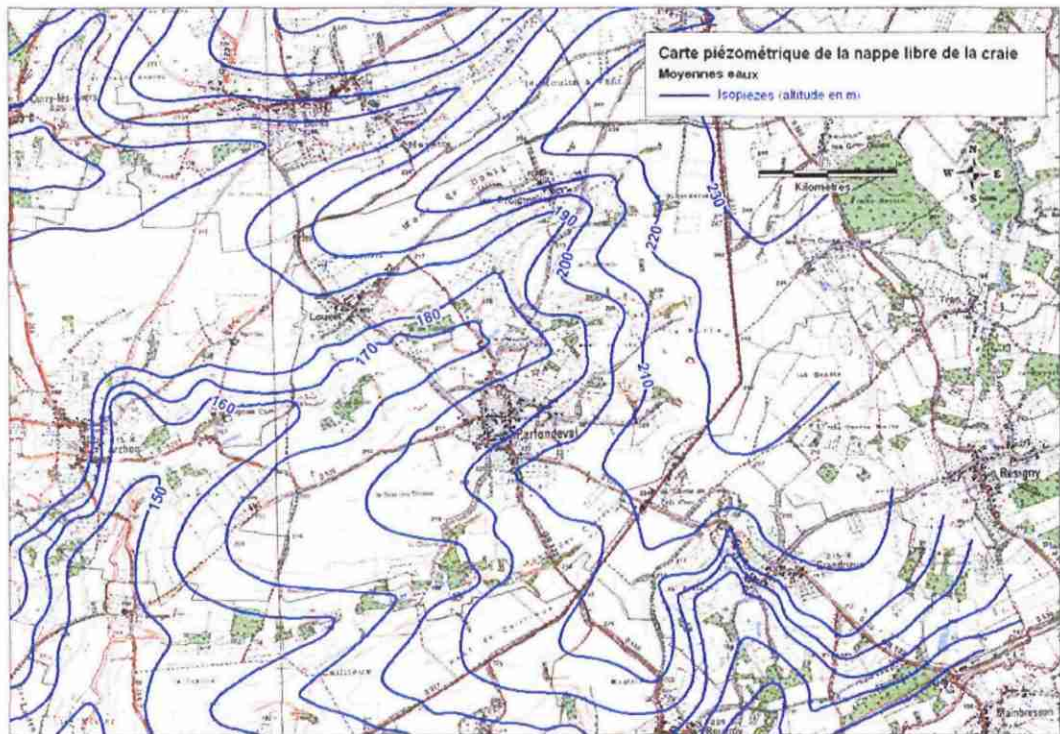


Illustration 21 : carte piézométrique des moyennes eaux de la nappe libre de la craie.

La nappe s'écoule des plateaux vers les vallées humides de la Somme, de l'Oise et de la Serre. La communication entre les eaux souterraines et les eaux de surface se font par l'intermédiaire de sources. En général, dans les plateaux crayeux, c'est la nappe qui alimente les rivières, et leur débit est bien corrélé au niveau piézométrique.

Lorsqu'on s'intéresse aux fluctuations piézométriques, il apparaît que la nappe de la craie réagit rapidement aux pluies d'automne et d'hiver (d'autant plus vite que la zone non saturée est peu épaisse). La nappe se recharge d'octobre à avril lors d'épisodes pluvieux, et se vidange le reste de l'année (singulièrement, on a constaté en 2007 et 2008 une recharge inattendue de la nappe de la craie en août). La variabilité saisonnière très marquée et la variabilité interannuelle faible (Illustration 22) prouvent qu'il y a une forte diffusivité du réservoir, une faible épaisseur utile de la nappe, une réalimentation rapide et un bon drainage.

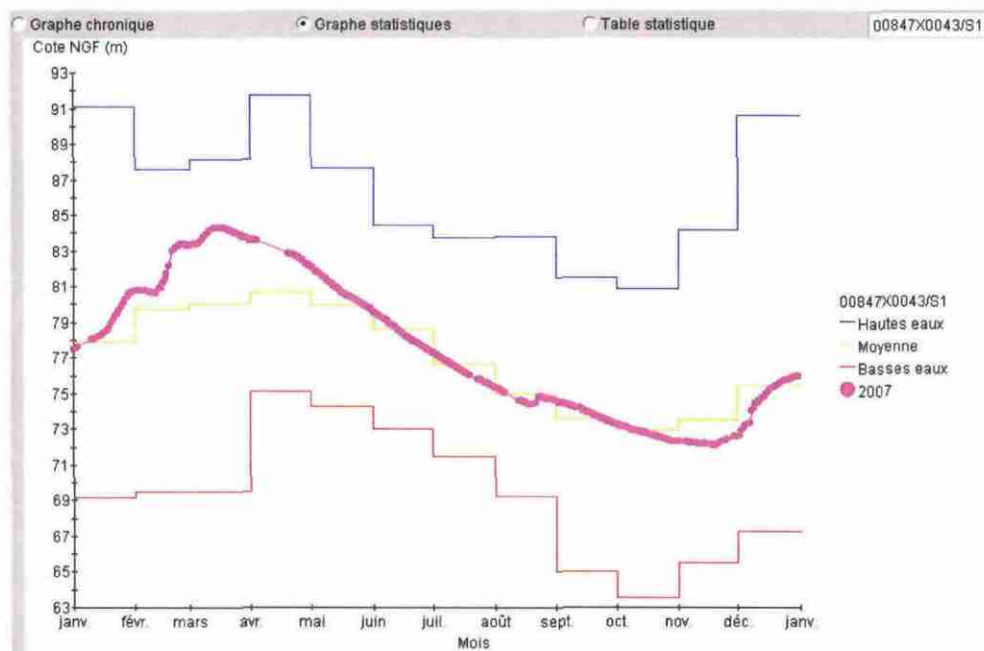


Illustration 22 : chronique piézométrique 2007 de la nappe de la craie à Saint-Erme-Outre-et-Ramecourt et comparaison aux courbes statistiques (basses eaux mensuelles, moyennes mensuelles, hautes eaux mensuelles). Source : www.adess.eaufrance.fr.

d) La nappe des sables du Thanétien (Éocène inférieur)

Le réservoir des sables du Thanétien est généralement en liaison hydraulique avec la craie : ils constituent ainsi un aquifère bicouche. Sa nappe est continue, libre à la périphérie des dépôts tertiaires puis captive sous les argiles du Sparnacien. Localement (Nord de l'Aisne) une éponte argileuse peut séparer les deux horizons, et dans ce cas les sables du Thanétien forment un petit réservoir qui se déverse assez rapidement dans le réservoir crayeux. En profondeur lorsque les formations argileuses sont absentes, les sables forment une nappe en communication directe avec celle de la craie, elle y joue le rôle de drain, ou encore de couche-magasin.

Les fluctuations piézométriques de la nappe ont une faible amplitude du fait de la présence d'argile dans la matrice sableuse qui lui donne une transmissivité assez faible (en moyenne $2,9.10^{-3} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ sur les données disponibles de la BSS – 20 mesures). Cela reste donc un réservoir peu exploité, qui pâtit également de teneurs en fer trop importantes (cf. § 2.3.3, f). Seules de grandes villes l'utilisent comme appoint aux captages atteignant la craie. Elles sont alors équipées de filtres adaptés et de système de déferrisation.

e) La nappe des sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien)

Les sables de l'Yprésien supérieur, localement appelés sables de Cuise, forment une réserve importante, étendue à toute la zone tertiaire. Le régime de la nappe est généralement libre, mais celle-ci est captive lorsqu'elle n'affleure pas sous les plateaux du Tardenois et de la Brie.

Dans le Sud du département les sables sont en communication hydraulique avec les calcaires du Lutétien ce qui accroît leur productivité. Plus au Nord, les argiles de Laon s'intercalent entre les sables de Cuise et les calcaires du Lutétien, et la perméabilité d'interstices des sables fait du Cuisien un réservoir moyennement productif (transmissivité moyenne de $2,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ dans le département – 26 mesures).

La nappe est drainée par les vallées qu'elle recoupe et est alimentée par l'impluvium direct lorsqu'elle affleure et par déversement latéral des nappes sus-jacentes lorsque son sommet argileux est inexistant.

f) La nappe des calcaires du Lutétien

La nappe des calcaires du Lutétien présente un régime libre. A sa base se retrouvent parfois les argiles de Laon peu épaisses, et au sommet des marnes. Le calcaire, grossier par cette hétérogénéité structurelle, peut atteindre des valeurs de transmissivité élevées dans les calcaires fissurés et en connaître des plus faibles dans les bancs marneux (l'aquifère est productif du fait de son réseau de fissures). En moyenne dans le département, la transmissivité de cet aquifère est de $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. La nappe est perchée sur le plateau du Soissonnais et affleure en fond de vallée où la nappe devient artésienne.

Son alimentation se fait par l'impluvium direct sur les affleurements ou par percolation des eaux du Bartonien sus-jacent, lorsqu'il existe. La position topographique élevée du réservoir, liée à l'enfoncement des cours d'eau, favorise le drainage de la nappe. Ce phénomène de drainance et les différences de perméabilité donnent aux courbes piézométriques une allure de « marches ». Les fluctuations sont tributaires des précipitations avec des recharges et des vidanges rapides et des variations interannuelles peu prononcées.

g) La nappe des calcaires du Bartonien

Le Bartonien constitue un aquifère multicouche sablo-calcaire qui couvre les hauteurs des plateaux du sud de l'Aisne.

La nappe reçoit l'impluvium et s'écoule à travers les bancs calcaires et marneux puis sableux soutenue par les niveaux peu perméables du Lutétien supérieur. Le réservoir peut être rencontré sec parce qu'il se déverse dans les calcaires sous-jacents. Sa partie supérieure peut être karstifiée et très productive (aucune donnée hydrodynamique dans la BSS).

Au Sud de la Marne les marnes passent à un calcaire siliceux qui donne naissance aux sources de la Dhuys qui alimentent Paris et Marne-la-Vallée. En revanche, au Nord de la rivière, aucune ville n'est alimentée par cet aquifère parce qu'il ne présente pas de productivité suffisante à cause de sa perméabilité d'interstice trop faible.

2.2.2. Paramètres hydrodynamiques

Au printemps 2008, la Banque de données du Sous-Sol (BSS) a été exploitée afin de rechercher des données relatives aux paramètres hydrodynamiques des aquifères comme la transmissivité, la perméabilité, le coefficient d'emménagement. Les informations concernant le débit spécifique des ouvrages d'exploitation ont également été inventoriées, bien qu'il ne s'agisse pas d'un paramètre hydrodynamique des aquifères, car il renseigne sur les débits maximaux qu'on peut attendre de ces aquifères.

Au final, les dossiers de forages agricoles sont ceux qui contenaient le plus de données. Parmi les 967 dossiers compulsés, seuls 60 contenaient des informations, soit 6% environ. Les données hydrodynamiques mentionnées dans l'atlas hydrogéologique de 1983 et non retrouvées dans la BSS ont été intégrées.

Face à ce constat, lors de la réunion du comité de pilotage de l'étude de mai 2008, la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales (DDASS) de l'Aisne a proposé au BRGM de consulter l'ensemble de sa base de données sur les forages AEP du département afin de compléter ce manque.

Il s'avère que seuls 14% des 975 dossiers consultés en DDASS contiennent des informations relatives aux paramètres hydrodynamiques. Ceci peut s'expliquer par le fait que la majorité des captages AEP ont été créés à une époque où la réalisation d'un essai de pompage à la suite d'un forage n'était pas obligatoire. Désormais, cet essai est quasiment systématique.

Cette recherche d'informations a également porté sur les dossiers des ICSP⁸ archivés à la DRIRE lors de l'étape de dépouillement de l'opération de bancarisation des données relatives au suivi de la qualité des eaux souterraines. Néanmoins, seuls 5% des dossiers contenant des informations proviennent de la DRIRE.

Cette deuxième étape de collecte de données s'est révélée bénéfique : 79% des données actuellement recueillies ont été ajoutées grâce à ce travail complémentaire.

⁸ Installations classées et sites pollués

Paramètres hydrodynamiques	Nombre de dossiers concernés
Perméabilité	35
Transmissivité	186
Coefficient d'emmagasinement	101
Débit spécifique*	147

Tableau 2 : aperçu des données hydrodynamiques recueillies.

le débit spécifique n'est pas un paramètre hydrodynamique, mais il renseigne sur les débits qu'on est en mesure d'attendre de l'aquifère considéré.

	Transmissivité m ² /s		Perméabilité m/s		Coefficient d'emmagasinement	
	Moyenne	Nombre de mesures	Moyenne	Nombre de mesures	Moyenne	Nombre de mesures
Nappes alluviales	0,014	22	1,10E-05	3	4,90E-03	7
Sables de l'Auversien	0,0016	1				
Calcaires du Lutétien	0,032	5			0,0075	4
Sables de l'Yprésien	0,0023	15	5,05E-05	2	0,009	23
Sables du Thanétien	0,0026	26	9,00E-07	3	0,012	8
Nappe de la craie	0,2	111	0,019	25	0,026	55
Calcaires du Bathonien	0,0058	4	6,40E-05	1	0,0083	3
TOTAL DONNEES		184		34		100

Tableau 3 : caractéristiques hydrodynamiques des principaux aquifères du département de l'Aisne

Il apparaît que les données relatives à la transmissivité sont les plus nombreuses. Les illustrations des pages suivantes montrent que les données hydrodynamiques, de quelque nature qu'elles soient, couvrent l'ensemble du département mais se concentrent dans les secteurs où l'irrigation est développée.

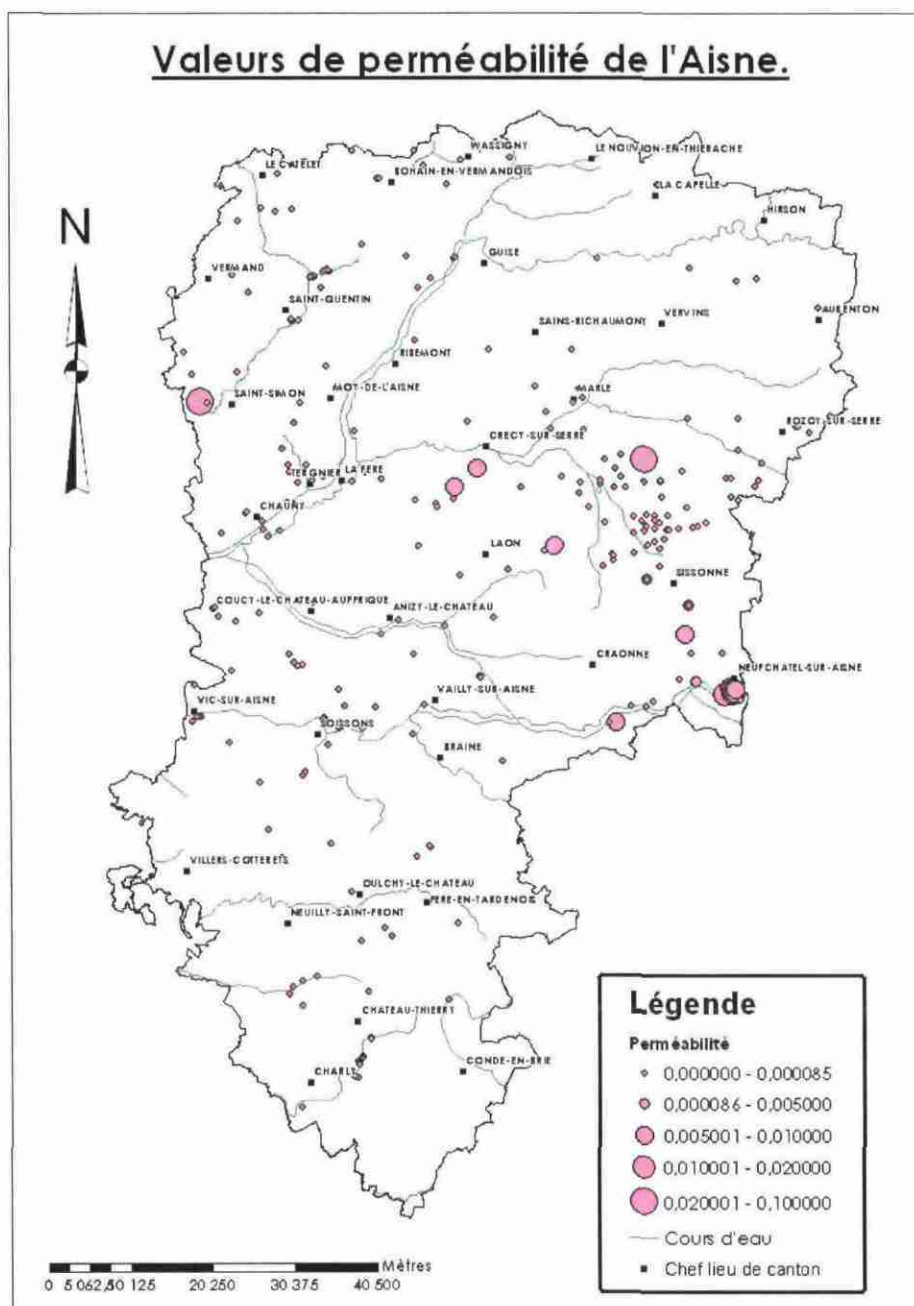


Illustration 23 : perméabilités du département de l'Aisne.

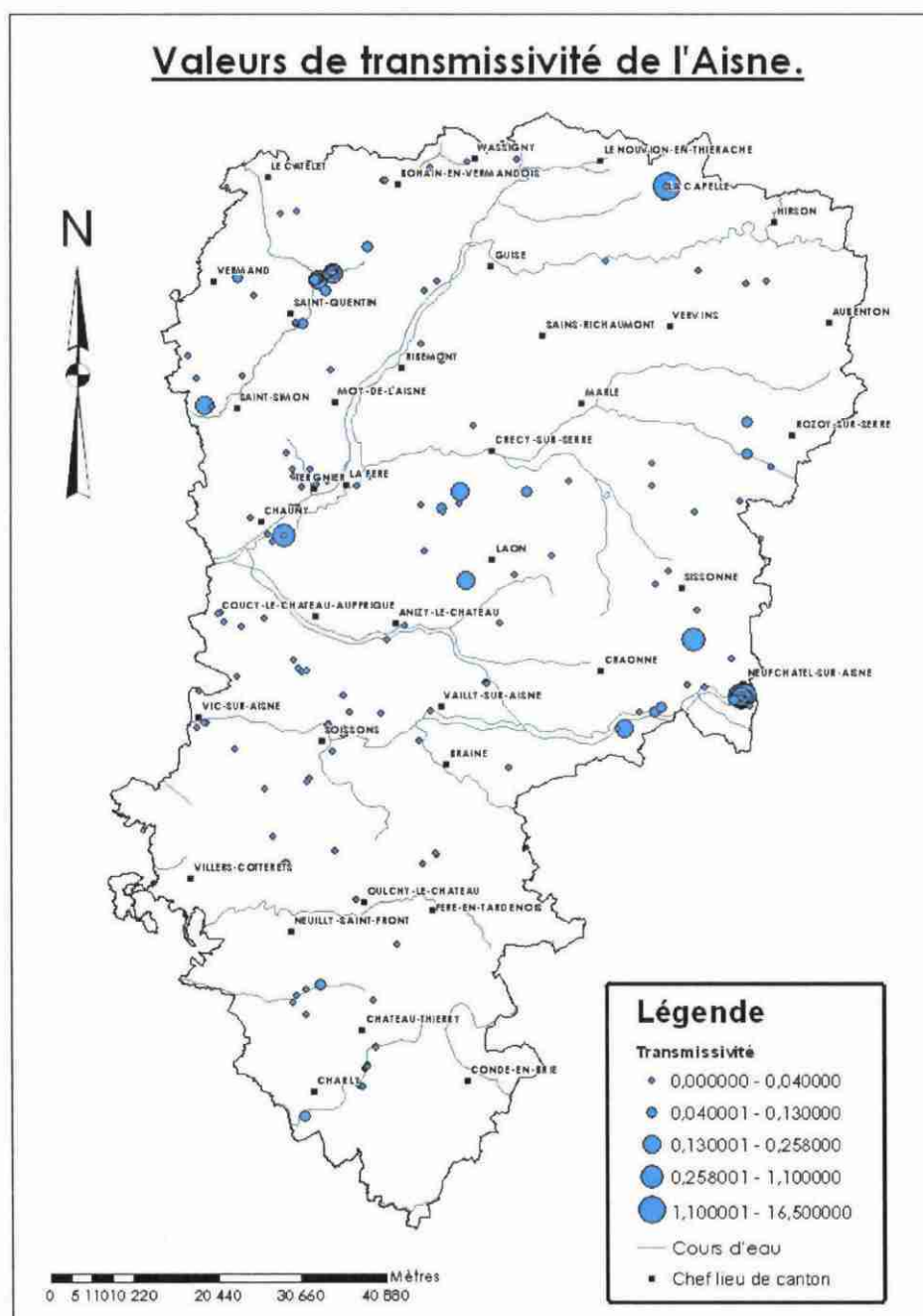


Illustration 24 : transmissivités du département de l'Aisne

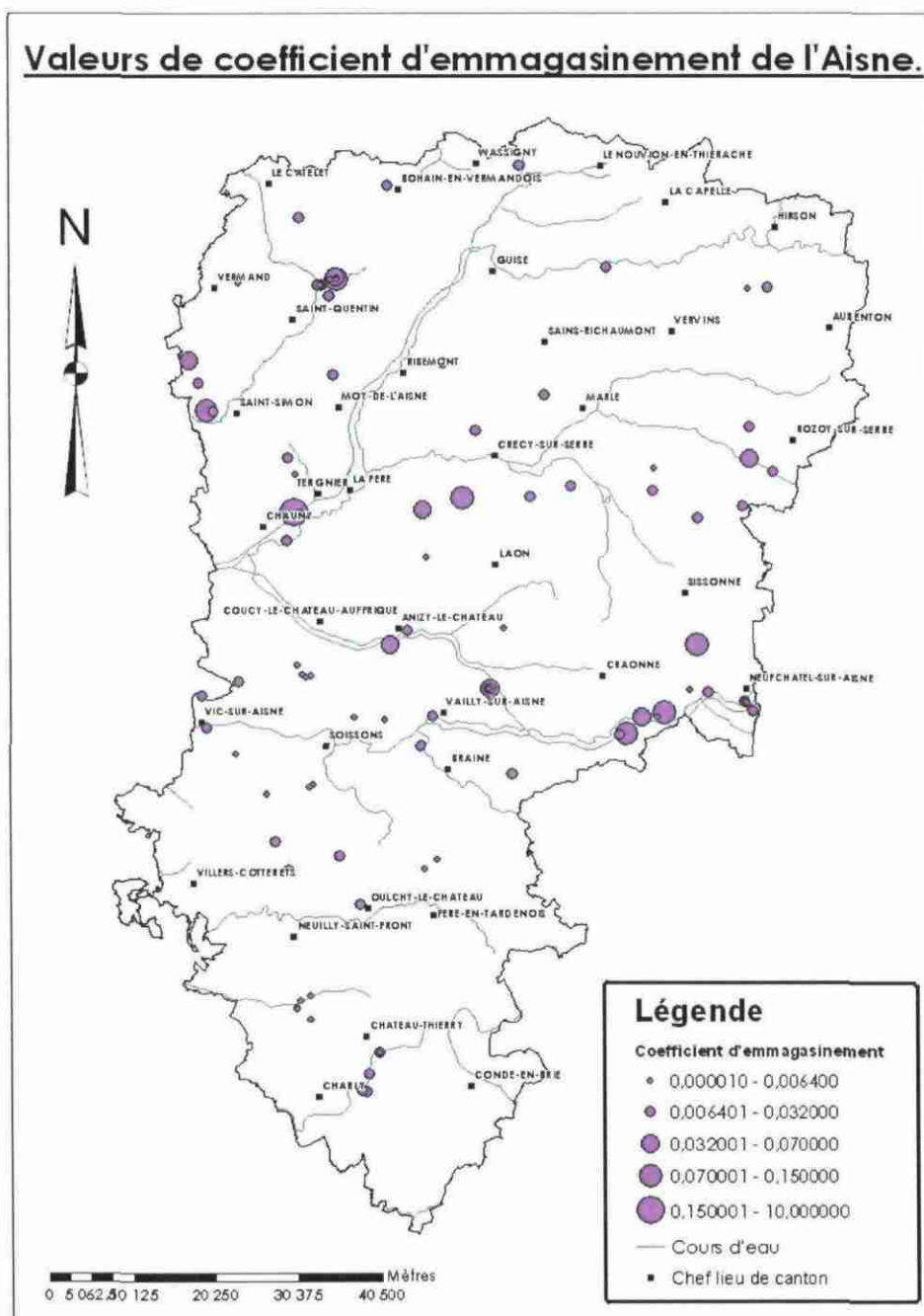


Illustration 25 : Coefficients d'emmagasinement du département de l'Aisne

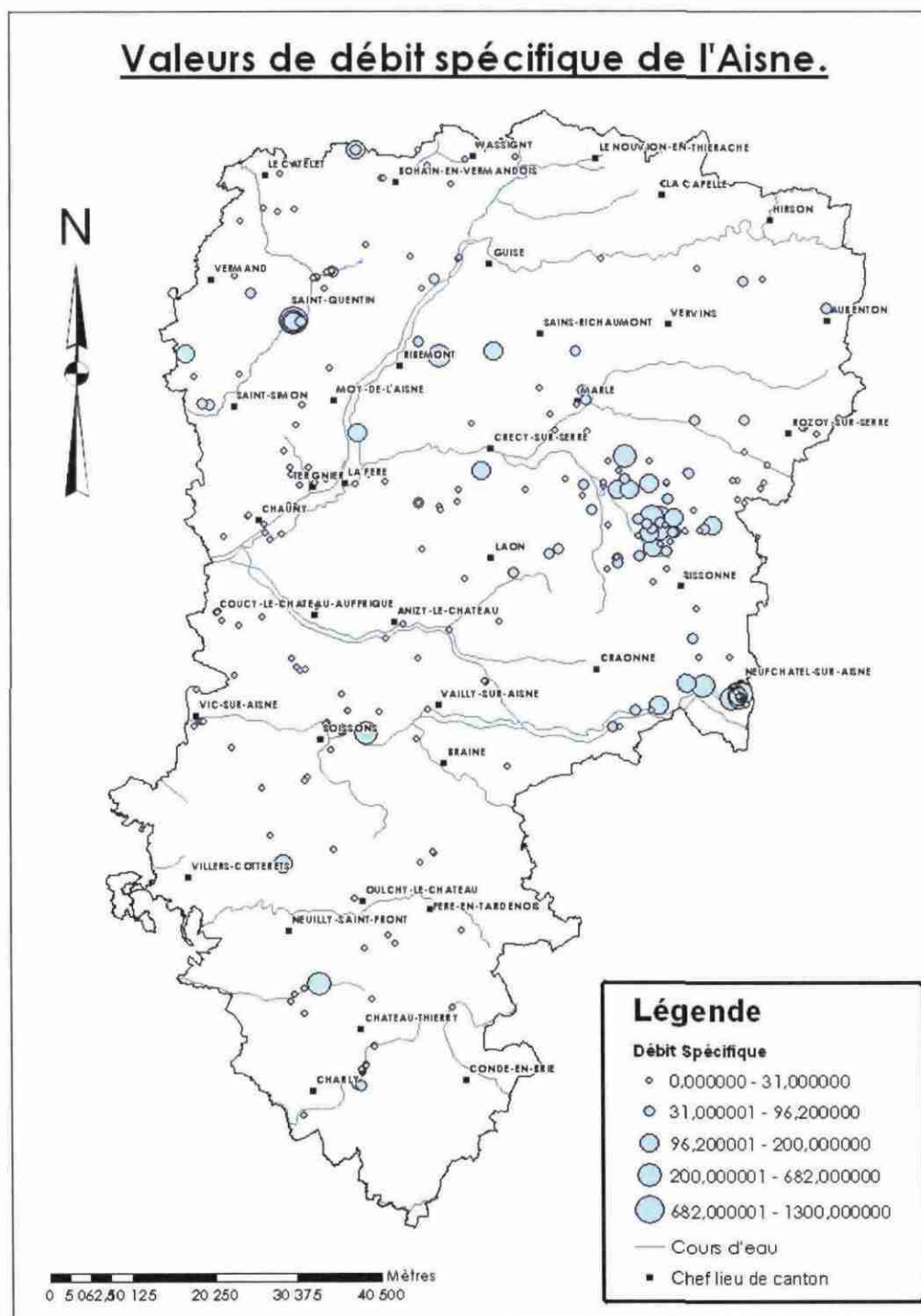


Illustration 26 : Débits spécifiques des forages du département de l'Aisne

Les vallées de la Serre, de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise possèdent le plus grand nombre de données. Par ailleurs, ce sont elles qui détiennent les paramètres les plus élevés à l'exception de la vallée de l'Oise pour laquelle les valeurs de coefficient d'emménagement, de perméabilité et de transmissivité sont relativement faibles.

Les cartes de localisation des paramètres hydrodynamiques tendent à montrer que les vallées ont des caractéristiques différentes de celles des plateaux. La partie Sud du département, correspondant aux vallées de la Marne et de l'Ourcq, présente de faibles valeurs de paramètres hydrodynamiques, réparties de manière hétérogène.

2.2.3. Réseau de suivi piézométrique

Le réseau de suivi piézométrique du BRGM en Picardie date de 1960. Il compte 34 points dans l'Aisne et le plus ancien a été installé en 1964.

L'objectif est d'atteindre une bonne répartition spatiale des points de mesures, afin qu'il y ait plusieurs points de surveillance pour un même aquifère. Le réseau est capable aujourd'hui de fournir de bonnes chroniques piézométriques sur 30 ans.

Les altitudes piézométriques sont télétransmises chaque jour vers une centrale. Les données sont ensuite chargées sur le site des eaux souterraines du bassin Seine Normandie : <http://seine-normandie.BRGM.fr> et sur le portail national ADES <http://www.ades.eaufrance.fr> (banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines).

Les chroniques piézométriques représentent le fonctionnement du système aquifère observé. Les piézomètres de la nappe de la craie (cf. l'exemple de Bois-les-Pargny et Plomion sur l'illustration 27), enregistrent des variations saisonnières intégrées dans des cycles plus longs où hautes eaux (2001-2003) et basses eaux (2004-2007) alternent. Certaines nappes du Tertiaire ont un tout autre fonctionnement. Les variations saisonnières ne sont pas visibles, contrairement aux grands cycles pluriannuels dont la durée est de l'ordre de 9 à 10 ans (cf. Villers-Cotterêts et Pargny-Filain sur l'illustration 27).

INDICE	COMMUNE	X	Y	RESEAU	NATURE OUVRAGE	BASSIN	MES	AMPLITUDE NAPPE	PERIODE DE SUIVI	AQUIFERE
01066X0133	ACY	678419	2484767	RCS	PUITS	SN	3106	1,5 m	de 1974 à 2009	Sables de l'Yprésien supérieur
01074X0006	AMIFONTAINE	714768,75	2500126,88	RCS	PUITS	SN	3207	5 m	de 1970 à 2009	Craie
01306X0023	ARMENTIERES-SUR-OURCQ	676205	2463739	RCS	PUITS	SN	3105	1 m	de 1974 à 2009	Calcaire du Lutétien
00836X0007	BARISIS	672045,74	2508857,15	RCS	PUITS	SN	3106	1 m	de 1974 à 1978 de 1997 à 2009	Sables de l'Yprésien supérieur
01568X0101	BAULNE-EN-BRIE	691464,13	2443944,03	RCS	PUITS	SN	3103	1 m	de 1974 à 1976 de 1996 à 2009	Calcaires de St-Ouen
00643X0031	BEAUVOIS EN VERMANDOIS	654978	2538574	Patrimonial	PUITS	AP	1013	1 m	de 1979 à 2009	Craie
00493X0061	BECQUIGNY	681327	2558099	RCS	PUITS	AP	1010	4 m	de 1970 à 1973 de 1997 à 2009	Craie
00665X0016	BOIS-LES-PARGNY	695267	2527606	RCS	FORAGE	SN	3206	10 m	de 1974 à 2009	Craie
00484X0018	BONY	663638	2555004	RCS	PUITS	AP	1010	1 m	de 1970 à 1971 de 1998 à 2009	Craie
00837X0027	CESSIERES	683969	2507208	RCS	PUITS	SN	3106	0,5 m	de 2007 à 2009	Sables de l'Yprésien supérieur
01567X0083	COURBOIN	683999,83	2445539,95	RCS	PUITS	SN	3103	2 m	de 1974 à 1976 de 1995 à 2009	Calcaires de St-Ouen
01561X0044	COURCHAMPS	667774,44	2457578,36	RCS	PUITS	SN	3105	0,5 m	de 1974 à 1978 de 1996 à 2009	Calcaires de St-Ouen
00502X0003	ESQUEHERIES	703230	2556381	RCS	PUITS	AP	1017	4 m	de 1974 à 1976 de 2000 à 2009	Craie
00497X0018	ETAVES ET BOCQUIAUX	680190	2549647	RCS	PUITS	AP	1013	6 m	de 1970 à 2009	Craie
01308X0082	FERE-EN-TARDENOIS	685815,61	2467876,6	RCS	PUITS	SN	3105	1 m	de 1974 à 1978 de 1991 à 2009	Calcaire du Lutétien
00496X0019	FONSOMMES	676622	2545433	Patrimonial	PUITS	AP	1013	0,2 m	de 1974 à 1985 de 1998 à 2009	Craie
00843X0024	GOUDELANCOURT-LES-PIERREPONT	709679,78	2520195,09	RCS	PUITS	SN	3206	5 m	de 1967 à 1980 de 1995 à 1998	Craie
00516X0059	HIRSON	727848,80	2546995,39	RCS	PUITS	SN	3309	3 m	de 1974 à 1978 de 1996 à 2009	Calcaires du Bathonien
00491X0013	JONCOURT	670287	2552848	Patrimonial	PUITS	AP	1010	3 m	de 1979 à 2009	Craie
00855X0001	LA SELVE	720363,42	2509352,54	RCS	PUITS	SN	3207	6 m	de 1974 à 2009	Craie
00845X0036	LAON	691528,97	2509095,33	RCS	PUITS	SN	3206	1 m	de 1974 à 2009	Craie
00506X0005	LE SOURD	701997,57	2542822,04	RCS	PUITS	SN	3206	5 m	de 1974 à 2009	Craie
00652X0007	MESNIL SAINT LAURENT	674074	2537703	Patrimonial	PUITS	AP	1013	3 m	de 1998 à 2009	Craie
00512X0206	MONDREPUIS	724319	2552157	RCS	PUITS	SN	3508	4 m	de 2006 à 2009	Schistes de Mondrepuis (Dévonien inférieur)
01064X0054	PARGNY-FILAIN	687054,77	2495633,08	RCS	PUITS	SN	3106	2 m	de 1995 à 2009	Calcaire du Lutétien
00654X0014	PARPEVILLE	688952,92	2534129,12	RCS	PUITS	SN	3206	6 m	de 1974 à 2009	Craie
00671X0052	PLOMION	722393,67	2539319,49	RCS	PUITS	SN	3206	4 m	de 1974 à 2009	Craie
00675X0019	RENNEVAL	723354,89	2528614,08	RCS	PUITS	SN	3206	6 m	de 1970 à 2009	Craie
00663X0124	ROUGERIES	704503	2534174	RCS	PIEZOMETRE	SN	3218	0,2 m	de 2008 à 2009	Sables verts de l'Albien
00847X0043	SAINT-ERME-OUTRE-ET-RAMECOURT	710677	2503724	RCS	PUITS	SN	3207	10 m	de 1970 à 2009	Craie
00651X0092	URVILLERS	670297	2533369	Patrimonial	PUITS	AP	1013	1 m	de 1995 à 2009	Craie
00643X0015	VILLERS SAINT CHRISTOPHE	655095	2532285	RCS	PUITS	AP	1013	2 m	de 1998 à 2009	Craie
01293X0071	VILLERS-COTTERETS	655500,83	2472657,04	RCS	PUITS	SN	3104	0,5 m	de 1974 à 1985 de 1991 à 2009	Sables de l'Yprésien supérieur
01293X0048	VIVIERES	655573,35	2478422,42	RCS	PUITS	SN	3106	0,5 m	de 1974 à 1976 de 2002 à 2009	Calcaire du Lutétien

Tableau 4 : piézomètres axonaux du réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du SGR Picard

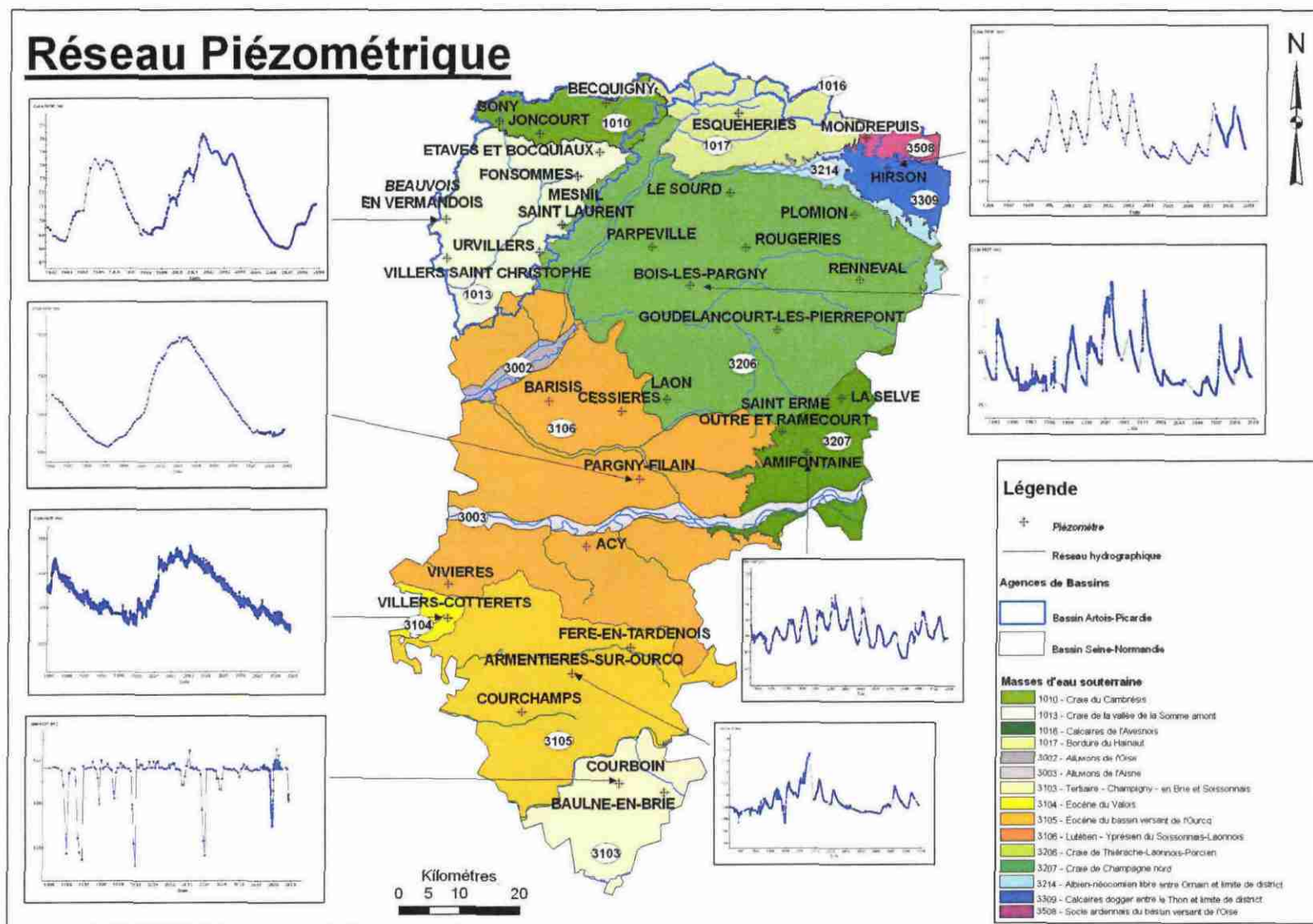


Illustration 27 : réseau piézométrique de suivi quantitatif des eaux souterraines dans l'Aisne

2.3. QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

2.3.1. Fond géochimique

Le fond géochimique naturel d'une masse d'eau traduit la concentration naturelle de cette eau en métaux et ions issus de la dissolution de sa roche encaissante. Il peut être plus ou moins influencé par des phénomènes naturels tels que la drainance entre nappes, la variation du niveau piézométrique qui provoquent des changements de conditions chimiques et entraînent des réactions d'oxydoréductions⁹.

La définition de ce fond a un intérêt triple :

- Déterminer le faciès (caractéristiques minérales majeures) de l'eau.
- Distinguer l'apport naturel de l'apport anthropique, et ainsi mettre en évidence les possibles contaminations de la nappe.
- Répondre à la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) 2000/60/CE en définissant une concentration seuil de bon état chimique pour chaque élément testé et, dans le cas d'incertitudes, programmer des études complémentaires afin de préciser ce seuil.

Par élément trace on entend : l'arsenic, le baryum, le bore, le fluor, le cadmium, le chrome, le mercure, le cuivre, le nickel, le plomb, le zinc, l'antimoine, le sélénium, l'aluminium, l'argent, le fer et le manganèse.

Les nombreuses variations de faciès sont à l'origine de phénomènes probables de drainance interne pour rééquilibrer les charges entre les différents lits d'écoulements privilégiés (BRGM/RP-52366-FR). Ceci a une importance particulière pour la compréhension de l'origine de certains éléments trace (dont le sélénium) dans des niveaux géologiques exempts de ces éléments.

a) Sables de Fontainebleau (Rupélien supérieur)

Pour les eaux souterraines des aquifères liés à l'Oligocène, il s'agit du fer, du manganèse, du fluor, du bore et du sélénium lié au lessivage des sables de Fontainebleau.

Pour l'Oligocène, il semble que le substratum des marnes infragypseuses empêche la présence de sélénium à des teneurs élevées.

b) Sables de l'Auversien (sables de Beauchamp)

D'après les terrains géologiques, le fer, le manganèse, le fluor et le bore sont susceptibles de présenter un fond géochimique élevé dans les eaux souterraines des

⁹ Agence de l'Eau Seine-Normandie, 2008

aquifères associés à l'Eocène supérieur lié au lessivage des sables d'Auvers et des sables de Beauchamp (Vernoux et Al., 1998 ; Robaux, 2004 ; Damien, 2006).

c) Calcaires du Lutétien

Le bore est reconnu dans le Lutétien (Guillot, 1978) composé de marnes et caillasses, et de nombreux bancs gypseux associant également des pics de sulfates.

d) Sables de l'Yprésien supérieur

L'existence d'une drainance ascendante, depuis l'Yprésien vers les nappes supérieures permettrait un enrichissement en sélénium des niveaux supérieurs. Un deuxième mécanisme d'enrichissement envisagé pour les niveaux supérieurs serait la mise en solution du sélénium suite à l'oxydation des sulfures contenus dans les marnes et caillasses lutétiennes à l'interface nappe-zone non saturée. La présence de fer et de sélénium est suggérée par l'analyse prédictive liée à la présence de ces éléments dans la lithologie associée aux sables de l'Yprésien supérieur, mais également probablement liée à la contribution des épontes (argiles sparnaciennes).

e) Craie

La craie est susceptible de présenter des fonds géochimiques élevés en fer, fluor et arsenic, liés notamment à la dissolution d'oxydes de fer et de nodules de marcassite. La présence d'arsenic est relevée dans la bibliographie concernant les formations du Cénomanien (Damien, 2006). Le fond géochimique de la craie est plutôt hétérogène, caractère certainement dû à une forte influence anthropique.

Pour les ions mineurs, les espèces dominantes sont le plomb ($[Pb]_{moy} = 5 \mu g.L^{-1}$) et le fer ($[Fe]_{moy} = 42 \mu g.L^{-1}$). Tous ces éléments restent toutefois en deçà de la norme européenne et conforme aux valeurs annoncées dans les ouvrages. D'après la bibliographie, la majorité des concentrations en fluor sont inférieures à $500 \mu g.L^{-1}$.

Pour la craie, aucun point de mesure ne répond au critère nitrates d'un fond géochimique naturel. Il est faible en baryum, bore, cuivre, sélénium et zinc.

Toutefois, la répartition géographique inégale et le nombre des points de mesures exploitables (4 en tout) obligent à relativiser ces résultats sur leurs représentativités sur l'ensemble de la masse.

f) Calcaires du Bathonien

Cependant l'analyse bibliographique indique un fond géochimique faible. La présence naturelle de plomb et d'arsenic, n'a pu être démontrée faute de données analytiques suffisantes avec des seuils de quantification adéquats.

g) Socle ardennais

Des fonds géochimiques élevés en fer, baryum, manganèse, fluor et bore, liés à la lithologie (chlorites, quartzites et phyllade) associée aux aquifères de socle sont prédits.

2.3.2. Réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines

Le programme de surveillance DCE¹⁰ est axé sur deux types de réseaux : le réseau de contrôle de surveillance (RCS) qui reprend depuis 2007 le relais des anciens réseaux patrimoniaux (réseau national de bassin) et le réseau de contrôle opérationnel (RCO) qui a débuté en 2008 et axé sur les secteurs « à problèmes ». Ces réseaux sont construits à l'échelle des grands bassins hydrographiques ou districts.

En 2009, les Agences de l'eau Artois-Picardie et Seine-Normandie, et la DDASS de l'Aisne, produisent des données sur la qualité des eaux souterraines du département de l'Aisne. Les points du réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines du Conseil général de l'Aisne ont été intégrés au réseau de l'Agence de l'eau Seine-Normandie en 2007-08 et ce réseau n'existe plus.

a) Réseau national de surveillance du contrôle sanitaire sur les eaux brutes RNSISEAU

Il s'agit d'un réseau de contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine. SISE-EAUX est un Système d'Information mis en place par les services du Ministère chargé de la Santé dans le cadre de la gestion du programme annuel d'analyses de contrôle sanitaire des eaux de consommation. Il s'agit d'un système intégré constitué d'une base nationale alimentée par des bases réparties dans les départements et gérées localement par les services Santé-Environnement au sein des Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (mise à jour hebdomadaire de 50 000 nouvelles analyses). Le RNSISEAU est alimenté par des données qualitatives extraites de SISE-EAUX¹¹. Les informations candidates pour être versées dans le fédérateur concernent les recherches analytiques effectuées sur les eaux brutes des captages d'eaux destinées à la consommation humaine (plus de 35 000 captages publics AEP en France). Les données dans la base couvrent la période 1995 à l'actuel.

¹⁰ Directive cadre européenne sur l'eau

¹¹ SISE-EAUX est seulement accessible aux DDASS, RNSISEAU est accessible au public

b) Réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin Artois-Picardie RBESOUQAP et réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie RBESOUQSN

Il s'agit de deux réseaux patrimoniaux de connaissance. Ces réseaux de suivi qualité des eaux souterraines ont été créés en 1997 et sont composés de points du réseau de contrôle sanitaire des DDASS, de sources, de forages d'irrigation, industriels et particuliers.

c) Réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines du département de l'Aisne

Ce réseau a pour objectif de préciser l'état et de déterminer l'évolution de la qualité des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie dans l'Aisne en regard de certaines substances indésirables détectées par les analyses. La collecte des données a débuté en 1996 et s'est achevée en 2007, ce qui porte à 12 années la durée des chroniques disponibles sur certains points, dont 10 années à fréquence semestrielle.

Cette surveillance venait compléter celle du réseau patrimonial géré par l'Agence de l'eau Seine-Normandie, et celle du réseau sanitaire de la DDASS de l'Aisne.

2.3.3. Qualité des eaux souterraines du département

Les eaux souterraines du département sont de façon générale légèrement dures, bicarbonatées calciques et magnésiennes, à l'exception des sables de l'Albien dont l'eau est sulfato-sodique et potassique à pH acide.

Les eaux de la craie sont faiblement minéralisées, très dures, à pH faiblement basique, tandis que celles des sables et calcaires tertiaires sont davantage minéralisées.

Dans le département de l'Aisne les nitrates atteignent régulièrement des concentrations élevées mais relativement stables. La zone la plus touchée est le Nord du département, où la craie affleure. Il est intéressant de constater que les concentrations en chlorures et nitrates ont tendance à suivre les mêmes évolutions (Annexe 5).

Les analyses témoignent parfois de la présence d'atrazine qui est un herbicide interdit d'utilisation depuis 2003 et la déséthylatrazine qui est un produit de dégradation de l'atrazine. La déséthylatrazine est souvent proche ou supérieur de la C.M.A.¹² (0,1 µg.L⁻¹). Le rapport des concentrations molaires déséthylatrazine/atrazine (DAR : Desethylatrazine Atrazine Ratio) est parfois utilisé pour donner une indication sur le temps de transfert des molécules. Si ce rapport est supérieur à 1, l'atrazine s'est dégradée en déséthylatrazine, ce qui pourrait signifier que l'infiltration vers les eaux

¹² Concentration maximale admise

souterraines a été suffisamment lente pour que la dégradation se mette en place dans le sol et/ou la zone non saturée. A l'inverse, des teneurs élevées en déséthylatrazine peuvent suggérer l'existence d'écoulements rapides vers la nappe.

Les Composés Organiques Volatils (C.O.V.) sont parfois décelés dans les forages AEP. Leur présence est sans doute due à la désinfection de l'eau potable, car elles résultent de la réaction entre les matières organiques présentes naturellement dans l'eau et le chlore rajouté comme désinfectant.

a) Nappe des calcaires du Primaire

L'eau de la nappe du primaire à Mondrepuis comporte des teneurs élevées en sodium (peuvent atteindre 80 mg.L^{-1}), sulfates (de l'ordre de 40 mg.L^{-1}) et chlorures (parfois supérieures à 150 mg.L^{-1}). Les teneurs en éléments majeurs (hormis les sulfates) varient nettement à la hausse entre hautes eaux et basses eaux.

Les analyses disponibles pour cet aquifère ne relèvent pas de traces de pesticides ni de solvants chlorés.

b) Nappe des calcaires du Bathonien

Depuis 1997 les teneurs en nitrates ont toujours oscillé autour de 32 mg.L^{-1} à la source Goin de Leuze. De même, les concentrations en sulfates et chlorures varient peu (Illustration 28).

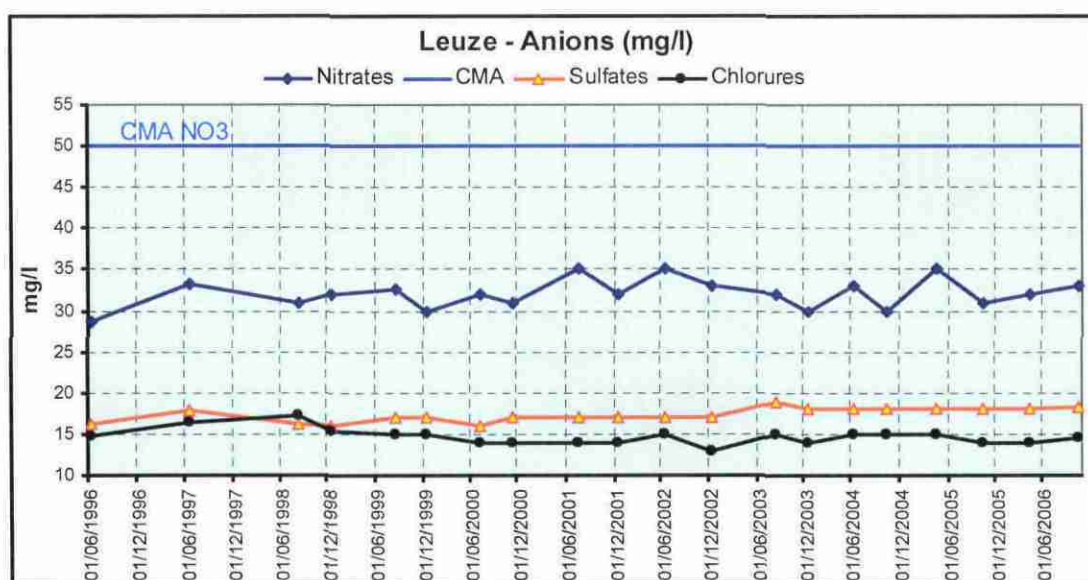


Illustration 28 : concentration en éléments majeurs - Calcaires du Bathonien (Leuze - 00673X0096)

L'eau à Leuze contient de l'atrazine et de la déséthylatrazine. L'atrazine oscille sous la CMA entre $0,06 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ jusque 2003 puis se stabilise à $0,06 \mu\text{g.L}^{-1}$. Quant à la déséthylatrazine elle n'est pas stable et généralement supérieur à la CMA.

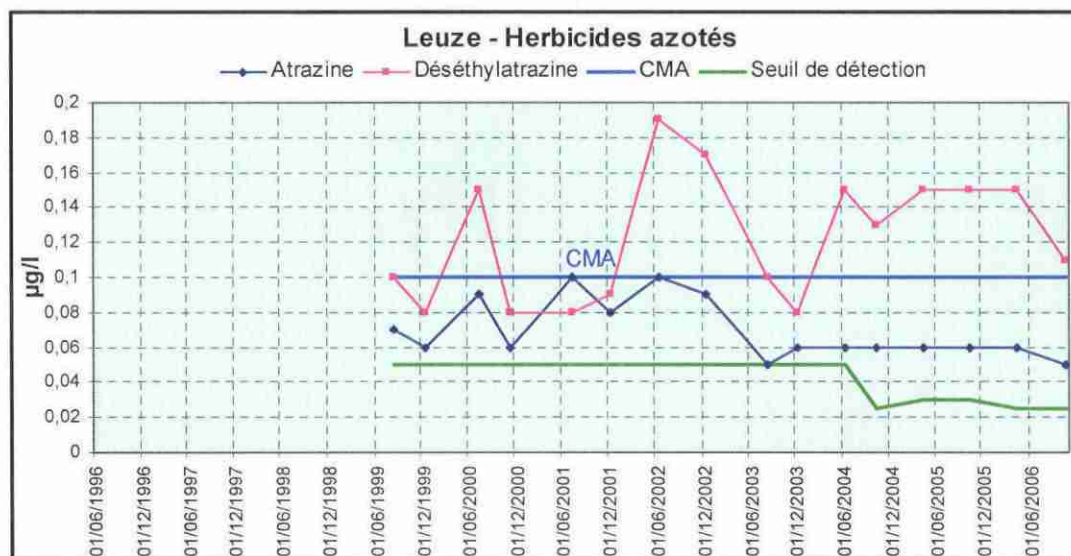


Illustration 29 : concentration en pesticides - Calcaires du Bathonien (Leuze - 00673X0096)

c) Nappe argilo-calcaire du Cénomanien

Les analyses réalisées présentent une eau dénuée de pesticides, C.O.V. et hydrocarbures. Les phosphates, nitrites et ammonium sont en dessous du seuil de détection. Des nitrates sont décelés en avril 2006 à une teneur très faible ($2,3 \text{ mg.L}^{-1}$).

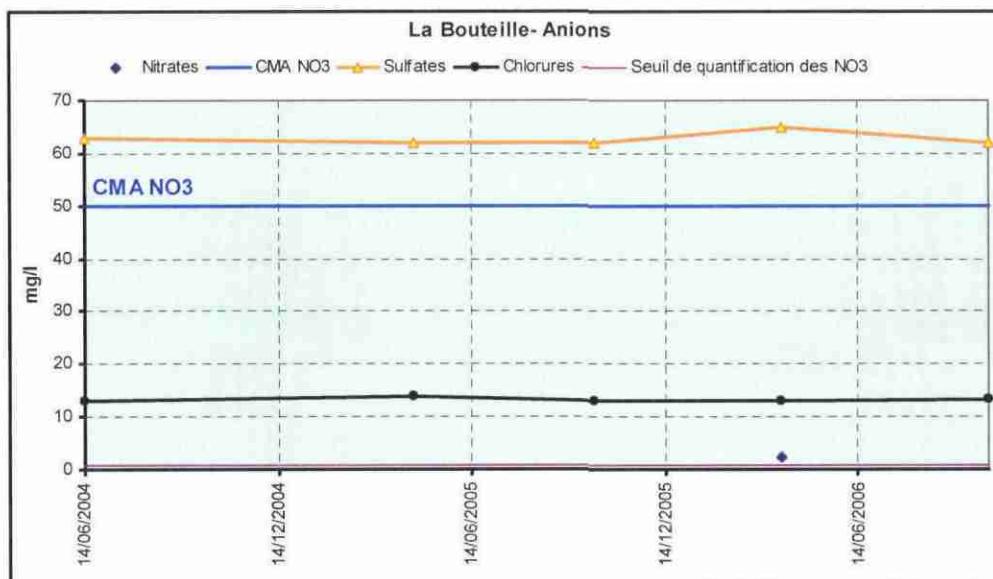


Illustration 30 : concentrations des éléments majeurs - Argiles et calcaires du Cénomanien (La Bouteille - 00515X0118)

d) Nappe libre de la craie

La concentration en nitrates peut atteindre des valeurs assez élevées, avec des valeurs proches de 50 mg.L⁻¹. Les concentrations de sulfates et chlorures sont stables.

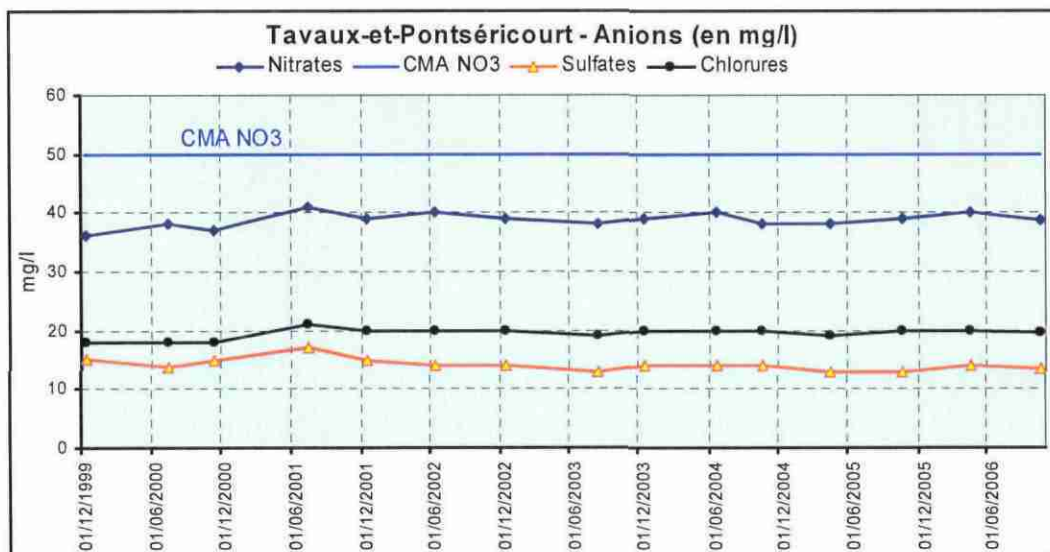


Illustration 31 : concentration en éléments majeurs – Craie libre du Turonien (Tavaux-et-Pontséricourt - 00668X0028)

Les herbicides azotés (atrazine et déséthylatrazine) sont détectés dans plusieurs points de contrôle des réseaux de surveillance, à des teneurs proches de $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$, et qui localement dépassent la C.M.A. (Illustration 35). Les fluctuations des concentrations sont comparables, puisque la déséthylatrazine est un dérivé de l'atrazine.

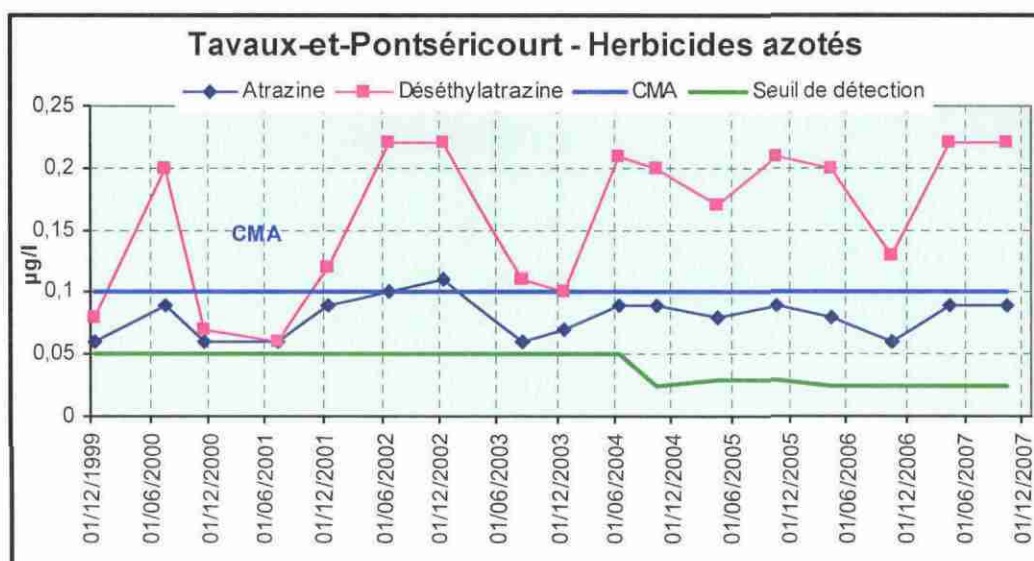


Illustration 32 : concentration en pesticides – Craie libre du Turonien (Tavaux-et-Pontséricourt - 00668X0028)

A Novion-et-Catillon et Juvincourt-et-Damary (craie du Sénonien), les concentrations en nitrates sont proches de 40 mg.L^{-1} (Illustration 33 et Illustration 34). Il est intéressant de noter que comme dans la craie du Turonien, les hautes eaux de 2001 ont provoqué une augmentation des teneurs des nitrates, chlorures, et sulfates.

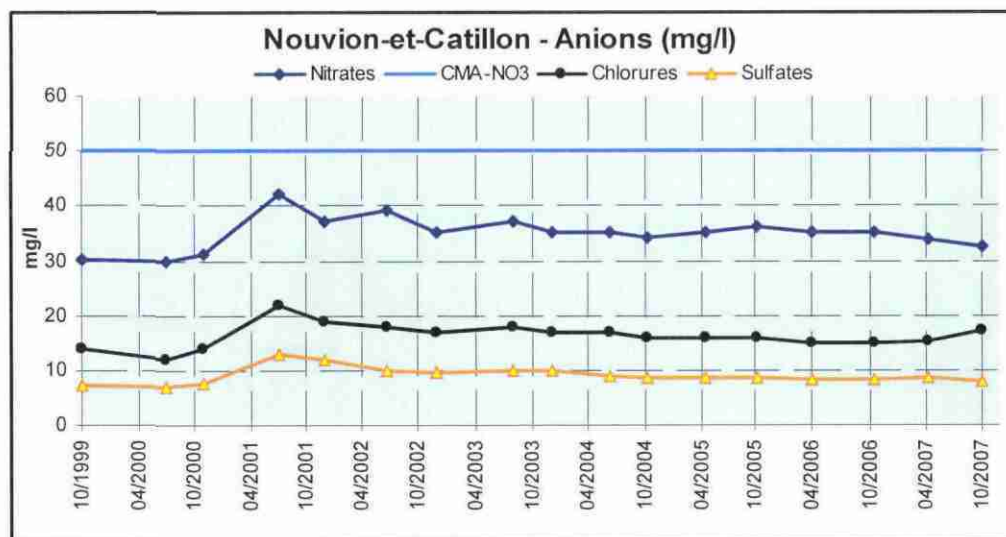


Illustration 33 : concentration en éléments majeurs - Craie du Sénonien (Nouvion-et-Catillon - 00657X0047)

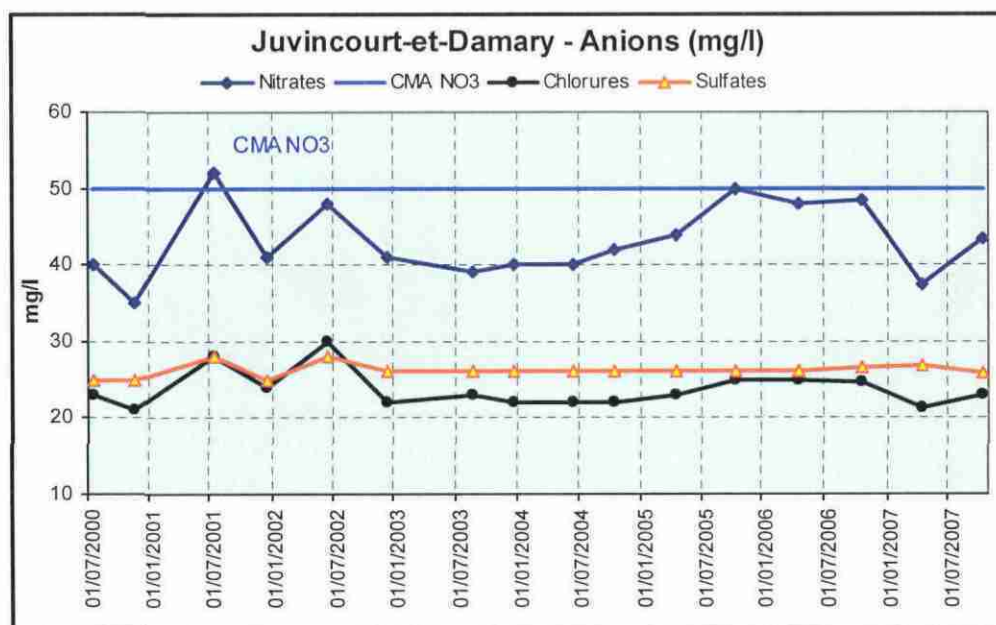


Illustration 34 : concentration en éléments majeurs - Craie du Sénonien (Juvin-court-et-Damary - 01074X0030)

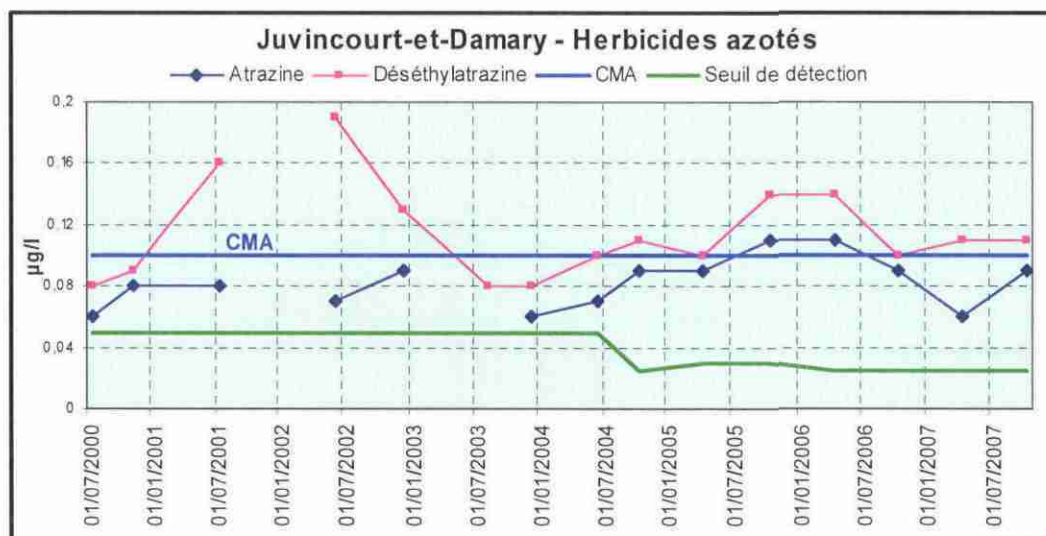


Illustration 35 : concentration en pesticides - Nappe de la craie du Sénonien (Juvincourt-et-Damary - 01074X0030)

e) Nappe des sables du Thanétien

Peu de données sont disponibles car les ouvrages implantés dans le Thanétien captent souvent également la nappe de la craie pour améliorer la productivité, ces deux aquifères étant en contact hydraulique. A Braine, les nitrates sont détectés, mais pas les herbicides azotés.

f) Nappe des sables de l'Yprésien supérieur

L'eau des sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien) présente souvent des teneurs en fer élevée, qui dépassent la référence qualité pour le fer total, égale à $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$. Cette forte présence de fer peut être due au caractère réducteur de la nappe, lorsqu'elle est captive sous les argiles de Laon. Les nitrates sont peu présents ($< 5 \text{ mg.L}^{-1}$) mais leur concentration tend à augmenter. Les teneurs en chlorures sont de l'ordre de 15 mg.L^{-1} , signe, pour une nappe captive, d'un apport anthropique.

g) Nappe des calcaires du Lutétien

La teneur en nitrates mesurée traduit une pollution azotée permanente et forte ($> 80 \text{ mg.L}^{-1}$) du plateau du Soissonnais, probablement d'origine agricole. Elle a atteint son maximum (88 mg.L^{-1}) en décembre 2003 et juin 2004 et a tendance à diminuer en 2007 mais avec des valeurs toujours très supérieures à la C.M.A. qui oscillent autour de 85 mg.L^{-1} .

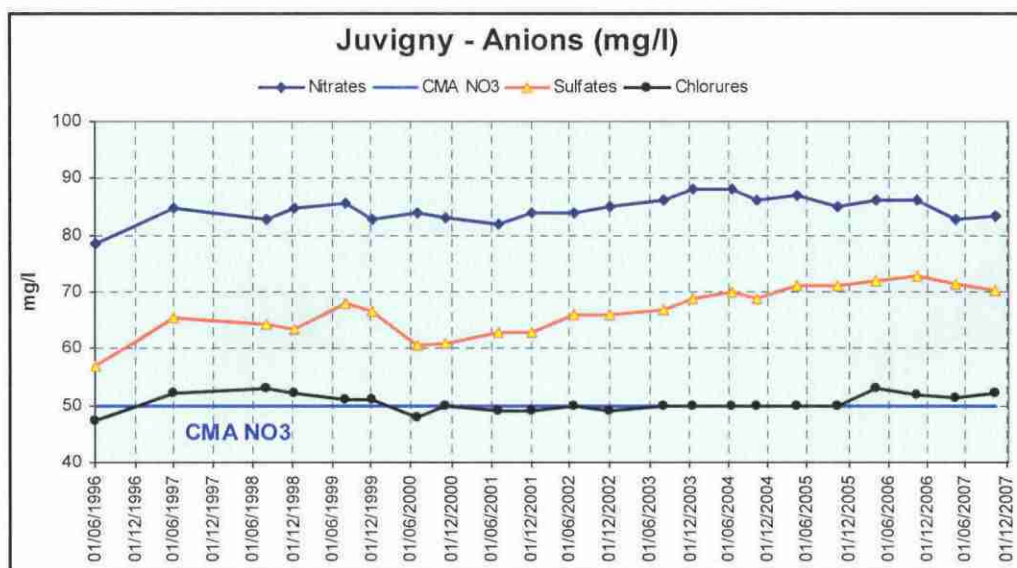


Illustration 36 : concentration en éléments majeurs - Calcaires du Lutétien (Juvigny - 01064X0054)

Dans la vallée de l'Ourcq, les teneurs en nitrates sont également fortes, autour de 45 mg.L⁻¹ avec des dépassements occasionnels constatés de la C.M.A., et les herbicides azotés sont détectés dans plusieurs points de contrôle.

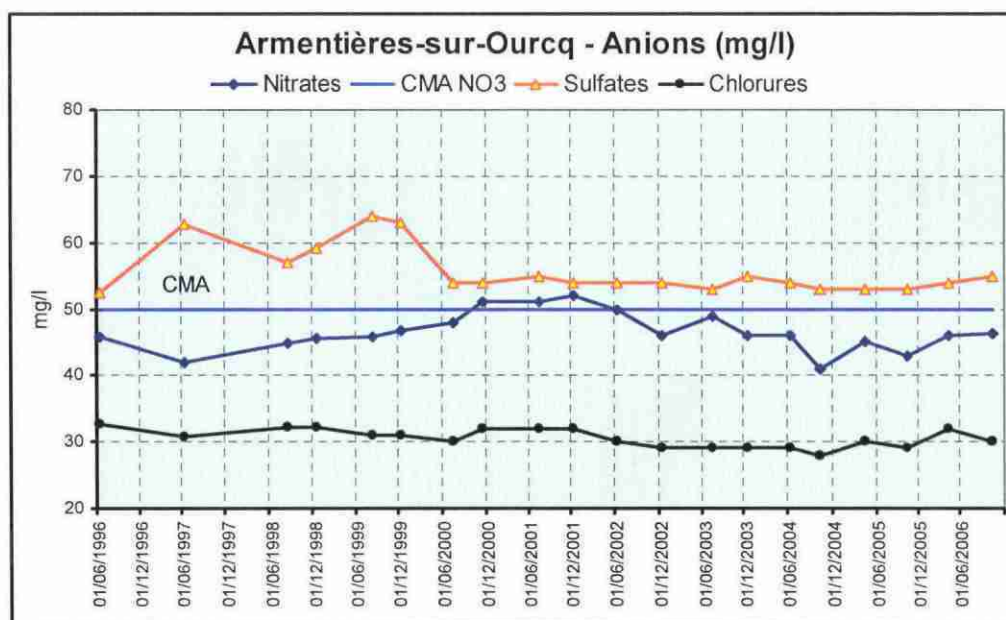


Illustration 37 : concentration en éléments majeurs - Calcaires du Lutétien (Armentières-sur-Ourcq - 01306X0023)

Les infiltrations superficielles sont facilitées par la perméabilité de fissures et la faible protection de l'aquifère lorsqu'il est libre.

h) Nappe des calcaires du Bartonien

Le seul point de contrôle est le captage AEP d'Oulchy-la-Ville, où les nitrates sont présents autour de 42 mg.L^{-1} . Atrazine et déséthylatrazine sont respectivement détectées à $0,08 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ et $0,25 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$.

2.3.4. Captages AEP abandonnés

D'après les données de la DDASS, 290 captages ont été abandonnés. Dans près de 84% des cas le type d'ouvrage concerné est renseigné et pour 47% d'entre eux il s'agit de sources, milieu particulièrement vulnérable. Le deuxième type d'ouvrage le plus souvent abandonné est le puits avec 34% des cas.

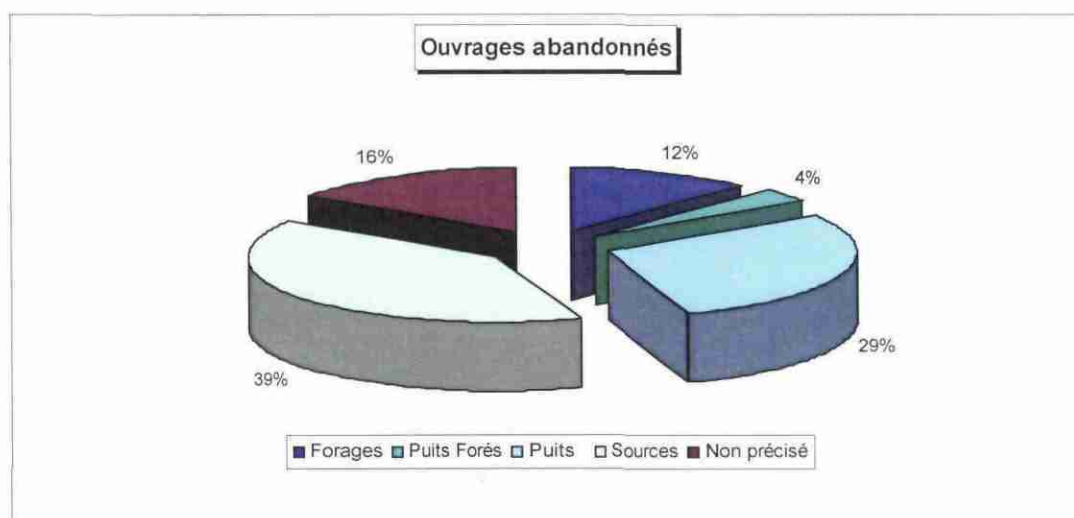


Illustration 38 : nature des captages AEP abandonnés : les sources sont prépondérantes

Le motif d'abandon de ces points d'eau est rarement renseigné (moins d'un tiers des cas).

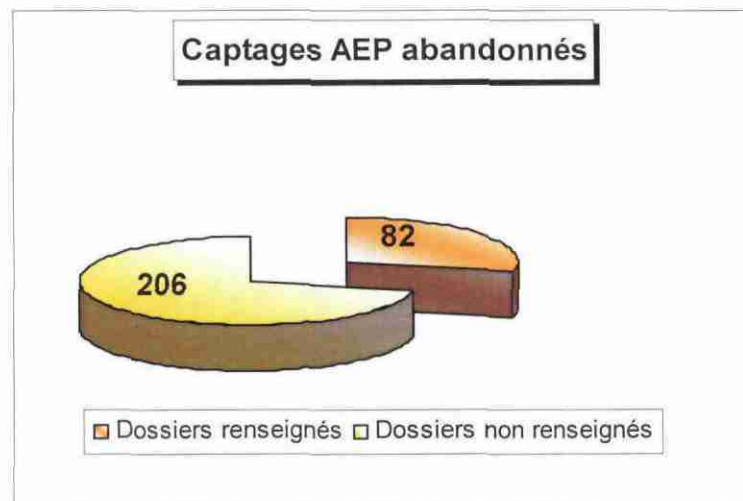


Illustration 39 : le motif d'abandon des captages AEP est mal connu

Lorsqu'elle est connue, la première cause d'abandon est due à un problème de dégradation de la qualité de l'eau souterraine, avec plus de 60% des cas. Le paramètre dégradant n'est pas systématiquement mentionné dans les données de la DDASS, mais lorsque c'est le cas ce sont le plus souvent les concentrations trop élevées en nitrates qui conduisent à arrêter l'exploitation d'un ouvrage.

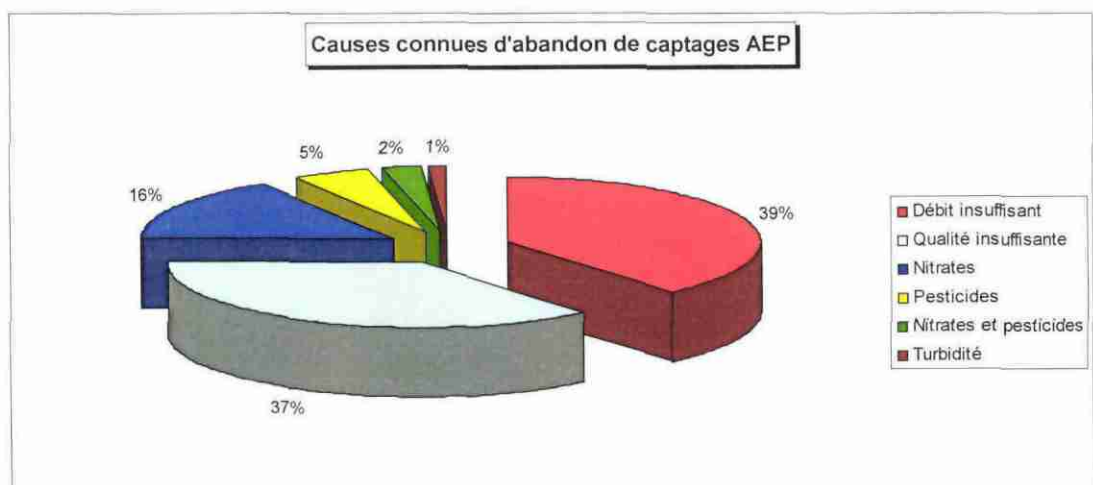


Illustration 40 : la cause principale connue de l'abandon de captage est la dégradation de la qualité de la ressource.

Il est à souligner que la moitié des ouvrages abandonnés à cause de leur débit étaient des puits situés dans les alluvions : les crépines des pompes ont pu être colmatées par ces dernières, réduisant ainsi les débits.

Par ailleurs aucune conclusion ne peut être énoncée quant à la répartition géographique des captages AEP abandonnés ou l'aquifère capté, aucune zone ne se démarquant par une plus forte concentration d'abandon ou par un motif en particulier. La partie Nord de l'Aisne qui est essentiellement constituée de craie affleurante comptabilise peu de sources abandonnées mais également peu de sources parce qu'il s'agit d'un terrain où l'infiltration des eaux est importante. Les sources sont visibles uniquement dans les vallées, zones de contacts avec les alluvions.

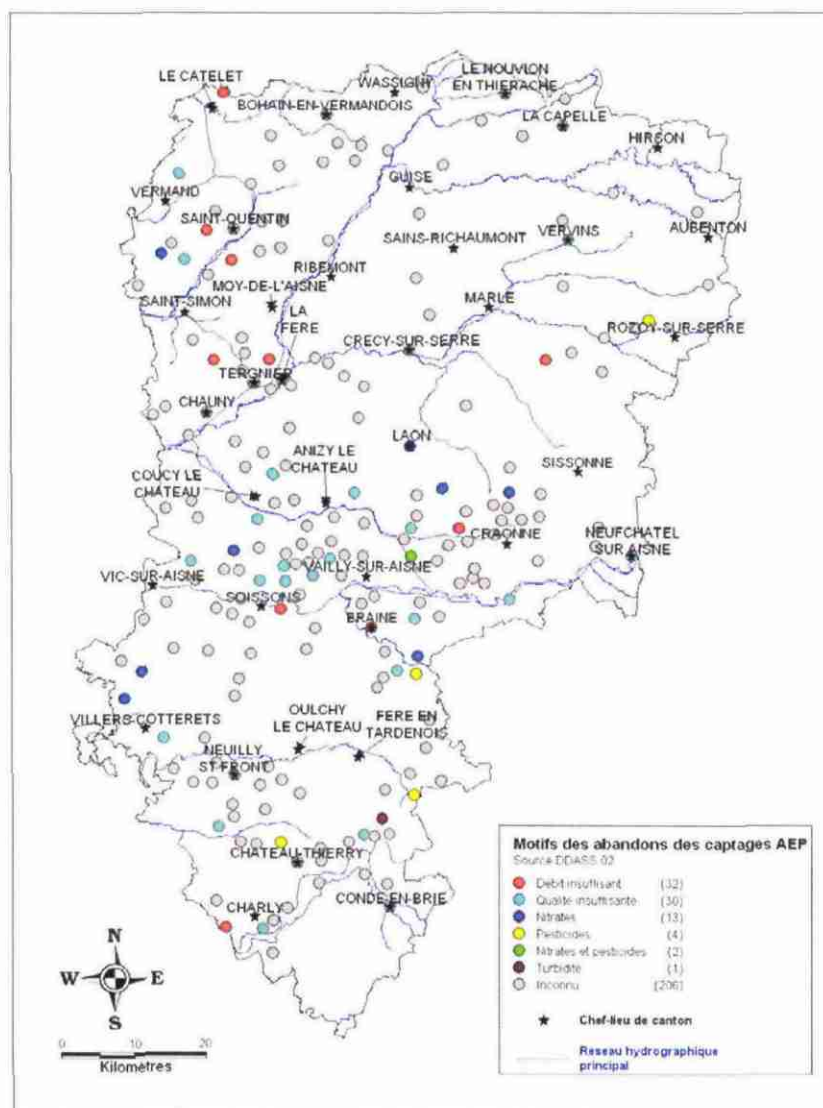


Illustration 41 : localisation des captages AEP abandonnés de l'Aisne

3. Exploitation des eaux superficielles et souterraines de l'Aisne

3.1. PRELEVEMENTS

Les données collectées s'échelonnent de 1982 à 2007 dans la zone de compétence de l'agence de l'eau Artois Picardie pour l'AEP et l'industrie, de 1993 à 2007 pour l'agriculture. En revanche, les données collectées auprès de l'agence de l'eau Seine Normandie (partie la plus importante du territoire départemental) couvrent les années 2001 à 2007 (pour l'année 2007, les volumes prélevés en eau souterraine et eau superficielle sont indifférenciés – sur l'illustration 43, la part des prélèvements agricoles en rivières a été estimée à 15 % qui est la moyenne des années 2001 à 2006).

Ces données ont fait l'objet d'un traitement SIG : sur la partie Artois-Picardie du département, le point de prélèvement est géoréférencé. Sur la partie Seine-Normandie tel n'est pas le cas, et le prélèvement a été ramené au centroïde de la commune du siège social du préleveur.

L'analyse thématique des prélèvements en eau dans l'Aisne, a été réalisée pour l'année 2005 car c'est celle qui comporte le plus de données (Illustration 44).

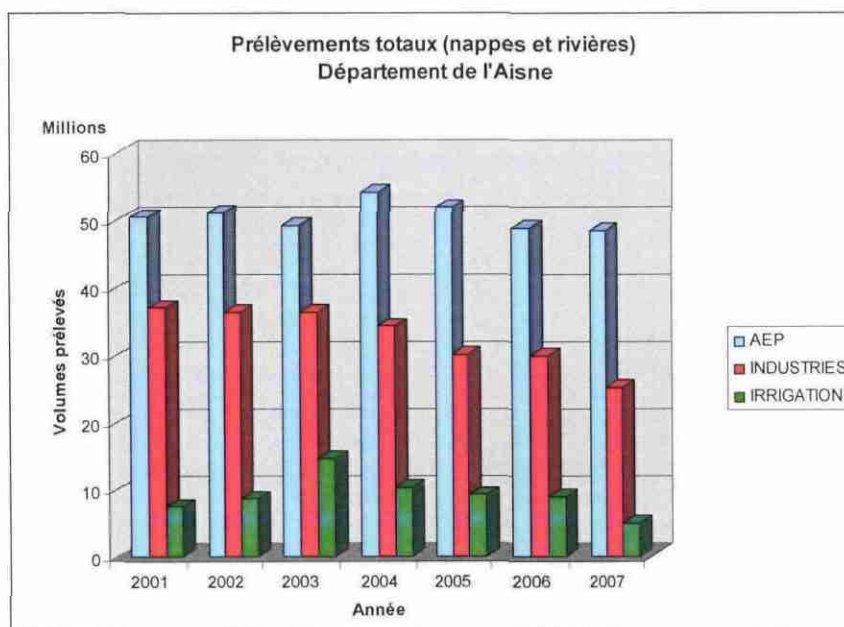


Illustration 42 : évolution des volumes des eaux superficielles et souterraines confondues prélevées dans l'Aisne entre 2001 et 2006.

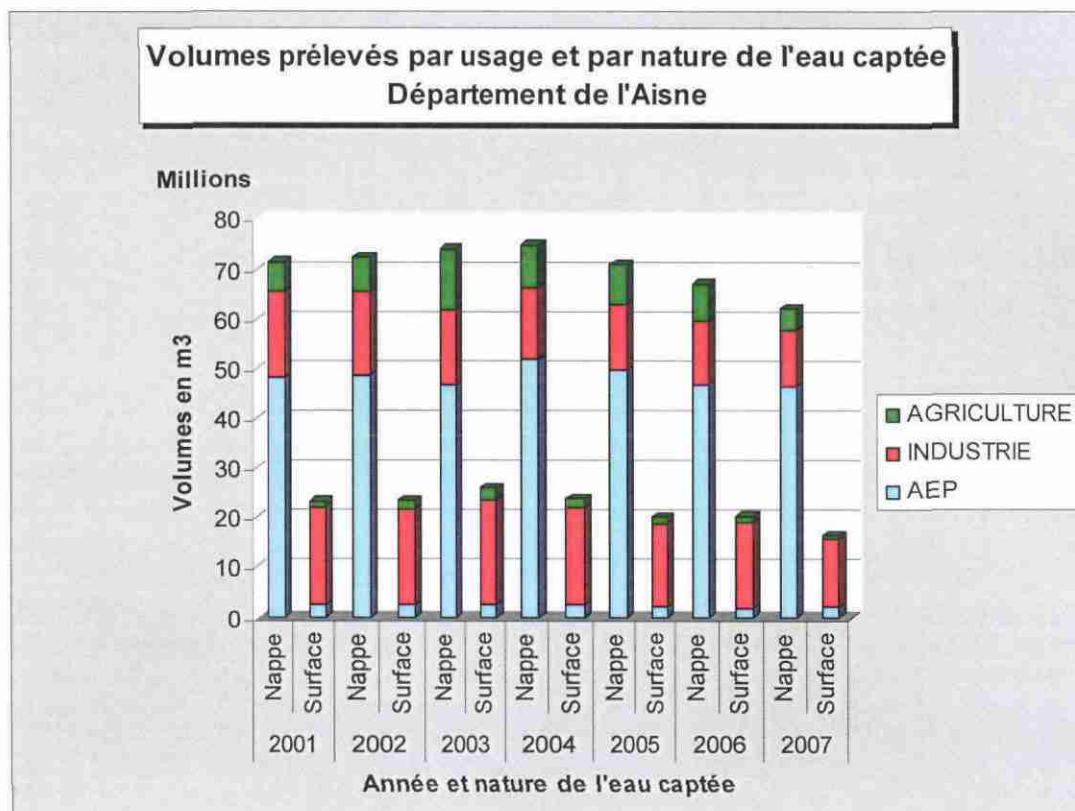


Illustration 43 : répartition des prélèvements d'eau par nature et usage dans le département de l'Aisne

3.1.1. Usage domestique

L'exploitation pour l'AEP est diffuse sur l'ensemble du territoire avec au total 402 captages. 96% des 52 millions de m³ prélevés en 2005 proviennent des nappes (le reste, 4%, des rivières). Il n'existe qu'un seul ouvrage qui capte l'eau de surface, à Englancourt, et les volumes qui y sont prélevés diminuent depuis 2004. Si l'on s'intéresse à la répartition spatiale des captages AEP du département, seules les vallées de l'Aisne et de l'Oise comptent une concentration plus importante de points de captages.

Les prélèvements ont connu une légère augmentation entre 2003 et 2004 mais on note depuis un retour à des valeurs proches de celles de 2003.

3.1.2. Usage agricole

Pour l'agriculture nous remarquons que la zone où la craie affleure est très peu exploitée (Illustration 44). La vallée de la Somme près de Ham (80) ainsi que les vallées de l'Aisne et de la Serre sont les pôles d'exploitation les plus denses : en effet, près d'un quart des captages agricoles y effectuent des prélèvements de surface. La densité des captages dans certaines zones s'explique par le type de culture qui y est pratiqué. Il s'agit en général de grandes exploitations céréalières, ou de betteraves et de la pomme de terre. Les zones comptant peu de captages pratiquent l'élevage, la viticulture (Sud du département) et comptent moins d'exploitants agricoles.

Au total, les 412 captages agricoles ont prélevé 9,1 millions de m³ en 2005, 87% de ce volume dans la nappe. Les volumes prélevés ont augmenté de 70,5% entre 2002 et 2003 : on peut y voir clairement les conséquences de cet été caniculaire. Il faudra attendre 2006 pour retrouver des prélèvements comparables à ceux de 2002.

3.1.3. Usage industriel

L'industrie a un impact réparti sur l'ensemble du département mais de façon peu dense, seulement 208 captages pour des prélèvements plus importants que ceux de l'agriculture.

Les volumes prélevés par l'industrie ont diminué de façon significative entre 2001 et 2006, il y a une baisse de 19,4%. Cela s'explique par la fermeture d'usines consommatrices d'eau telles que des sucreries, des industries agroalimentaires et de textile. Le nombre de captage a beaucoup diminué entre 2004 (156 points) et 2005 (111 points) mais l'ouverture d'une papeterie ainsi que la reprise d'activité de sucreries a limité l'impact sur les volumes prélevés.

Depuis 2005, les industries de l'Aisne prélèvent autour de 30 millions de m³ par an. La part des eaux souterraines est d'environ 43%.

Les pôles urbains de Tergnier et Saint-Quentin recensent le plus de captages puisqu'il s'agit de deux centres industriels parmi les plus importants du département.

Prélèvements moyens annuels calculés sur la période 2001-2006

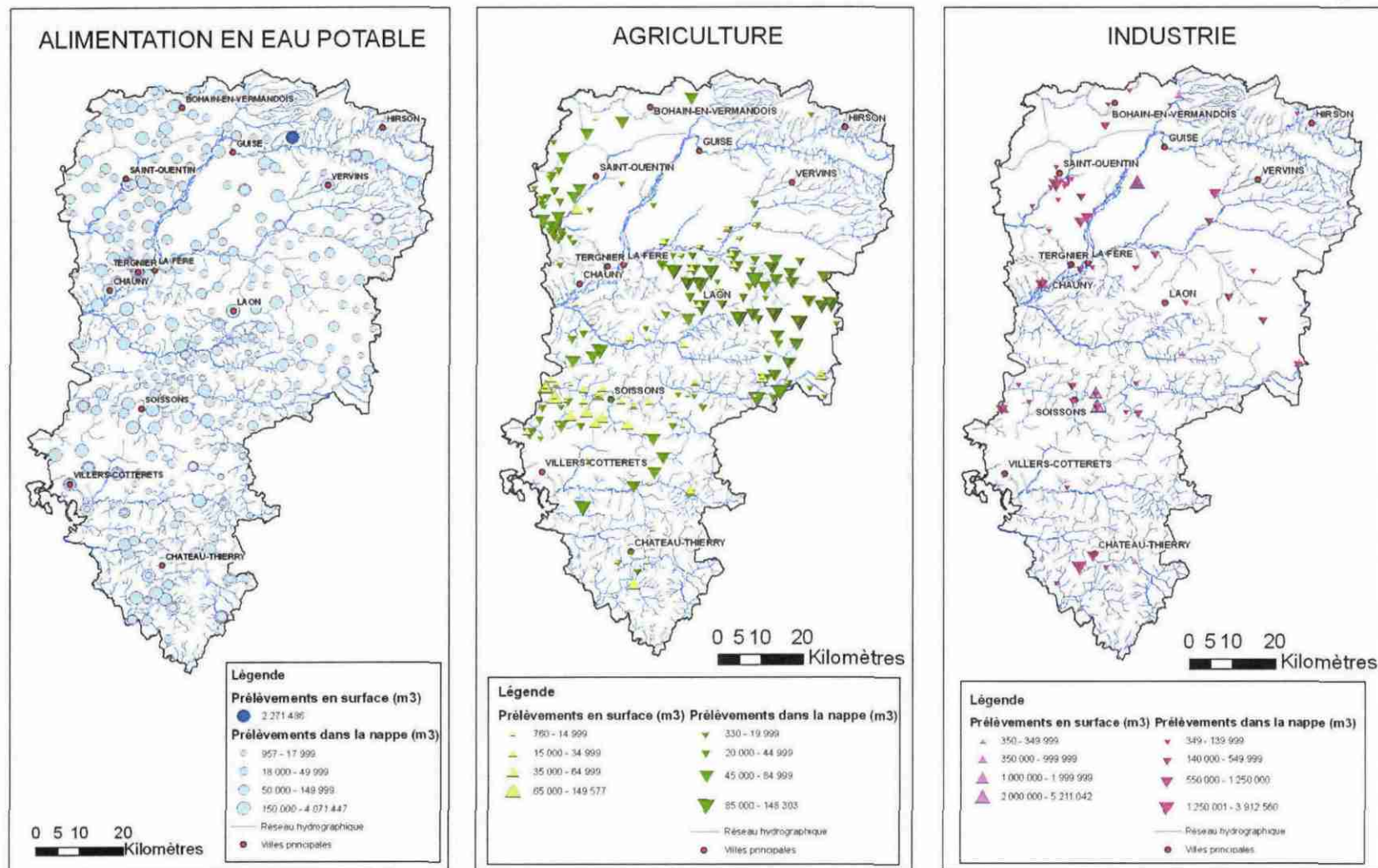


Illustration 44 : carte des prélèvements d'eau superficielle et souterraine du département de l'Aisne par usage.

3.2. BILANS HYDROLOGIQUES

3.2.1. Données collectées

La comparaison des entrées et des sorties d'eau des bassins versants a été établie au pas de temps annuel pour les années 2004 à 2007. Les données suivantes ont été collectées :

- pluviométrie décadaire à St-Quentin, Origny-Ste-Benoite et Oulchy-le-Château (auprès de Météo-France)
- évapotranspiration potentielle (ETP) décadaires à St-Quentin, Creil et Abbeville (auprès de Météo France)
- volumes prélevés dans la nappe de la craie et dans les rivières pour les usages domestique, agricole et industriel (auprès des Agences de l'Eau Artois-Picardie et Seine-Normandie)
- réserve utile des sols (auprès de la Chambre d'agriculture de l'Aisne)
- débits des cours d'eau drainants les bassins versants (auprès de la DREAL Picardie)
- données bibliographiques du BRGM relatives aux paramètres hydrodynamiques (transmissivité notamment) et au ruissellement sur les plateaux crayeux ; ces données pâtissent néanmoins de leur imprécision et faible représentativité pour les bassins versants concernés.
- chroniques piézométriques des piézomètres implantés dans le bassin
- volumes d'eau rejetés par les stations d'épuration du bassin (auprès de la DDAF de l'Aisne)

La pluie efficace (calculée à partir de la pluie, de l'ETP et de la réserve utile des sols), le ruissellement et l'infiltration vers la nappe sont calculés au pas de temps décadaire, puis cumulés annuellement dans les bilans.

3.2.2. Imprécision des données et pas de temps de calcul

Parmi les données utiles au calcul d'un bilan hydrologique, beaucoup ne peuvent être déterminées avec précision : le ruissellement, l'éventuel flux souterrain entrant dans le BV, le flux souterrain sortant du BV, le volume d'eau d'irrigation qui ruisselle, le volume d'eau d'irrigation infiltrée qui n'est pas assimilé par les végétaux et le volume d'eau qui est rejeté après traitement hors stations d'épuration par l'industrie. Les hypothèses qui permettraient d'estimer ces termes sont telles que la validité et la précision des résultats obtenus ne seraient pas garanties.

Par ailleurs, les données concernant les volumes prélevés ne sont pas homogènes entre les deux agences de l'eau :

- les volumes prélevés dans le bassin Artois-Picardie sont géoréférencés et couvrent la période 1982-2007 ;
- les volumes prélevés dans le bassin Seine-Normandie ne sont pas géoréférencés. Ils sont rattachés à la commune du préleveur. Sur les cartes et dans les bases de données de l'atlas, les coordonnées mentionnées pour les points de prélèvement du bassin Seine-Normandie sont celles du centroïde de la commune du préleveur. Dans le cas d'un ouvrage d'irrigation par exemple, si l'irrigant possède un forage sur une parcelle cultivée dans une commune autre que celle de son exploitation, cela introduit une erreur dans la localisation du point de prélèvement. La période couverte par les données s'étend de 2002 à 2006 ;

Ces données sont annuelles.

Les hydrogrammes des stations de jaugeage d'Origny-Ste-Benoite et de Pont-à-Bucy sont incomplets sur la période 2004-2007.

Compte tenu de ces incertitudes et imprécisions, seule a été effectuée une comparaison des ressources renouvelables (entrées) aux prélèvements et débits de la Somme (sorties). Ces termes d'un bilan hydrologique (qui n'a donc pu être établi) sont présentés ci-dessous au pas de temps annuel.

3.2.3. Bassin versant de la Haute-Somme

a) Situation géographique et hydrographie

La Somme prend sa source dans le département de l'Aisne, à Fonsommes. Le bassin versant de la Somme couvre une superficie de 380 km² en amont de la station hydrométrique d'Ham. Entre sa source à Fonsommes et cette station hydrométrique, un affluent la rejoint en rive gauche (la Sommette) peu avant Ham. La topographie du bassin versant s'échelonne de 60 à 160 m NGF.

Une des spécificités de cette zone réside dans l'existence de plusieurs canaux :

- le canal de Saint-Quentin, qui joint l'Escaut à l'Oise et suit le cours de la Somme entre Saint-Quentin et Saint-Simon ;
- le canal de la Somme, qui démarre au niveau de Saint-Simon sous la forme d'un canal latéral au fleuve et ce jusqu'à Froissy, après Ham ;
- le canal d'alimentation du Noirrieu, qui suit le cours de la Somme entre Fonsommes et Saint-Quentin. Ce canal d'alimentation relie le Noirrieu, affluent de l'Oise, au canal de Saint-Quentin.

b) Hydrogéologie

La partie amont du bassin versant de la Somme s'est développée dans la craie du Sénonien et de la partie supérieure du Turonien. Cette craie présente des réactions rapides pour le bassin versant de la Somme (comme le montre le piézomètre d'Etaves-et-Bocquiaux, par exemple). Quelques placages tertiaires subsistent localement en bordure du bassin versant (Sud-Ouest du bassin versant en particulier), et la craie est souvent couverte d'un manteau limoneux dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs mètres.

La connaissance piézométrique du bassin versant de la Haute-Somme s'appuie sur le réseau piézométrique du bassin Artois-Picardie (5 piézomètres) géré par le BRGM pour le compte du MEEDDM (Tableau 5).

CODE BSS	COMMUNE	XL2E	YL2E
00497X0018	ETAVES ET BOCQUIAUX	680 190	2 549 647
00496X0019	FONSOMMES	676 622	2 545 433
00652X0007	MESNIL SAINT LAURENT	674 074	2 537 703
00643X0015	VILLERS SAINT CHRISTOPHE	655 095	2 532 285
00651X0092	URVILLERS	670 297	2 533 369

Tableau 5 : piézomètres du bassin versant de la Haute-Somme

La zone alluviale de la Somme comporte de nombreux étangs et marais, signes de l'existence d'une zone d'émergence de la nappe. Cette situation est favorisée par un relief dans lequel la recharge de l'aquifère crayeux se fait au niveau des plateaux, les fonds de vallée situés bien en contrebas constituant l'exutoire naturel. Le débit de la Somme est notablement soutenu par la nappe de la craie comme l'a montré par exemple la modélisation maillée du bassin versant de la Somme réalisée par le BRGM.

c) Usages

Unique ressource aquifère du bassin versant de la Haute-Somme, la nappe de la craie est sollicitée pour tous les usages :

- domestiques (alimentation en eau potable, AEP), 36 forages, poste principal de consommation d'eau ;
- agricoles (irrigation surtout), 14 forages ;
- industriels, 12 forages (mais en volume, les prélèvements industriels sont sur la période 2004-2007 du même ordre de grandeur que les prélèvements AEP et presque dix fois supérieurs à ceux de l'agriculture).

Il n'existerait qu'un seul prélèvement en rivière, à Seraucourt, pour l'irrigation.

Les volumes prélevés en 2007 sur la partie Seine-Normandie du bassin versant de la Haute-Somme (5 points) ont été estimés par une règle de trois selon cette formule :

$$vol_SN_2007 = vol_SN_2006 \times \frac{vol_AP_2007}{vol_AP_2006}$$

d) Végétation

L'occupation des sols est dominée par l'agriculture. La végétation forestière est peu représentée. La vallée de la Somme est occupée en plusieurs endroits par de la végétation marécageuse, nénuphars et roseaux, avec çà et là des fourrés de saules et de frênes ainsi que des peupleraies.

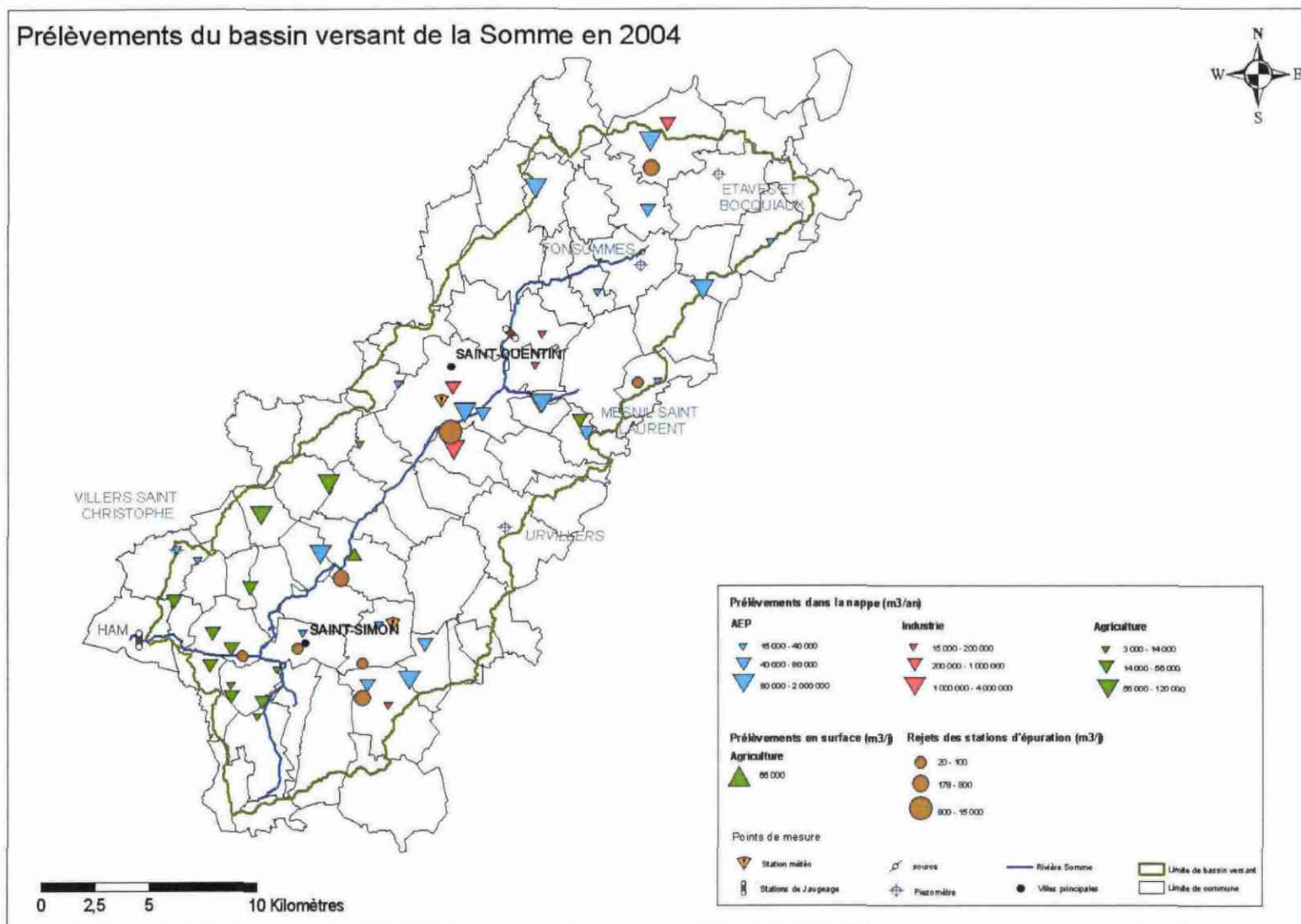


Illustration 45 : prélèvements du bassin versant de la Haute-Somme – Année 2004

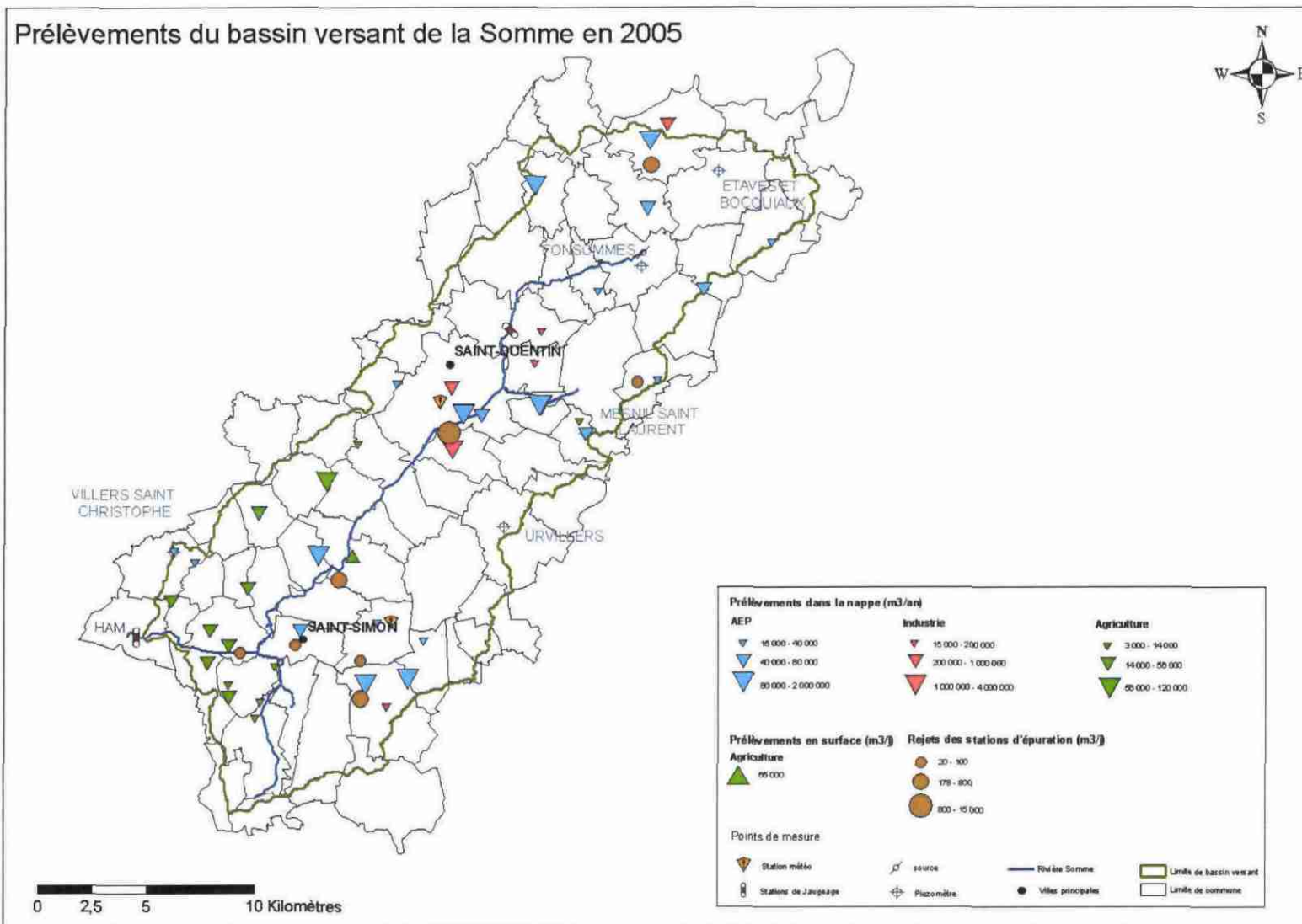


Illustration 46 : prélèvements du bassin versant de la Haute-Somme – Année 2005

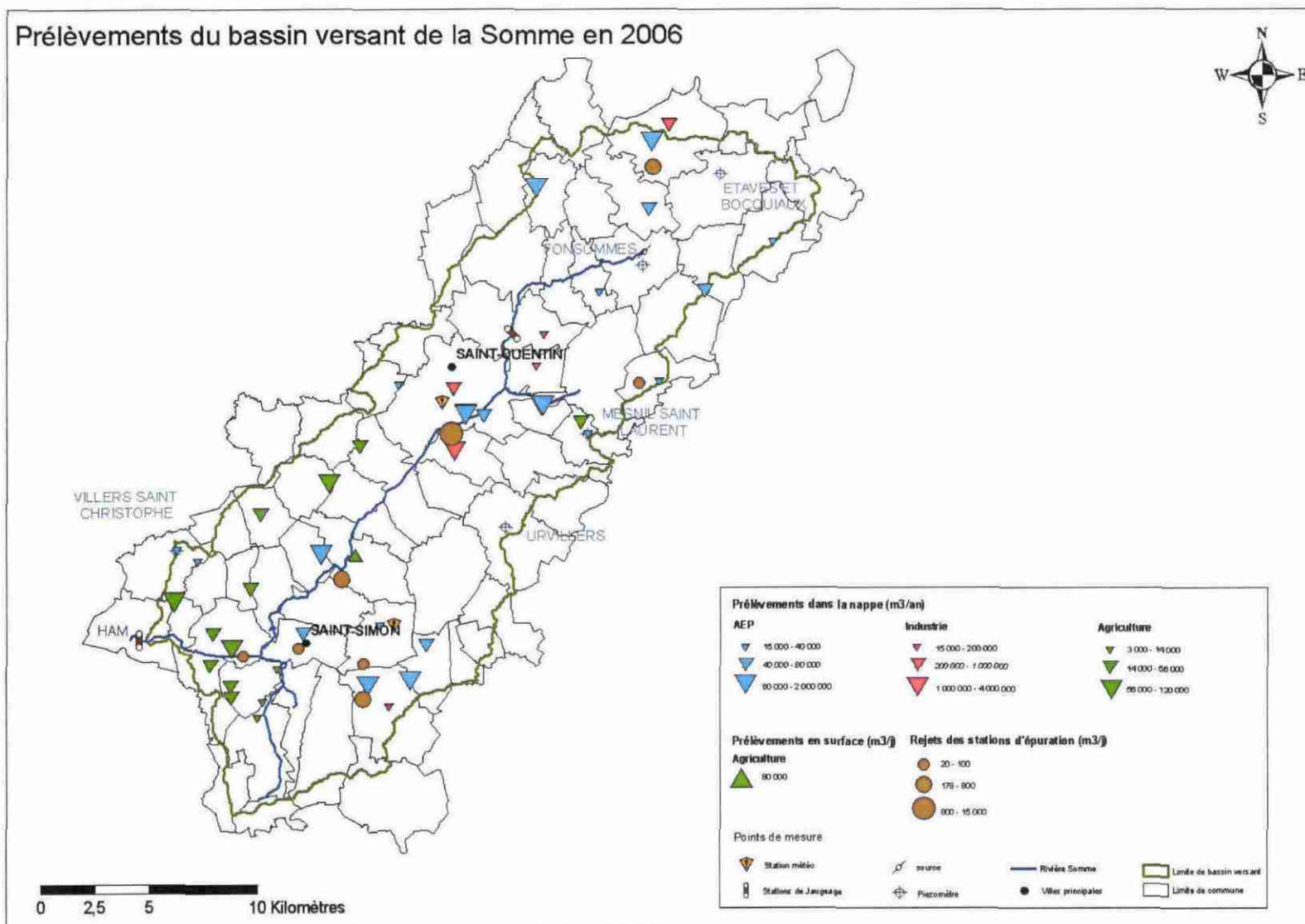


Illustration 47 : prélèvements du bassin versant de la Haute-Somme – Année 2006

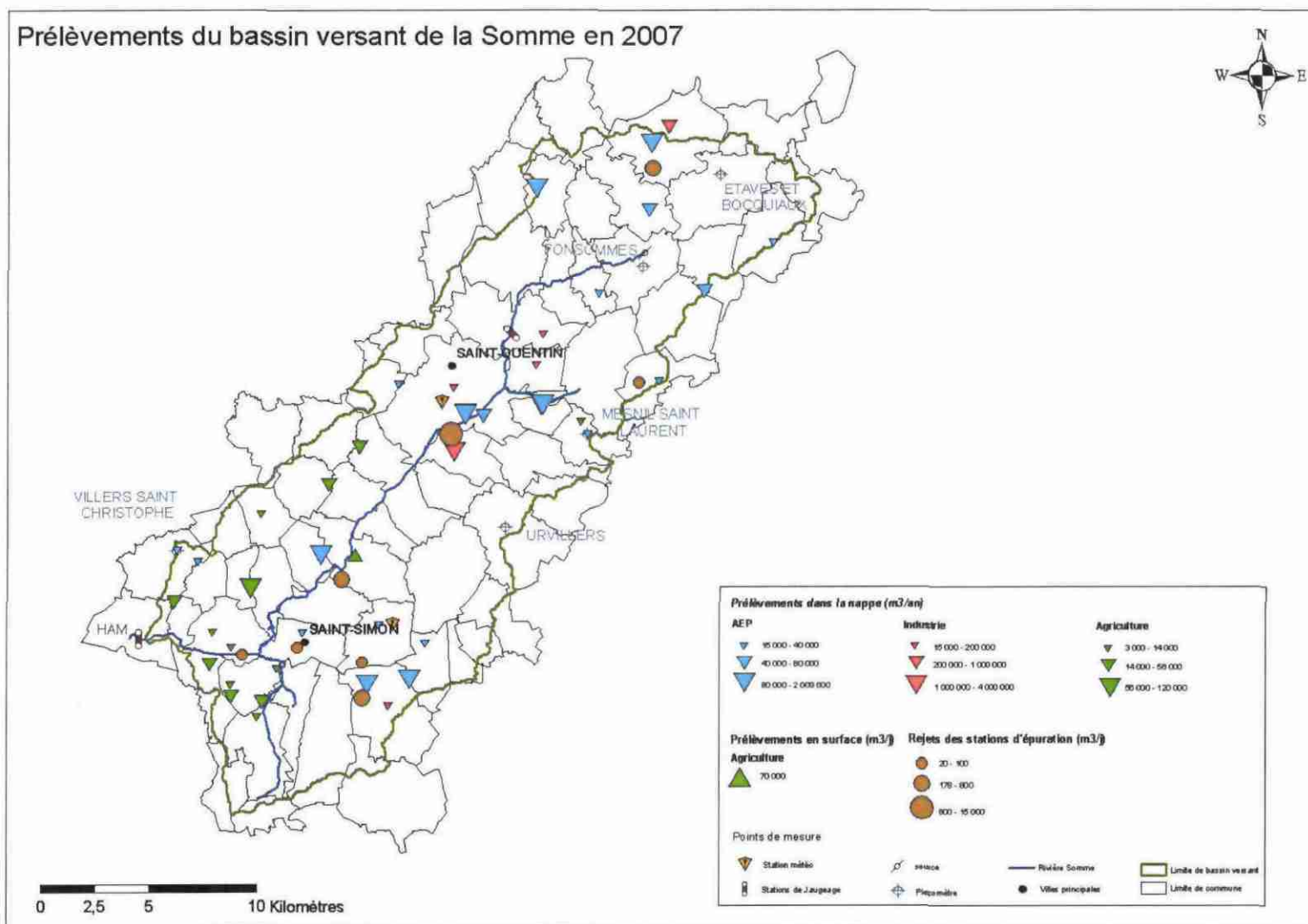


Illustration 48 : prélèvements du bassin versant de la Haute-Somme – Année 2007

e) Lecture des bilans

Le rapport BRGM/RP-54993-FR a établi grâce à des données de la Chambre d'agriculture de l'Aisne que la réserve utile des sols du bassin versant de la Serre voisin pouvait être estimée à 104 mm. La pédologie du bassin versant de la Somme étant comparable à celle du bassin versant de la Serre (limons sur craie), nous posons l'hypothèse suivante : réserve utile maximale (RU_{max}) = 104 mm.

	2004	2005	2006	2007	2004-2007
Ressources (Pluies efficaces en mm/an)	85,6	45	149,8	168	448,4
Ressources (Pluies efficaces en millions m3)	32,5	17,1	56,9	63,8	170,4
Prélèvements en millions m3 (nappe et rivières)	13,5	12,8	12,1	11,1	49,5
Volumes écoulés par la rivière Somme à Ham (millions de m3)	51,2	30,0	37,8	62,7	181,7
Bilan en millions m3 (entrées - sorties)	-32,2	-25,7	7,0	-10,0	-60,8

superficie du bassin versant de la Haute-Somme : 380 km²

Tableau 6 : comparaison ressources renouvelables/prélèvements du bassin versant de la Haute-Somme sur la période 2004-2007

Les pluies efficaces moyennes annuelles atteignent 165 mm sur le bassin versant de la Haute-Somme (moyenne calculée sur la période 1946-2002¹³ avec une réserve utile maximale de 100 mm). Les années 2004 et 2005 sont donc des années déficitaires, et 2006 et 2007 des années moyennes.

Les ressources renouvelables (pluies efficaces) varient fortement. 2006 et 2007 sont deux années très pluvieuses : les pluies brutes ont dépassé les 800 mm, alors qu'en 2004 et 2005 elles étaient de l'ordre de 600 mm (la moyenne pour ce bassin versant calculée sur la période 1991-2000 étant de l'ordre de 700 mm - Illustration 4). L'évapo-transpiration potentielle (ETP) quant à elle varie peu (autour de 750 mm). Sur la période 2004-2007, l'évapo-transpiration réelle (ETR) a augmenté de 40 mm chaque année (passant de 530 à 650 mm).

Compte tenu de l'inertie de la nappe (cycles pluriannuels), il est difficile d'établir un bilan à l'échelle annuelle – sans compter l'imprécision des données (voir § 3.2.2)). Néanmoins, le Tableau 6 montre qu'au cours de la période 2004-2007, les sorties du

¹³ Christian Scherer, Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, 2002

système (prélèvements et débits de la Somme) excèdent les ressources renouvelables (pluies efficaces).

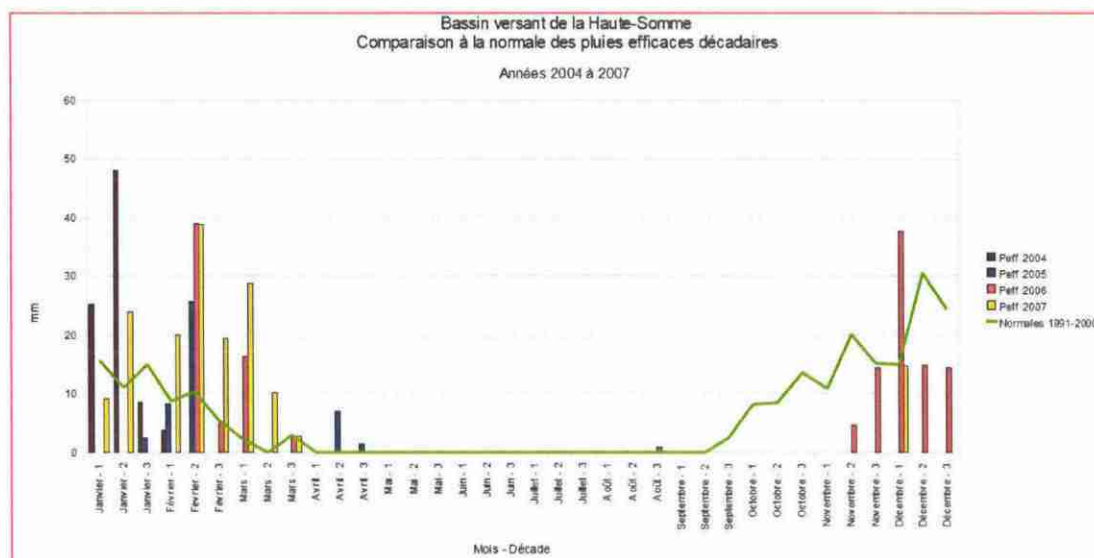


Illustration 49 : comparaison des pluies efficaces décadaires à St-Quentin en 2004-2007 aux normales décadaires 1991-2000 à St-Quentin

En comparant les pluies efficaces décadaires de la période 2004-2007 aux normales décadaires à St-Quentin sur la période 1991-2000, on constate qu'elles ont été excédentaires aux premiers trimestres 2004, 2006 et 2007, mais fortement déficitaires en 2005 et aux derniers trimestres 2004 et 2007. De mars à septembre les normales sont de toute façon quasiment nulles (Illustration 49).

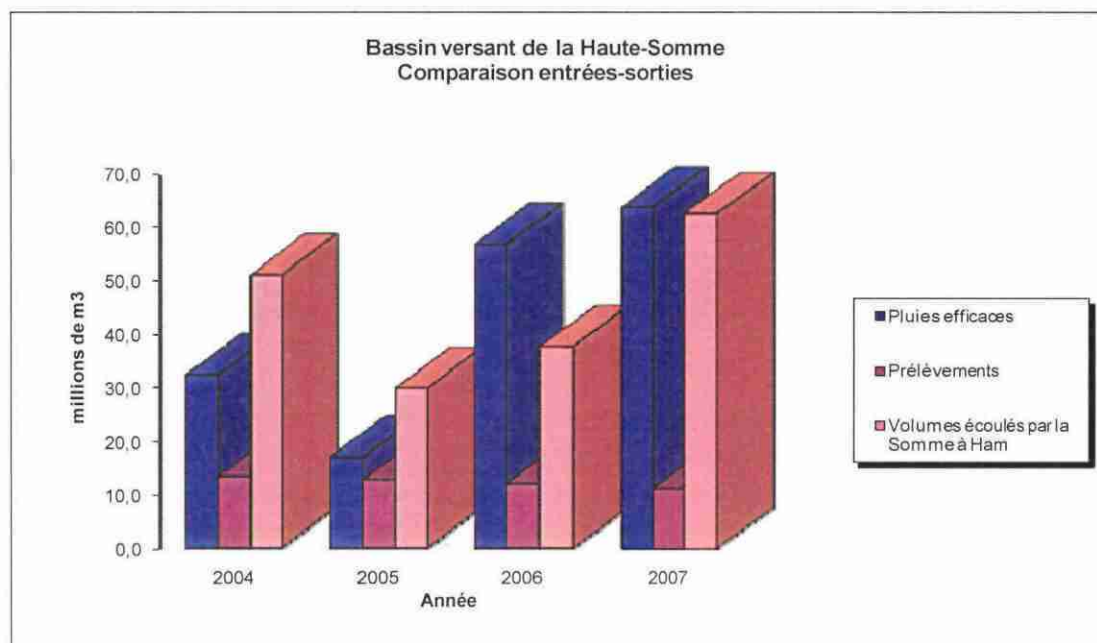


Illustration 50 : en 2005, les sorties (prélèvements + débits) ont représentés 2,5 fois les ressources renouvelables

Entre 2004 et 2007, les prélèvements ont le même ordre de grandeur. Les années 2004 et 2005, peu pluvieuses, ne sont pas celles où le débit de la Somme est le plus faible (2005 et 2006) : le débit des cours d'eau est en effet soutenu par la nappe en raison de l'inertie de celle-ci, accusant de façon différée les conséquences du déficit pluviométrique. Même constat en 2006, où les pluies efficaces sont plus abondantes, sans que le débit de la Somme n'augmente toutefois significativement (Illustration 50).

Sur le bassin de la Haute-Somme, l'alimentation en eau potable est systématiquement le poste le plus consommateur d'eau. Lorsque les prélèvements agricoles sont maximaux (3^e trimestre), ils atteignent 11% des prélèvements totaux (moyenne 2004-2007 - Illustration 51). Ils tombent à 6 % au 2^e trimestre, et sont bien entendus négligeables d'octobre à avril (pas d'irrigation).

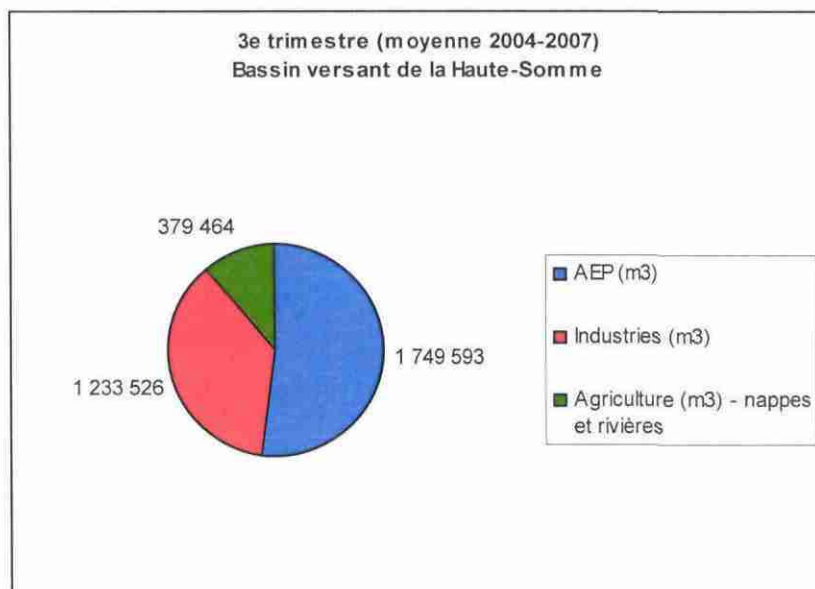


Illustration 51 : bassin versant de la Haute-Somme : part des prélèvements en fonction de leur usage (3^e trimestre, moyenne 2004-2007)

L'illustration 52 montre, sur l'exemple du piézomètre d'Urvillers, que les pluies efficaces ne s'accompagnent d'une remontée de la nappe de la craie qu'en période hivernale et printanière, lorsqu'elles produisent une alimentation vers la nappe (saturation du réservoir sol).

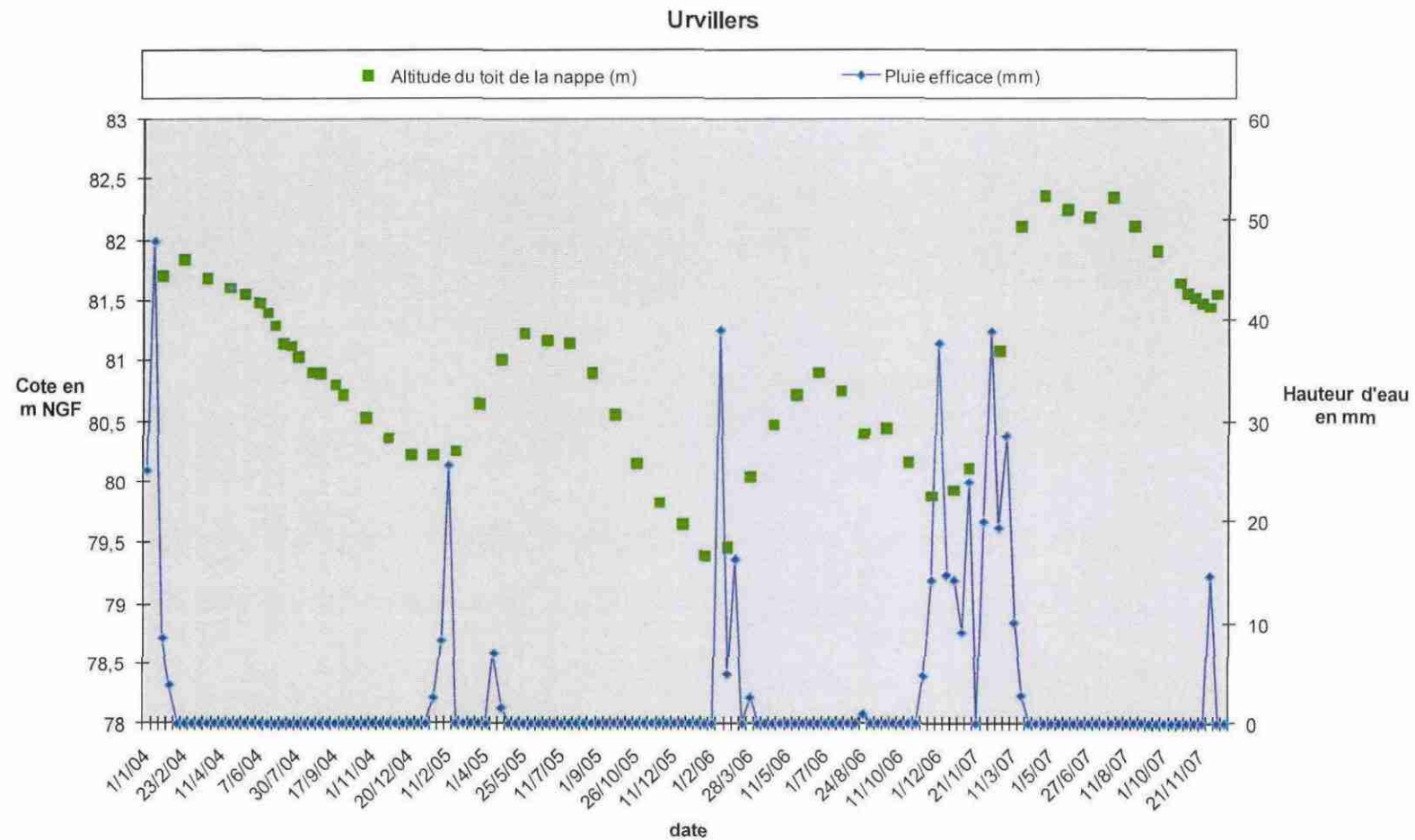


Illustration 52 : influence des pluies efficaces sur la piézométrie

3.2.4. Bassin versant de l'Oise

a) Situation géographique et hydrographie

L'Oise prend sa source dans les Ardennes belges (§ 2.1.3). Situé au centre-Nord du département de l'Aisne, le bassin versant de l'Oise entre Condren et Origny-Ste-Benoite couvre une superficie de 362 km². Sur ce tronçon, l'Oise reçoit les eaux de la Serre à Danizy ainsi que de deux cours d'eau de moindre importance : un ruisseau à Sissy, et le Rieu à Tergnier. La topographie du bassin versant s'échelonne de 50 à 150 m.

Le bilan hydrologique concerne le tronçon Condren-Origny-Ste-Benoite à l'exclusion du sous-bassin versant de la Serre.

b) Hydrogéologie

Dans ce secteur, la vallée de l'Oise entaille le plateau crayeux, du Coniacien dans sa partie amont (Origny-Ste-Benoite) au Campanien dans sa partie aval (Condren). Quelques placages tertiaires subsistent localement en tête de bassin versant, tandis qu'à l'aval la craie disparaît sous les formations tertiaires du Thanétien et de l'Yprésien inférieur (les sables de l'Yprésien supérieurs sont anecdotiques à l'échelle de la zone considérée). Les sables du Thanétien (qui portent la dénomination locale de « sables de Bracheux ») sont au contact de la craie, et en liaison hydraulique avec la nappe de la craie.

La connaissance piézométrique du bassin versant de l'Oise entre Condren et Origny-Ste-Benoite s'appuie sur le réseau de bassin Seine-Normandie (3 piézomètres), géré par le BRGM pour le compte du MEEDDM.

CODE BSS	COMMUNE	XL2E	YL2E
00652X0007	MESNIL-ST-LAURENT	674074	2 537 703
00654X0014	PARPEVILLE	688 953	2 534 129
00651X0092	URVILLERS	680 297	2 533 369

Tableau 7 : piézomètres du bassin versant de l'Oise entre Condren et Origny-Ste-Benoite

Les piézomètres de Mesnil-St-Laurent et Urvillers sont implantés sur la crête piézométrique qui sépare le bassin versant hydrogéologique avec celui de la Haute-Somme, et à ce titre ils peuvent être rattachés aux deux.

La zone alluviale de l'Oise, comme celle de la Somme, comporte de nombreux étangs et marais, signes de l'existence d'une zone d'émergence de la nappe. Cette situation est favorisée par un relief dans lequel la recharge de l'aquifère crayeux se fait au niveau des plateaux, les fonds de vallée situés bien en contrebas constituant l'exutoire naturel.

c) Usages

Unique ressource aquifère du bassin versant de l'Oise entre Condren et Origny-Ste-Benoite (les sables du Thanétien ne constituent pas une ressource aquifère), la nappe de la craie est sollicitée pour tous les usages :

- domestiques (alimentation en eau potable, AEP), 24 forages, poste principal de consommation d'eau souterraine ;
- industriels, 7 forages ;
- agricoles, 1 forage.

2 forages industriels pompent par ailleurs les eaux de la rivière Oise. Toute nature confondue (nappe et rivières), l'industrie occupe la première place des consommateurs d'eau dans le bassin de l'Oise entre Condren et Origny-Ste-Benoite. Les volumes prélevés pour l'irrigation sont négligeables (moins de 1% des volumes prélevés sur le bassin versant).

Les volumes prélevés en 2007 sur la partie Seine-Normandie du bassin versant de la Haute-Somme ont été estimés par une règle de trois selon cette formule :

$$vol_SN_2007 = vol_SN_2006 \times \frac{vol_AP_2007}{vol_AP_2006}$$

(les volumes du bassin Artois-Picardie utilisés dans cette formule proviennent de 6 points limitrophes du bassin versant de l'Oise).

d) Végétation

La vallée de l'Oise, surtout dans sa partie nord, montre un contraste remarquable entre le lit majeur, fortement marqué par l'humidité et les versants, beaucoup plus secs. La végétation du fond de vallée est constituée de zones de végétation hygrophile marquée par les alternances d'assèchement et d'inondation, souvent remplacée par les peupleraies et exploitée pour l'extraction de granulats. La végétation des versants crayeux, lorsqu'ils ne sont pas cultivés, est parfois tout à fait particulière¹⁴ (flore calcicole).

¹⁴ « Inventaire des paysages de l'Aisne », CAUE de l'Aisne, 2004.

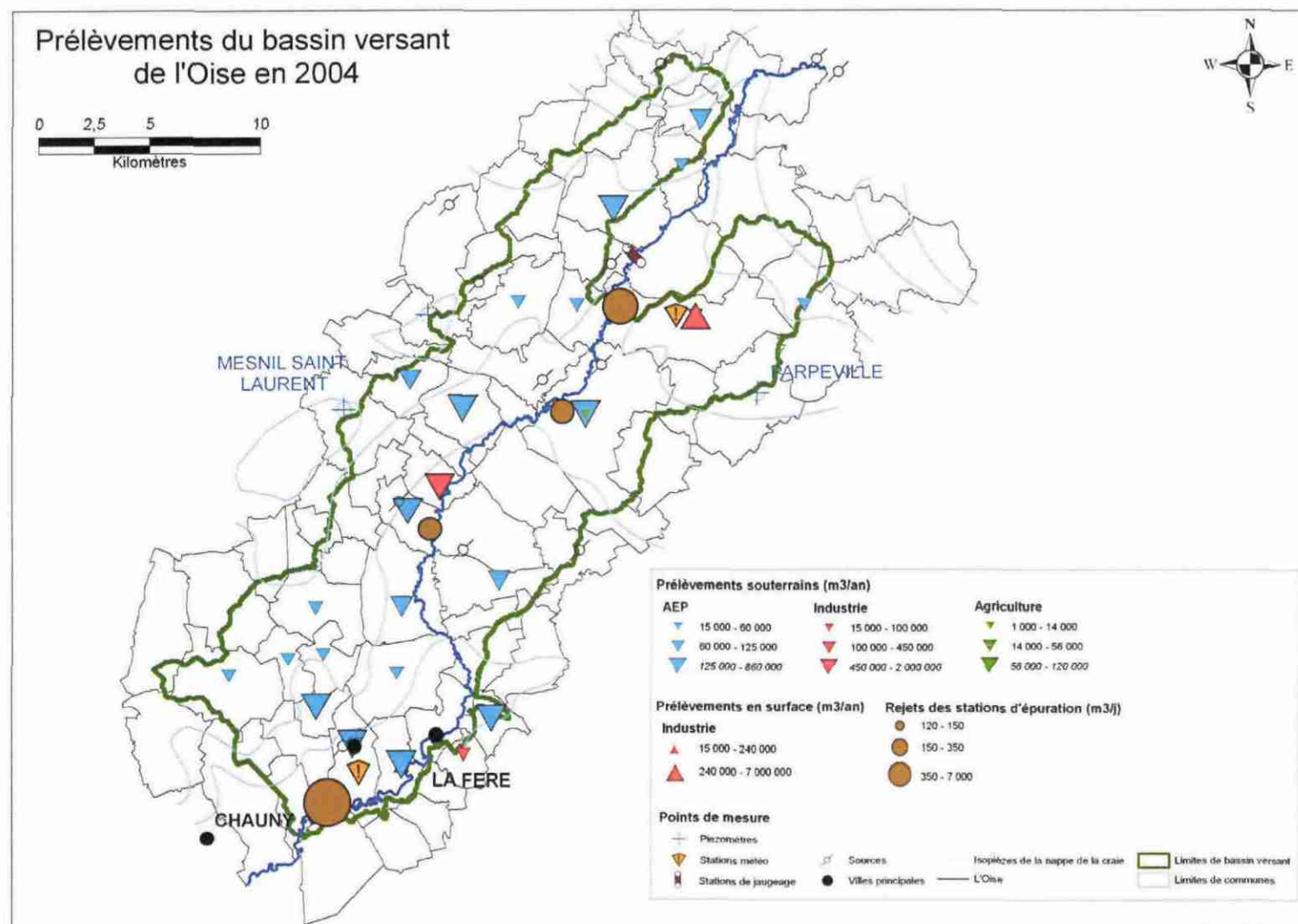


Illustration 53 : prélèvements du bassin versant de l'Oise en 2004

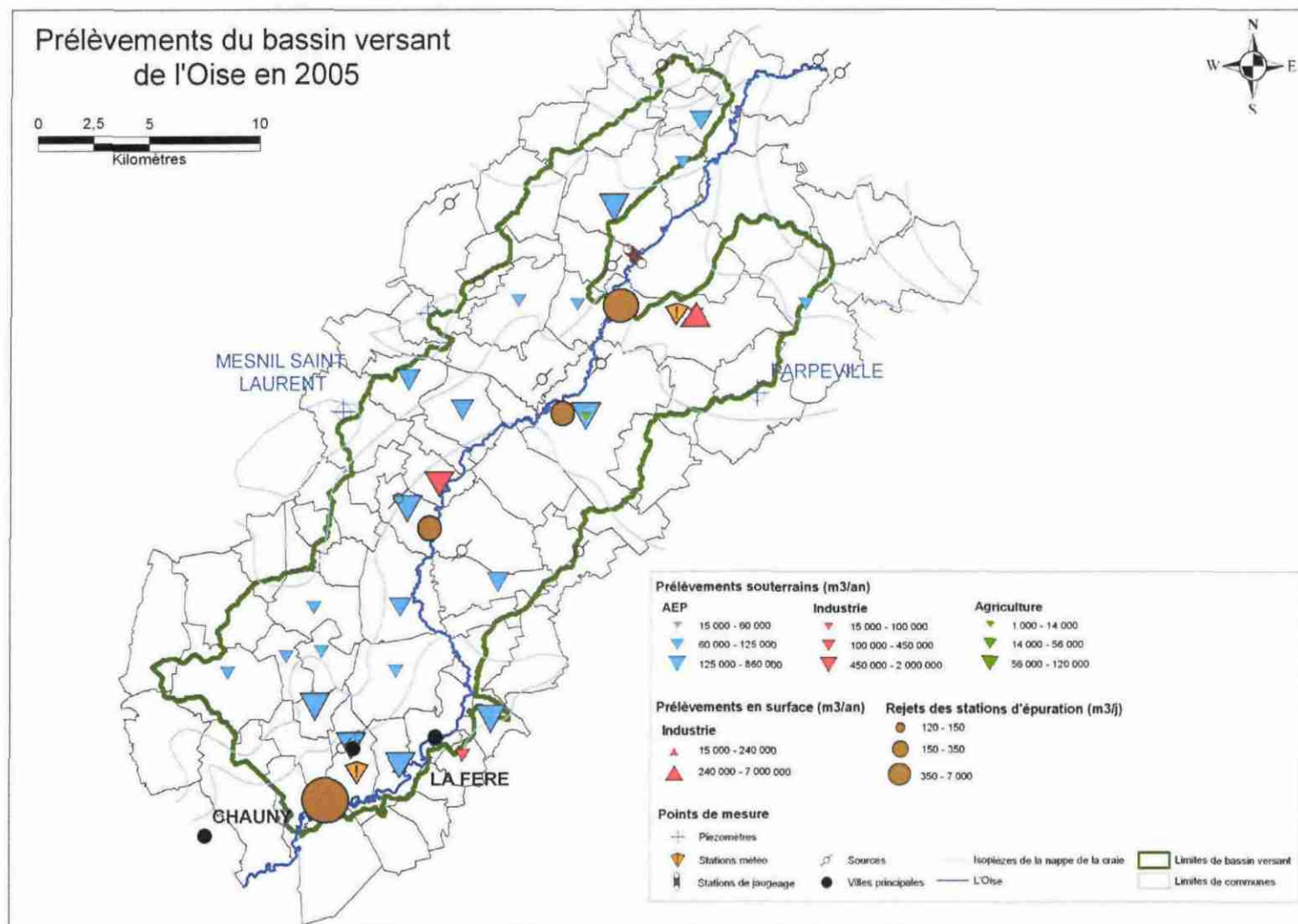


Illustration 54 : prélèvements du bassin versant de l'Oise en 2005

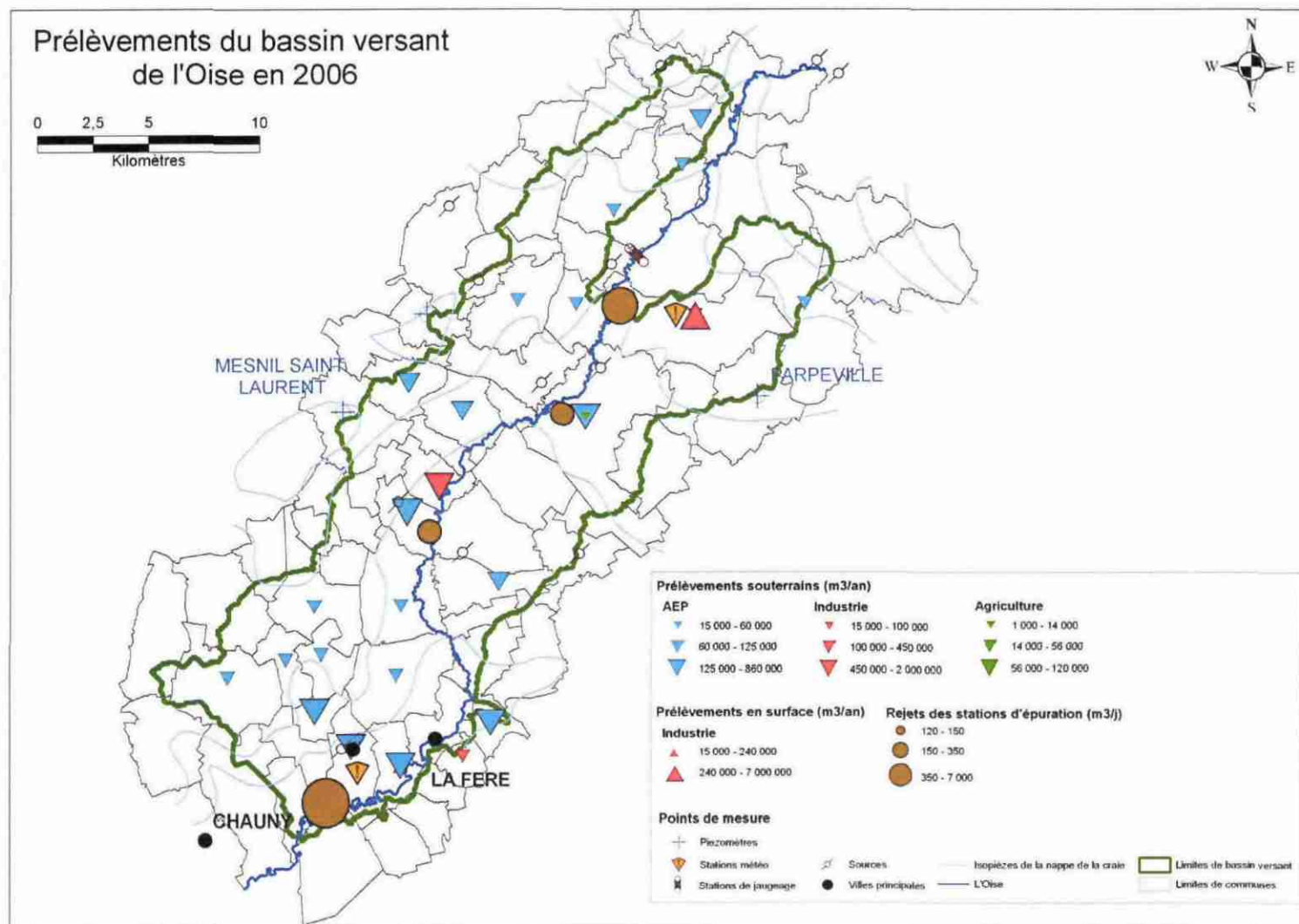


Illustration 55 : prélèvements du bassin versant de l'Oise en 2006

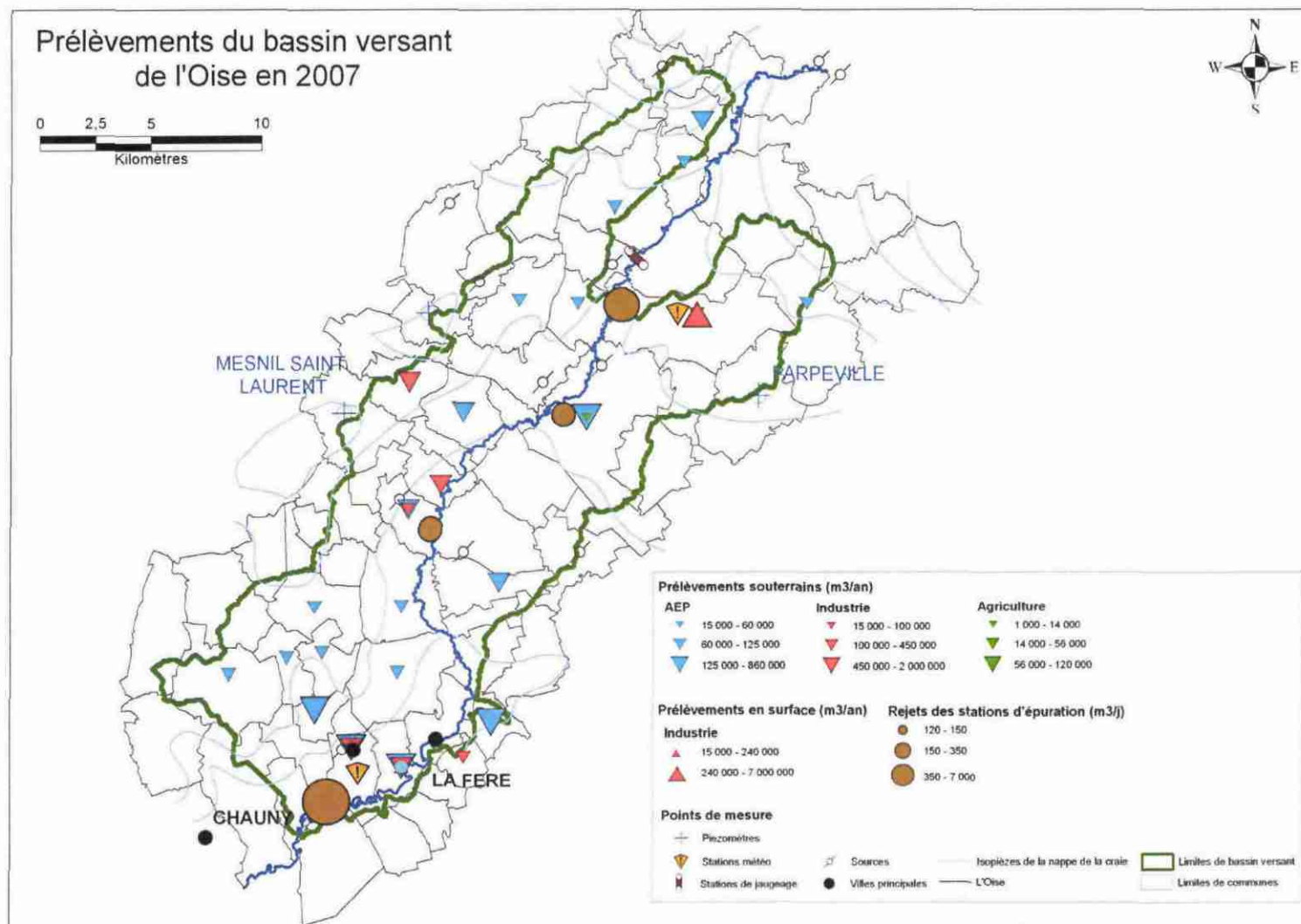


Illustration 56 : prélèvements du bassin versant de l'Oise en 2007

e) Lecture des bilans

La réserve utile maximale des sols du bassin versant de l'Oise entre Condren et Origny-Ste-Benoite est estimée à 104 mm (rapport BRGM RP-54993-FR). Les pluies efficaces moyennes calculées sur la période 1946-2001 atteignent 176 mm¹⁵ (calculées pour une réserve utile des sols maximale de 100 mm).

	2004	2005	2006	2007	2004-2007
Ressources (Pluies efficaces en mm/an)	91,8	47,4	152,3	172	463,5
Ressources (Pluies efficaces en millions m3)	33,2	17,2	55,1	62,3	167,8
Prélèvements en millions m3 (nappe et rivières)	10,1	9,6	10,6	9,5	39,8

superficie du bassin versant de l'Oise dans l'Aisne : 362 km2

Tableau 8 : comparaison ressources renouvelables/prélèvements du bassin versant de l'Oise

L'hydrogramme de la station de jaugeage d'Origny-Ste-Benoite et celui de la station de Pont-à-Bucy sont incomplets sur la période 2004-2007. Il ne nous a pas été possible de calculer le débit écoulé de l'Oise sur le tronçon Condren-Origny-Ste-Benoite.

La recharge des années 2004 et 2005 est déficitaire (respectivement 54 % et 27 % des pluies efficaces annuelles moyennes), tandis qu'elle est peu ou prou comparable à la moyenne en 2006 et 2007.

En effet, comme dans le bassin versant de la Somme limitrophe, les ressources renouvelables (pluies efficaces) varient fortement. 2006 et 2007 sont deux années pluvieuses : les pluies brutes sont voisines de 750 mm, alors qu'en 2004 et 2005 elles étaient de l'ordre de 600 mm (la moyenne pour ce bassin versant calculée sur la période 1991-2000 étant de l'ordre de 700 mm - Illustration 4). L'évapo-transpiration potentielle (ETP) quant à elle varie peu (autour de 750 mm).

¹⁵ Christian Scherer, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2002



Illustration 57 : comparaison des pluies efficaces décennales à Origny-Ste-Benoite en 2004-2007 aux normales décennales 1991-2000 à St-Quentin

En comparant les pluies efficaces décennales de la période 2004-2007 à Origny-Ste-Benoite aux normales décennales à St-Quentin sur la période 1991-2000 (Illustration 57), on constate qu'elles ont surtout été déficitaires :

- en février et mars 2004,
- toute l'année 2005,
- au dernier trimestre des années 2004 à 2007

Les pluies efficaces sont en revanche largement excédentaires aux premiers trimestres 2006 et 2007 (80 % de la pluie efficace annuelle sur cette période).

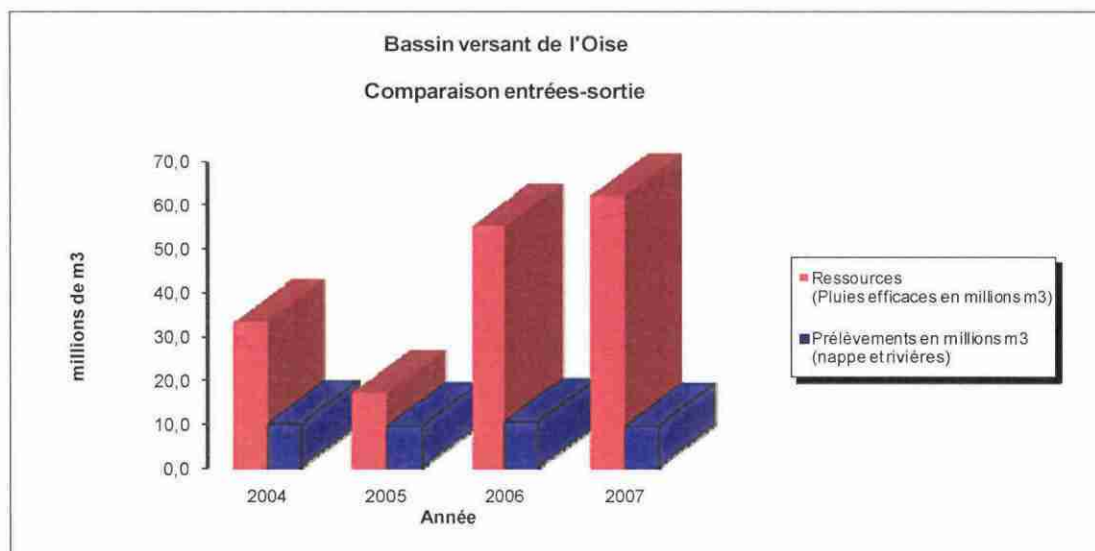


Illustration 58 : les prélèvements sont stables sur la période 2004-2007

En 2005, les prélèvements représentent 56 % des ressources renouvelables. En 2006 et 2007, ils sont compris entre 15 et 20 %. Au plus fort de la période d'irrigation (3^{ème} trimestre), l'irrigation reste négligeable (Illustration 59).

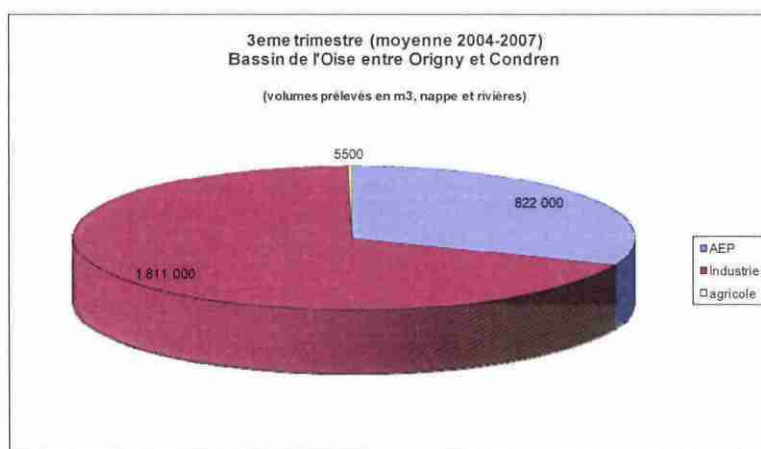


Illustration 59 : les volumes prélevés pour l'irrigation sont négligeables (moins de 1% des volumes prélevés sur le bassin versant).

3.2.5. Bassin versant de l'Ourcq

a) Situation géographique et hydrographie

L'Ourcq prend sa source dans le département de l'Aisne, dans la forêt de Ris, au Sud-Est de Fère-en-Tardenois. Situé dans la moitié Sud du département, le bassin versant de l'Ourcq couvre une superficie de 333 km² en amont de la station hydrométrique de Chouy. L'altitude du bassin versant de l'Ourcq s'échelonne de 230 à 75 m NGF, avec une altitude moyenne et médiane de 156 m environ¹⁶.

L'Ourcq reçoit les eaux de nombreux petits ruisseaux, tant en rive gauche qu'en rive droite. Le chevelu hydrographique est bien développé, et contrairement aux bassins versants de la Somme et de l'Oise dont le relief est peu marqué, ici les pentes sont plus fortes : celles supérieures à 5% occupent 43% du territoire, qui est donc relativement vallonné¹⁷. La vallée est encaissée en aval de Fère-en-Tardenois.

b) Hydrogéologie

Les formations géologiques rencontrées à l'affleurement dans ce secteur datent de l'ère Tertiaire. En fond de vallée, et en dehors des formations superficielles, sont rencontrées les formations géologiques suivantes (des plus récentes aux plus anciennes) :

- les sables et calcaires du Bartonien (sables de Beauchamp et calcaires de Saint-Ouen) ;
- les calcaires du Lutétien (avec un niveau peu perméable constitué de marnes et caillasses au toit de la formation).

La connaissance piézométrique du bassin versant de l'Ourcq s'appuie sur le réseau de bassin Seine-Normandie (2 piézomètres), géré par le BRGM pour le compte du MEEDDM.

CODE BSS	COMMUNE	XL2E	YL2E
01306X0023	ARMENTIERES/OURCQ	676205	2463739
01308X0082	FERE-EN-TARDENOIS	685816	2467877

Tableau 9 : piézomètres du bassin versant de l'Ourcq

De sa source à Fère-en-Tardenois, l'Ourcq entaille la série sablo-calcaire du Bartonien. Au-delà, et sur la plus grande partie du cours de la rivière, les alluvions de l'Ourcq reposent sur les calcaires du Lutétien.

¹⁶ Rapport BRGM/RP-56690-FR

¹⁷ *Ibid.*

c) Usages

Deux nappes sont susceptibles d'être exploitées dans le bassin de l'Ourcq :

- la nappe des sables et calcaires du Bartonien ;
- la nappe des calcaires du Lutétien.

La première est finalement très peu exploitée, à cause de sa faible productivité dans ce secteur (§ 2.2.1). En revanche la deuxième est exploitée, essentiellement pour les usages domestiques (10 forages) et agricoles (4 forages). Les prélèvements industriels sont anecdotiques (1 forage). Deux captages agricoles prélèvent par ailleurs l'eau de l'Ourcq.

d) Végétation

Les zones agricoles couvrent près des $\frac{3}{4}$ du bassin versant, et le reste est représenté par des prairies ou forêts¹⁸. La rivière méandre sur son fonds alluvial, tourbeux par endroit, quelquefois dégagé, mais plus souvent boisé, particulièrement par des plantations de peupliers¹⁹.

¹⁸ Rapport BRGM/RP-56690-FR.

¹⁹ « Inventaire des paysages de l'Aisne », CAUE de l'Aisne, 2004.

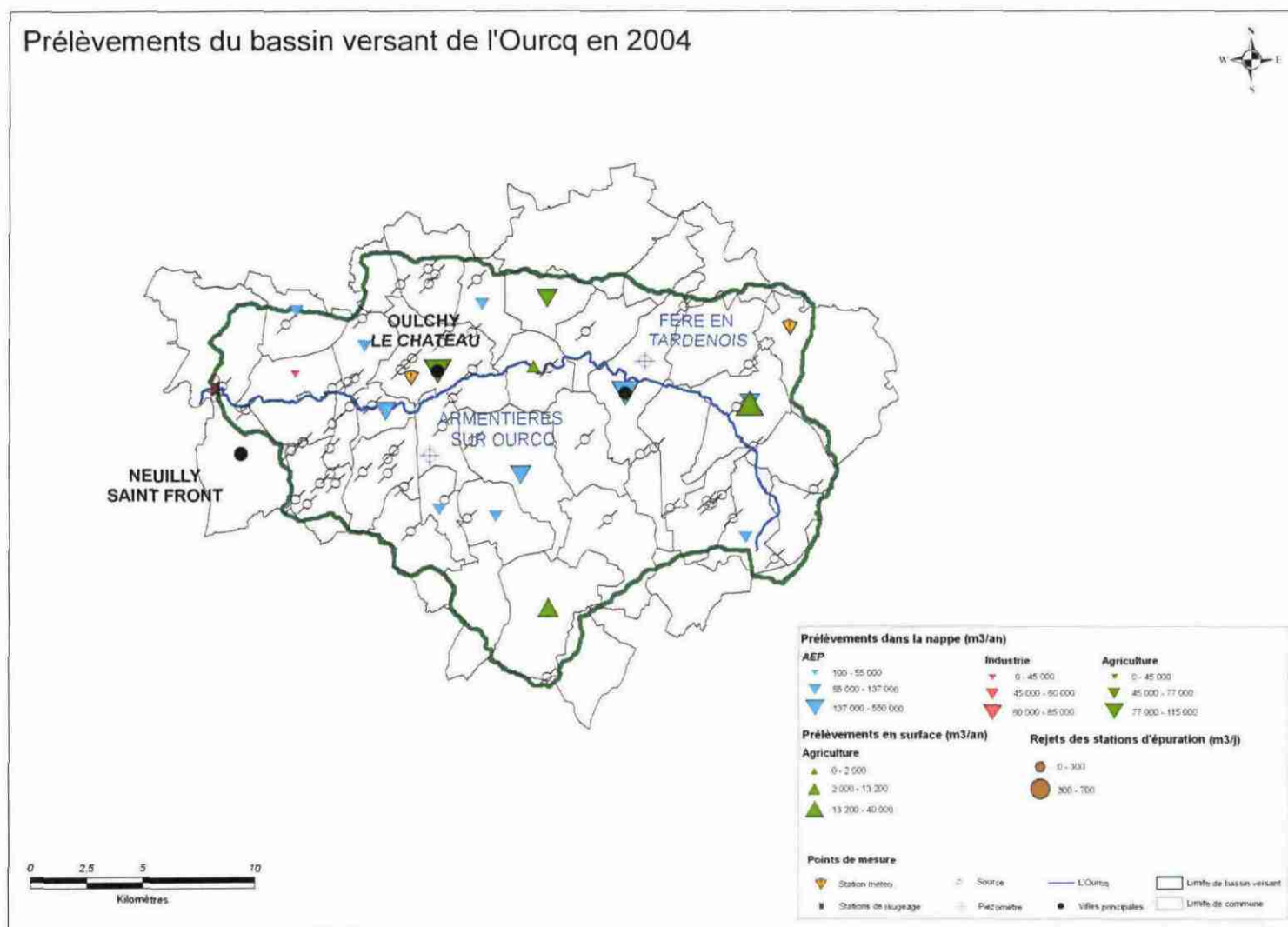


Illustration 60 : prélèvements du bassin versant de l'Ourcq en 2004

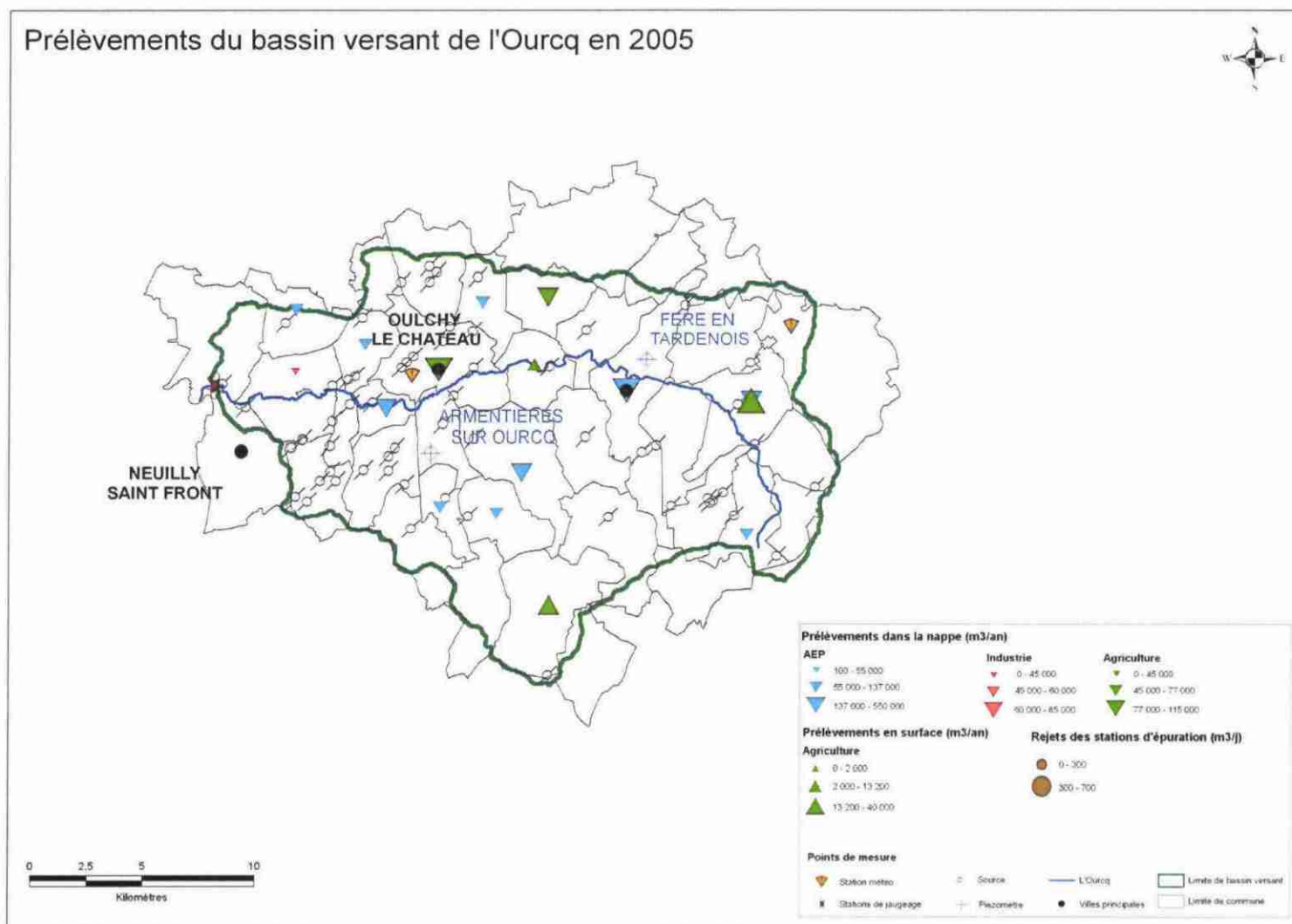


Illustration 61 : prélèvements du bassin versant de l'Ourcq en 2005

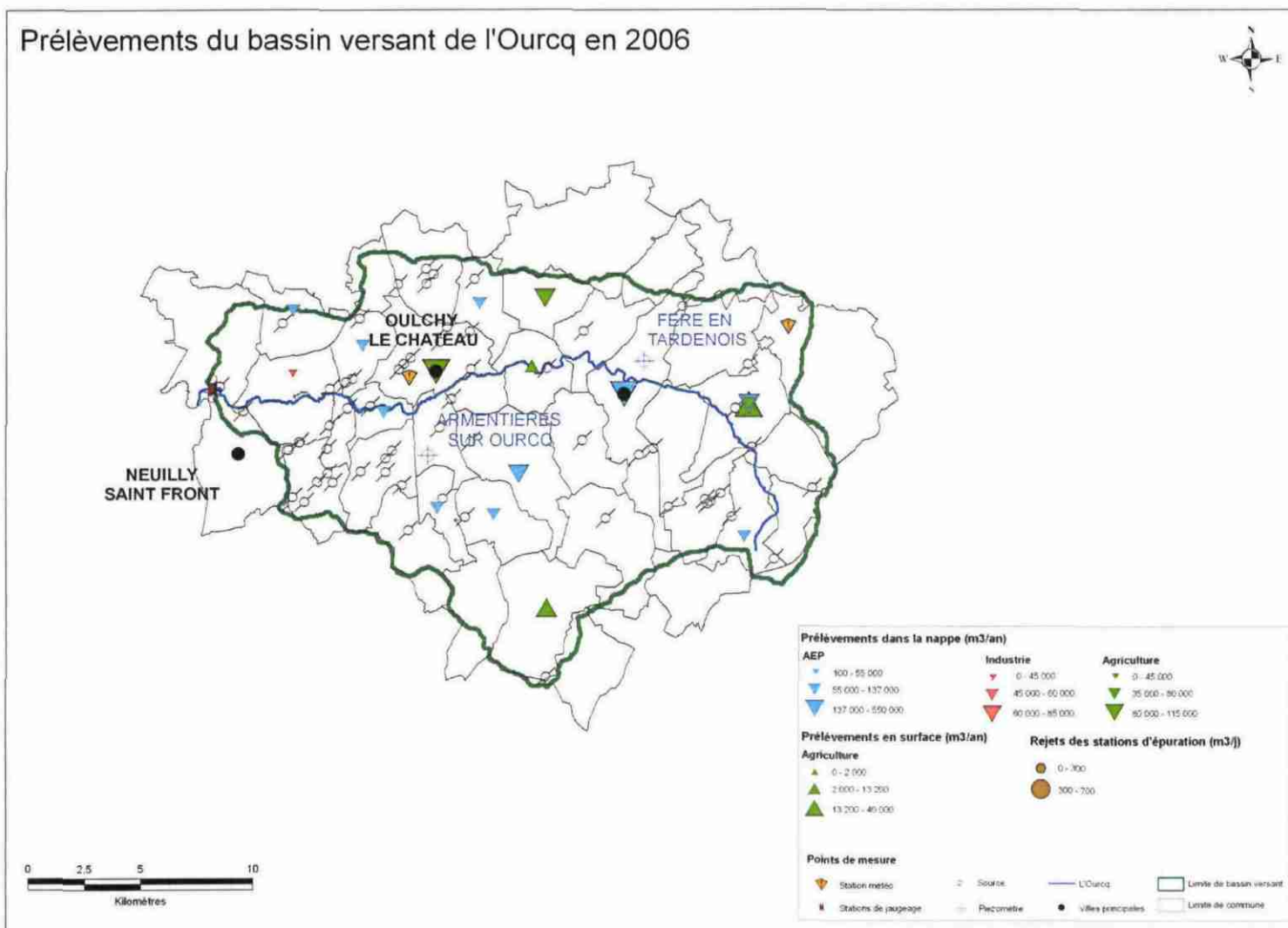


Illustration 62 : prélèvements du bassin versant de l'Ourcq en 2006

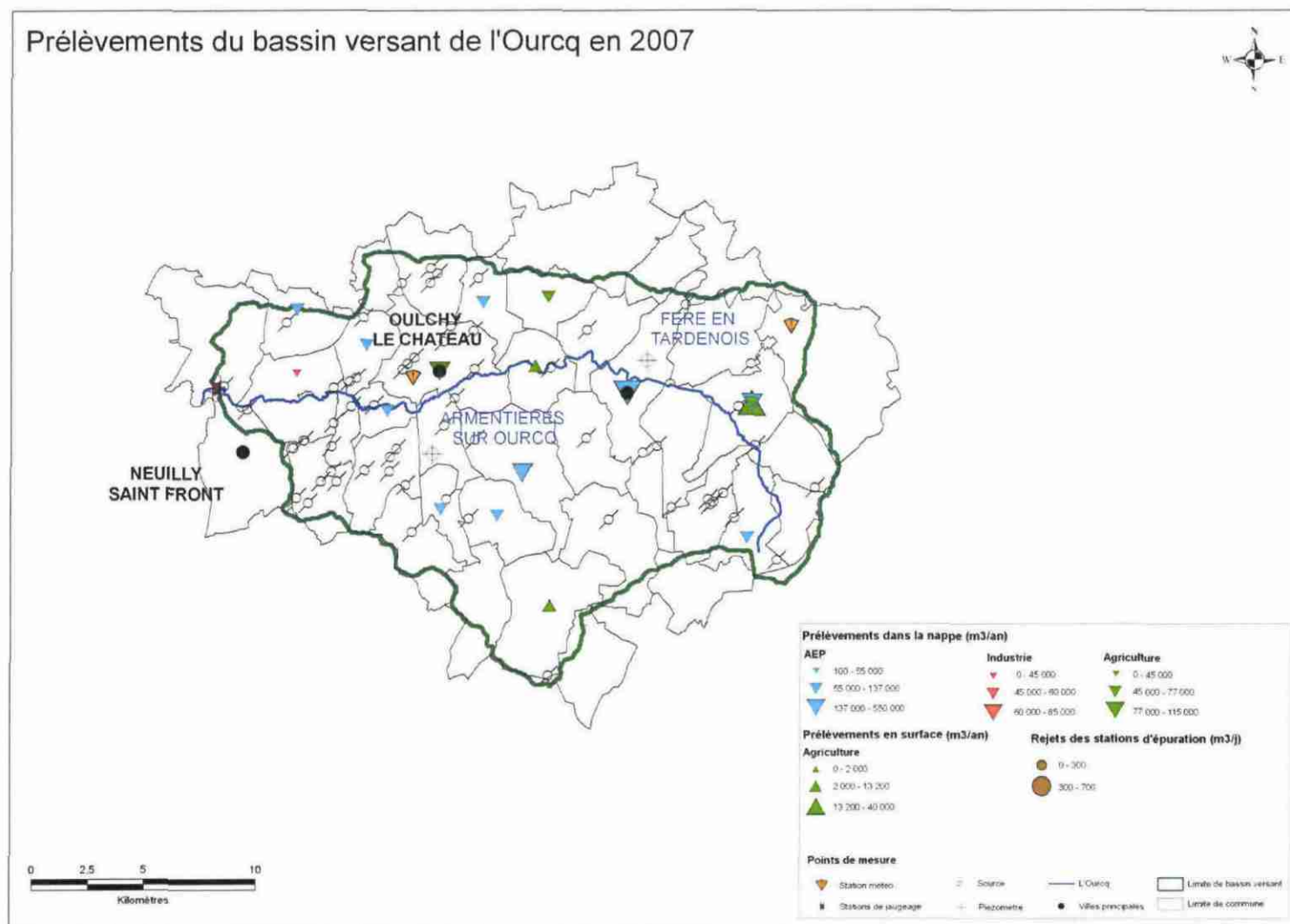


Illustration 63 : prélèvements du bassin versant de l'Ourcq en 2007

e) Lecture des bilans

La réserve utile maximale des sols du bassin versant de l'Ourcq est estimée à 100 mm. Les pluies efficaces moyennes calculées sur la période 1946-2001 atteignent 176 mm²⁰ (calculées pour une réserve utile des sols maximale de 100 mm).

	2004	2005	2006	2007	2004-2007
Ressources (Pluies efficaces en mm/an)	109,4	54,3	75,9	148,7	388,3
Ressources (Pluies efficaces en millions m3)	36,4	18,1	25,3	49,5	129,3
Prélèvements en millions m3 (nappe et rivières)	1,2	1,1	1,2	1,0	4,5
Volumes écoulés par l'Ourcq à Chouy (millions de m3)	43,4	36,3	48,9	57,4	186,0
Bilan simplifié en millions m3	-8,2	-19,3	-24,8	-8,9	-61,2

superficie du bassin versant de l'Ourcq : 333 km²

Tableau 10 : comparaison ressources renouvelables/prélèvements du bassin versant de l'Ourcq

Les pluies efficaces des années 2004 à 2007 sont inférieures à la moyenne. En 2005, elles atteignent seulement 30 % de la normale annuelle 1946-2001 (43 % en 2006). En 2004, les pluies efficaces du premier trimestre sont comparables aux normales décennales (calculées sur la période 1991-2000), et elles sont excédentaires (+20%) au premier trimestre 2007 (Illustration 64). En revanche, en 2005 et 2006 les pluies du premier trimestre sont déficitaires (environ 2/3 des normales).

Au cours de ces quatre années, le dernier trimestre a toujours été fortement déficitaire (-85 %).

²⁰ Christian Scherer, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2002

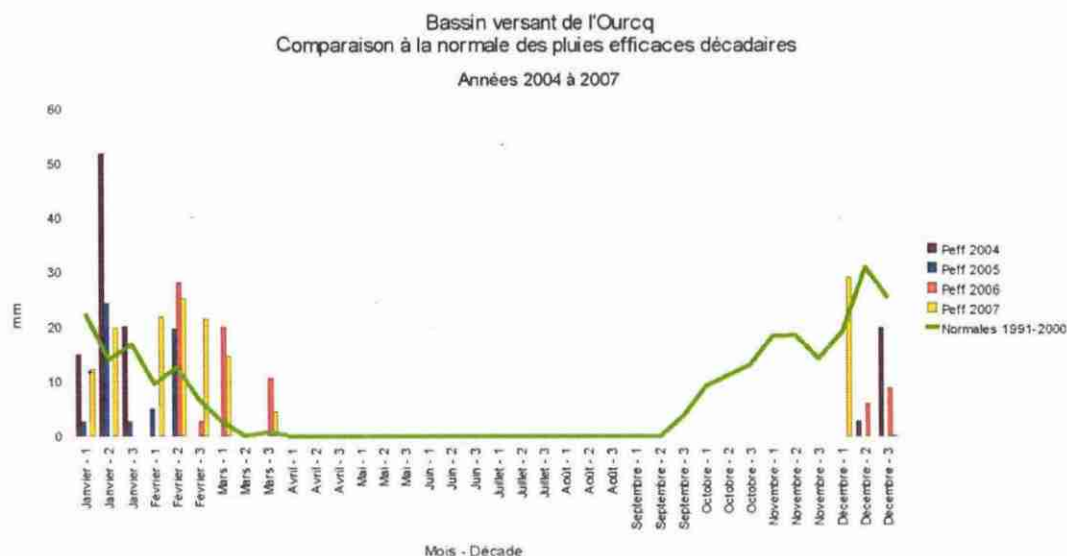


Illustration 64 : comparaison des pluies efficaces décadaires à Oulchy-le-Chateau en 2004-2007 aux normales décadaires 1991-2000 à Passy-en-Valois

Les prélèvements sont très faibles dans le bassin versant de l'Ourcq : 6 % des ressources renouvelables en année sèche (2005). En revanche les volumes écoulés par le cours d'eau sont significatifs : ils représentent le double des ressources renouvelables en année sèche. Compte tenu de l'imprécision des données et du pas de temps de calcul, un bilan hydrologique complet ne peut être effectué. Néanmoins, le bilan simplifié du Tableau 10 montre qu'au cours de la période 2004-2007, les sorties du système (prélèvements et débits de l'Ourcq) excèdent les ressources renouvelables (pluies efficaces) d'environ 50 %.

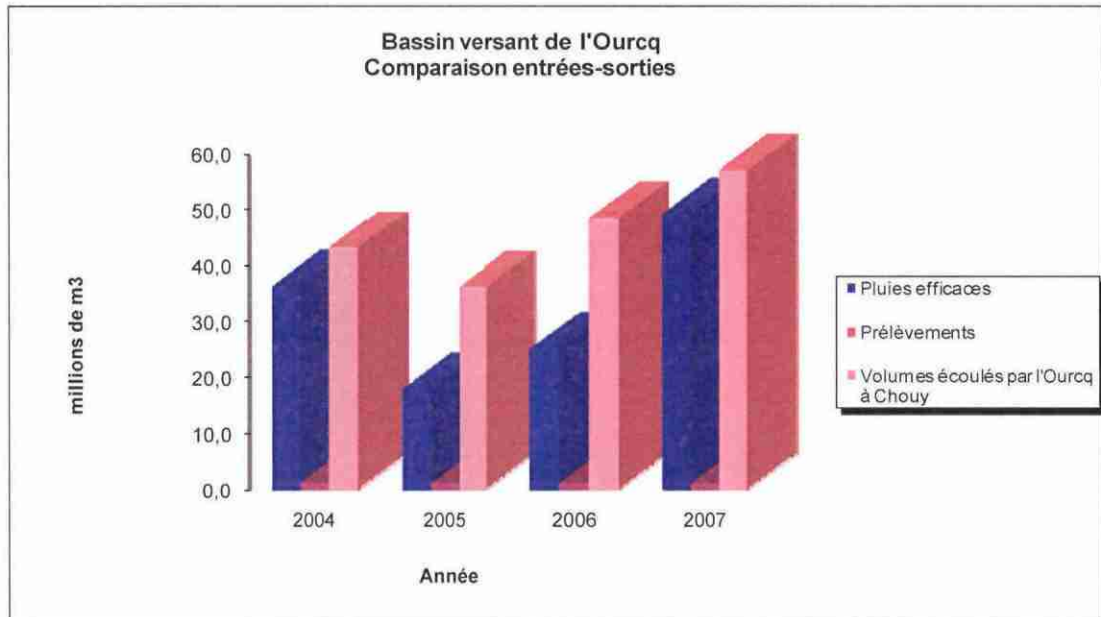


Illustration 65 : si les prélèvements sont négligeables sur le bassin de l'Ourcq, les volumes écoulés par la rivière sont en revanche significatifs

Les volumes prélevés pour l'alimentation en eau potable sont de l'ordre de 900 000 m³ par an entre 2004 et 2007. Ils constituent le premier poste de consommation d'eau dans le bassin versant de l'Ourcq. L'agriculture et l'industrie à elles deux totalisent 10 % des volumes prélevés.

3.3. GEOTHERMIE

On distingue trois types de ressources : les aquifères thermiques chauds, les aquifères thermiques tièdes et les aquifères thermiques froids ou superficiels²¹. En Picardie, les sites à haute température n'existent pas.

Les aquifères thermiques chauds se situent généralement à plus de 1 250 m de profondeur et fournissent des eaux à plus de 50°C. Schématiquement, ils sont localisés au Sud d'une ligne Laon – Beauvais avec une épaisseur suffisante et un débit potentiel relativement élevé, de l'ordre de 100 m³.h⁻¹, comme par exemple l'aquifère du Dogger. Le Lias-Trias et le Lusitanien offrent quant à eux des débits plus faibles autour de 50 m³.h⁻¹.

²¹ Pour de plus amples informations sur la géothermie, le lecteur pourra consulter le site internet www.geothermie-perspectives.fr

Les aquifères thermiques tièdes fournissent des eaux dont la température est comprise entre 15 et 50°C. Il s'agit plus ou moins des mêmes couches que précédemment mais dont la profondeur est moindre en raison du contexte géologique, induisant une température plus faible de la ressource. Le gradient géothermique en Picardie varie de 2,6°C/100 m à 3,8°C/100 m. L'extension au Nord de ces nappes est limitée.

Les aquifères thermiques froids ou superficiels se situent généralement à une profondeur inférieure à 100 m. Il s'agit d'importants réservoirs d'eau dont la température est de l'ordre de 11°C ; leur utilisation se limite donc aux pompes à chaleur.

3.3.1. Les aquifères profonds

Cinq aquifères potentiels sont décrits, il s'agit de l'Albien, du Barrémien-Néocomien, du Lusitanien, du Dogger et du Trias. Pour chacun d'entre eux (hormis le Barrémien-Néocomien), les éléments suivants ont été cartographiés en 1981 : les isohypses du toit de la formation, les isothermes au toit de la formation, l'épaisseur des niveaux potentiels, la productivité prévisionnelle et la salinité.

a) L'aquifère multicouche de l'Albien

Il s'agit de l'aquifère principal du Crétacé inférieur, tant par sa puissance que par son potentiel géothermal. Il est constitué par les sables verts, encadrés à la base par les argiles de l'Aptien et au sommet par les argiles noires de Gault. Les sables verts présentent des lits argileux bien individualisés au Sud. L'épaisseur utile du réservoir ne dépasse jamais 30 m.

La nappe est libre dans l'extrême Nord-Ouest de l'Aisne sur les contreforts des Ardennes, et s'engouffre à plus de 700 m de profondeur dans le Sud du département.

Dans le Sud de l'Aisne, les eaux géothermales offrent des températures comprises entre 15 et 35°C. Dans le Nord de l'Aisne, ces eaux sont fortement minéralisées (équivalent Na-Cl de 3 à 8,5 g.L⁻¹) et présentent un faciès géochimique chloruré-sodique. Plus au Sud, la minéralisation diminue, les eaux deviennent bicarbonaté-sodiques.

La perméabilité intrinsèque de la nappe peut atteindre 10⁻¹² m³. La nappe est fréquemment artésienne.

b) L'aquifère multicouche du Barrémien-Néocomien

Les informations relatives à cet aquifère sont peu nombreuses. La morphologie du toit du Barrémien-Néocomien est semblable à celle de l'Albien. Ce réservoir est compris entre les argiles de l'Aptien au sommet et le Jurassique carbonaté à la base. Affleurant dans les Ardennes, l'aquifère multicouche du Barrémien-Néocomien atteint -800 m dans le Sud de l'Aisne.

Il est constitué d'argiles bariolées à intercalations de grès peu consolidés et de sables lenticulaires. L'épaisseur utile du réservoir ne dépasse pas 15 m de puissance. Les températures attendues sont supérieures de 2 à 4°C par rapport à celles de l'Albien. Ces eaux sont peu minéralisées : de l'ordre de 0,5 à 2,5 g.L⁻¹ équivalent Na-Cl.

Le Néocomien semble fournir les débits les plus intéressants, supérieurs à 100 m³.h⁻¹.

c) L'aquifère du Lusitanien

Cet aquifère est encadré par des formations marneuses épaisses : le Kimméridgien au toit et l'Oxfordien inférieur au mur. Il est composé par des calcaires argileux au Sud de l'Aisne passant à des calcaires oolithiques puis à des grès vers le Nord. Les calcaires se développent sur près de 300 m au Nord de Meaux.

Au Nord Ouest du Bassin Parisien, les porosités moyennes peuvent dépasser 20%. La perméabilité intrinsèque moyenne dans ce secteur varie de 1.10⁻¹³ à 5.10⁻¹³ m².

Il est absent dans le Nord-Ouest de l'Aisne. Le toit du réservoir passe de 100 m NGF au Nord-Ouest et atteint -1 300 m au Sud. Fonction de la profondeur du toit de la formation, la température peut atteindre 65°C dans le Sud de l'Aisne.

La salinité de l'aquifère est faible : de l'ordre de 2 à 3 g.L⁻¹ équivalent Na-Cl. L'aquifère semble montrer un potentiel débit-température intéressant sur Soissons, Meaux et Château Thierry où les températures sont comprises entre 40 et 60°C.

d) L'aquifère du Dogger

Le Dogger affleure dans le Nord de l'Aisne, la nappe qu'il contient est libre dans la région d'Hirson. Le mur de l'aquifère est constitué par les faciès marneux du Lias. Constitué de calcaires oolithiques, calcaires graveleux et calcarénites, ce réservoir est très fracturé, parfois karstique. Les températures sont de l'ordre de 12°C, les débits attendus sont intéressants.

L'épaisseur totale de l'aquifère croît du Nord au Sud et passe de 20 m à plus de 300 m. Affleurant à Hirson, le Dogger s'enfonce jusqu'à -1 750 m d'altitude dans le Sud de l'Aisne. Plusieurs réservoirs constituent le Dogger, celui du Bathonien est le plus important et le réservoir susceptible de fournir les meilleures productivités. L'épaisseur utile dépasse rarement 20-25 m. Les températures prévisionnelles des eaux géothermales sont comprises entre 20 et 70°C au Sud de l'Aisne.

Essentiellement chlorurées sodiques, la salinité de l'aquifère est d'autant plus forte qu'il est profond, et peut atteindre 30 g.L⁻¹. On notera la présence d'H₂S et d'indices d'huile. La zone la plus productive est située sous la ville de Meaux avec des débits pouvant atteindre plus de 200 m³.h⁻¹ avec une température de 70°C.

e) L'aquifère du Trias

Le Trias est absent au Nord d'une ligne reliant Amiens à Vervins. Dans le Sud de l'Aisne, il est constitué de la base vers le sommet par des grès moyens (50-80 m), des formations argilo-anhydritiques (10-20 m), de grès supérieurs (90 m) et est couronné par des argiles sombres (40-50 m). L'épaisseur de ces niveaux diminue progressivement du Sud vers le Nord. Le toit des argiles se trouve à -800 m au niveau de Vervins et s'enfonce jusqu'à -2 700 m au Sud de Château Thierry. Les niveaux exploitables sont essentiellement contenus dans les formations détritiques.

Il offre des températures pouvant atteindre 90°C, les eaux du Trias montrent les salinités les plus élevées avec faciès géochimique chloruré-sodique. La salinité augmente avec la profondeur.

3.3.2. Les aquifères superficiels

a) Les aquifères des alluvions

L'Oise, l'Aisne et la Marne ont creusé de grandes vallées dans le département de l'Aisne. La Marne et l'Aisne coulent sur des formations tertiaires ce qui permet une épaisseur pouvant localement être importante. A Château Thierry, les débits potentiels exploitables atteignent fréquemment 100 m³.h⁻¹.

b) L'aquifère des sables du Rupélien (Oligocène)

Affleurant dans le Sud de l'Aisne, les niveaux sableux du Rupélien ne fournissent que de faibles débits par des sources ponctuelles. A l'exception de rares cas locaux, cette nappe ne peut donc alimenter en eau que des forages destinés aux pompes à chaleur.

c) L'aquifère multicouche du Bartonien

Il est constitué par les calcaires de Champigny, les calcaires de St Ouen, les sables de Beauchamp et les sables d'Auvers. Les calcaires de Champigny ne sont présents que dans le Sud de l'Aisne en rive gauche de la Marne.

En raison des faibles débits fournis et de la discontinuité de ces aquifères, ils ne constituent pas un objectif intéressant pour alimenter des pompes à chaleur.

d) L'aquifère du Lutétien

Formation de calcaire grossier, elle peut atteindre des valeurs de transmissivité élevées dans les calcaires fissurés et en connaître des plus faibles dans les bancs marneux (l'aquifère est productif du fait de son réseau de fissures).

En moyenne dans le département, la transmissivité de cet aquifère à régime libre est de $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Les débits potentiels peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres cubes.

e) L'aquifère du Cuisien

Cette nappe se localise dans une formation argilo-sableuse dont l'épaisseur cumulée est comprise entre 20 et 70 m. Elle est maximale à Soissons et décroît vers le Sud.

La perméabilité des sables de ces niveaux est constante mais peu élevée, les plus forts débits seront donc liés à la puissance du réservoir. Les débits potentiels peuvent atteindre $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Le Cuisien est absent au Nord d'une ligne allant de Laon à Compiègne.

f) La nappe de la Craie (Sénonien-Cénomanién)

Elle est libre partout où la craie affleure, captive sous le recouvrement tertiaire du Sud de l'Aisne.

Seuls les 30-50 premiers mètres de cet aquifère sont exploitables, où la porosité et la fracturation sont suffisantes pour permettre la circulation de l'eau. Dans le Nord de l'Aisne, le Turonien constitue le substratum imperméable de l'aquifère dans le faciès appelé Dièves (marnes et argiles).

L'épaisseur de l'aquifère est donc très variable et les transmissivités en sont affectées : entre 10^{-1} et $10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Les débits fournis par la nappe de la craie sont souvent supérieurs à $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

g) Exemples d'exploitation géothermique

Les trois nappes superficielles susceptibles d'alimenter des pompes à chaleur sont donc celles de la craie, des sables cuisien, et des calcaires lutétiens, dont les eaux ont une température moyenne de 11°C . Les zones de plateaux sont les plus défavorisées, à l'inverse les zones de thalweg et les grandes vallées, topographiquement plus bas amènent la craie dans une position où sa productivité est bonne mais surtout constante.

Des opérations d'exploitations menées en 1982 ont été réalisées à Soissons et à Château-Thierry.

A Soissons, les hypothèses de travail étaient un forage à 1 600 m de profondeur, captant le Dogger avec un débit de $70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ et une température attendue en tête de puits de 57°C .

A Château-Thierry, les hypothèses de travail étaient les suivantes : forage à 1 960 m de profondeur captant le Dogger, avec un débit prévisionnel de $250 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ et une température en tête de forage de $68^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$.

4. Risques naturels

4.1. INONDATIONS

4.1.1. Susceptibilité aux remontées de nappes

On appelle zone « sensible aux remontées de nappes » un secteur dont les caractéristiques d'épaisseur de la zone non saturée²² et d'amplitude du battement de la nappe superficielle sont telles qu'elles peuvent déterminer une émergence de la nappe au niveau du sol, ou une inondation des sous-sols à quelques mètres sous la surface du sol.

La cartographie des zones sensibles est étroitement dépendante de la connaissance de plusieurs données, dont :

- la valeur du niveau moyen de la nappe
- une appréciation correcte du battement annuel de la nappe
- la présence d'un nombre suffisant de points au sein d'un secteur hydrogéologique homogène, pour que la valeur du niveau de la nappe puisse être considérée comme représentative.

Les cartes de sensibilité aux remontées de nappes ont été établies à l'échelle départementale suivant la méthodologie nationale. Elles reflètent l'état des connaissances à la date de leur élaboration.

En 2001 ces phénomènes sont fréquemment apparus dans le Nord, l'Ouest, l'Est (Champagne) et le Sud-Ouest (Poitou-Charentes) de la France. La plupart des cas de phénomènes de remontées de nappes ont été relevés :

- soit au sein d'aquifères calcaires (Jurassique du Callovo-Oxfordien) et crayeux (Crétacé) de volume important,
- soit en liaison avec des aquifères plus perméables et plus limités dans l'espace, mais où, en raison de la présence d'un substratum imperméable, le surplus d'eau ne pouvait que s'écouler en surface. Cela a été notamment le cas des buttes tertiaires du bassin parisien.

²² ou ZNS, zone du sous-sol comprise entre la surface de la nappe et le sol

Selon les secteurs on a ainsi pu observer :

- une **inondation généralisée dans les vallées majeures**, par contribution exceptionnelle de la nappe. C'est le cas typique de la Somme.
- la **ré-activation** par des cours d'eau temporaires **de certaines vallées sèches**, où habituellement les cours d'eau ne coulent plus en surface mais uniquement dans les fissures souterraines de la roche ou dans le réseau karstique sous-jacent.
- l'apparition **d'étangs** et de mares temporaires sur certains plateaux dans des zones de dépressions (dolines de décalcification ou anciennes carrières).
- l'apparition de **lignes de sources** dans les thalwegs, bien en amont des sources habituelles.
- des **inondations par des causes secondaires** : c'est en particulier le cas lorsque des ouvrages de génie-civil sous-dimensionnés ont été exécutés pour permettre le passage de voies d'accès pour le franchissement de vallées sèches ou de vallons qui ne coulent habituellement pas. Lors des remontées de nappes, ces ouvrages forment barrage et provoquent inondations des terrains situés en amont
- des **mouvements de terrains** notamment sur des sites à pente importante. La remontée de l'eau déstabilisant la couche la plus meuble du sol et de la zone altérée de la roche.

4.1.2. Crues de rivières

Dans le bassin Oise-Aisne, la pluviométrie est très contrastée dans le temps, les périodes les plus pluvieuses sont comprises entre décembre et février. Le régime hydrologique du bassin de l'Oise est qualifié de « pluvial océanique ». Sur l'amont des deux rivières principales, l'Oise et l'Aisne, les crues se forment rapidement après la tombée de pluies conséquentes sans que l'on puisse les qualifier de crues torrentielles en raison d'une pente qui reste modeste (moins de 2 m par kilomètre). Les crues de l'Oise et de ses principaux affluents sont qualifiées de crues de plaine ou crues lentes.

Sur l'amont des rivières Aisne et Oise le relief est peu accidenté et parcouru de grandes superficies de terrains imperméables. De plus l'Aisne reçoit un affluent, l'Aire, qui connaît en crue un débit qui est supérieur à celui de la rivière principale.

L'accumulation de ces facteurs fait qu'en amont de l'Aisne et l'Oise les crues se forment rapidement après la tombée de pluies importantes.

Le Thon (Oise amont) connaît des crues en forme de pic : son niveau peut augmenter de 15 cm par heure et ne dure pas plus d'une demie journée. Sa sortie de lit majeur dure rarement plus de deux jours. De la même façon qu'il entre rapidement en crue, la propagation de l'onde de crue l'est aussi (inférieure à une journée). Ses crues sont importantes entre le mois de novembre et février, lorsqu'il y a beaucoup de pluie et la fonte des neiges.

Les pointes de crues sont plus arrondies pour la Serre, du fait du faible ruissellement sur les terrains crayeux perméables. Il lui faut des épisodes pluvieux longs, suivi de la saturation des sols pour que la rivière entre en crue. Ce phénomène se déroule 2 à 4 jours par an et peut durer jusqu'à une semaine mais cela reste exceptionnel. La durée moyenne de sortie de lit majeur est de 2 à 4 jours par an. La propagation de son onde de crue est plus longue qu'en amont puisqu'il lui faut deux jours pour parcourir le tronçon entre la confluence Thon/Oise et la confluence Serre/Oise.

L'Oise moyenne a un lit majeur très large, qui rend complexe la prévision de crue à cause du temps de remplissage du lit majeur. Le temps de propagation de son onde de crue sur le tronçon est de 2,5 jours et ses crues se produisent en général entre novembre et mars.

Les affluents de l'Aisne aval ayant tous des débits très faibles, son hydrogramme à Soissons est donc plus lissé que sur les tronçons amont. L'augmentation visible de son niveau d'eau est au maximum de 1 mètre par jour et le temps de propagation de son onde de crue est d'environ 3 jours.

La Marne connaît en moyenne trois crues par an, en période hivernale. C'est l'accumulation d'épisodes pluvieux après que les pluies d'automne ont saturé le sol qui explique ces phénomènes.

4.2. ÉROSION DES SOLS

L'érosion des sols représente un risque important pour les espaces agricoles et les zones situées à l'aval : pertes en terre, coulées de boues, turbidité et pollution des eaux. Au-delà de l'érosion bien connue qui existe en montagne et dans les vignobles de coteaux, différents types de phénomènes érosifs ont été mis en évidence plus récemment dans les régions de grande culture : érosion diffuse et érosion de thalweg par concentration du ruissellement produit par de vastes parcelles agricoles imperméabilisées par la battance et le tassement des sols, érosion en rigoles sur des coteaux en culture de printemps.

L'érosion des sols se développe lorsque les eaux de pluie, ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur la parcelle en emportant les particules de terre. Ce refus du sol d'absorber les eaux en excédent apparaît dans deux cas distincts :

- intensité des pluies supérieures à la capacité d'infiltration du sol
- saturation du sol

Ces phénomènes d'érosion des sols résultent de l'interaction entre de nombreux paramètres, dont certains sont permanents comme ceux relatifs au sol ou à la topographie, alors que d'autres évoluent dans le temps, comme l'occupation du sol, ou présentent un caractère aléatoire comme les précipitations (Le Bissonnais *et al.*, 2004).

L'INRA a élaboré en 2004 un modèle pour combiner dans un SIG les principaux paramètres explicatifs de l'érosion des sols, et pour cartographier les risques d'érosion en chaque saison en France. Le modèle utilise une méthode de croisement de ces paramètres sous forme de combinaisons logiques. Les paramètres sont hiérarchisés et pondérés à partir des connaissances actuelles sur les différents types de fonctionnements érosifs.

La cartographie de l'intensité de l'aléa érosion est réalisée en plusieurs étapes :

1. évaluation de la sensibilité potentielle des terrains à l'érosion, établie à partir du croisement des données sur les sols, l'occupation des sols et la pente
2. évaluation de l'aléa moyen d'érosion saisonnier obtenu par croisement de la sensibilité potentielle avec les précipitations moyennes saisonnières
3. intégration de l'aléa par unité spatiale (bassin versant hydrographique, par exemple)

L'observation des cartes de l'aléa érosion du département de l'Aisne pour les saisons automne, hiver, printemps, été met en évidence la variabilité interannuelle de cet aléa. Certaines régions sont néanmoins systématiquement concernées (Annexe 6).

Trois types de régions ont été individualisés par l'INRA à la lecture de ces résultats :

- les régions où l'aléa d'érosion des sols est fort en toute saison : Sud-Ouest de la Thiérache (région où la battance des limons est élevée), Tardenois et Brie (fortes pentes de la vallée de la Marne) ;
- les régions concernées par un aléa fort uniquement en automne et en hiver du fait du faible couvert végétal durant ces saisons pluvieuses : Vermandois, Laonnois, Valois, Soissonnais ;
- les régions moins concernées par l'érosion des sols : Nord de la Thiérache avec une forte proportion de prairies et de forêts, Champagne crayeuse avec des sols moins sensibles à la battance (craie).

Conclusion

Grâce au partenariat financier du Conseil général de l'Aisne et des Agences de l'eau Artois-Picardie et Seine-Normandie, le BRGM a pu actualiser en 2009 l'atlas hydrogéologique du département de l'Aisne, qui datait de presque trente ans.

Cette actualisation n'a pas seulement consisté à mettre à jour les données de l'atlas : elle a également permis une profonde refonte de sa forme. En effet, les données du nouvel atlas hydrogéologique de l'Aisne sont désormais rassemblées dans une géodatabase, exploitable grâce à un logiciel SIG, ce qui permet à l'utilisateur d'allier à la puissance de calcul de l'outil informatique la souplesse d'édition de documents cartographiques divers.

Dans cet atlas ont pu être détaillés des domaines variés dont le trait commun est le sous-sol du département de l'Aisne : géologie, climatologie (qui contrôle la recharge des nappes), eaux souterraines (tant sur leur aspect qualitatif que quantitatif), géothermie, risques naturels. Une large place est également accordée à l'hydrologie de surface.

L'atlas hydrogéologique numérique de l'Aisne répond bien au triple objectif qui lui était fixé :

- Collecter et mettre à la disposition des utilisateurs des informations et données issues d'études, rapports et thèses disponibles au BRGM ou accessibles dans les administrations régionales et départementales, les syndicats d'eau, les universités ;
- Rassembler, structurer, consulter, exploiter sous une même interface (SIG) un ensemble de données cartographiques portant sur l'hydrogéologie et la géologie du département. Outre les cartes monothématiques, l'outil mettra à disposition ou permettra de créer des cartes élaborées obtenues par "croisement" des différentes couches d'information disponibles et par l'exploitation d'autres sources de données (BSS, ADES, banque Hydro). Parmi les cartes élaborées prévues, citons les cartes piézométriques basses eaux, moyennes eaux et hautes eaux de la nappe de la craie, la cartographie de la vulnérabilité des nappes aux pollutions issues de la méthode IDPR, et la cartographie de la susceptibilité aux remontées de nappes ;
- Faciliter la mise à jour des informations et données ainsi rassemblées.

Il constitue la première étape d'un projet plus vaste qui vise à actualiser les trois atlas hydrogéologiques départementaux de Picardie. La révision de l'atlas hydrogéologique de l'Oise a démarré en 2009 et devrait s'achever en 2012, et des discussions sont en cours pour un atlas hydrogéologique numérique de la Somme.

Bibliographie

Bulletin du BRGM (deuxième série), Section III, n°1 – Ressources en eau souterraine de la Picardie, 1981.

Géotherma, 1981, Inventaire géothermique de la région Picardie

B. Bouniol, Ph. Maget, 1982, Ressources géothermiques au Lusitanien dans le Bassin Parisien, 20 p.

Ministère de l'industrie, Direction interdépartementale de l'Industrie de Picardie Champagne-Ardenne, 1982, L'énergie en Picardie, 109 p.

CAOUS J.Y, CAUDRON M., MERCIER E. (1983) – Notice de l'atlas hydrogéologique de l'Aisne – BRGM.

Tableau de bord régional de l'environnement de Picardie, cahiers 1&2 – 1989.

VERNOUX J.F. et NOEL Y. (2003) – Aquifère des calcaires de Champigny. Synthèse des connaissances relatives aux écoulements de la nappe et des relations nappe-rivière. Rapport final. BRGM/RP-52366-FR, 66 pages, 18 figures, 15 tableaux, 3 planches, 8 annexes.

Association météorologique de l'Aisne – Bulletins mensuels, 2004-2009

CAUE de l'Aisne (2004) – Inventaire des paysages de l'Aisne.

LE BISSONNAIS Y., DUBREUIL N., DAROUSSIN J., GORCE M. (2004) – Modélisation et cartographie de l'aléa érosion des sols à l'échelle régionale – Exemple du département de l'Aisne. Etude et Gestion des Sols, Volume 11, 3, 2004 – p. 307 à 321.

Règlement de surveillance de prévision et de transmission de l'information sur les crues du SPC Oise-Aisne (RIC), Service de la Navigation de la Seine, 2006.

CHRETIEN.P., FERET.M.J., GUIONIE.P., IZAC.J.L., JEGOU.J.P., JOUBLIN.F., KIEFFER.C., NAIL.C., ROBELIN.C. (2006) – Picardie. Nappe libre de la Craie. Campagne et carte piézométriques "basses eaux" 2005. Rapport final. BRGM/RP-54285-FR

PINAULT J.L. ; AMRAOUI N. et CHRÉTIEN P. (2006) – Sécheresse 2005 et exploitabilité de la ressource en eau souterraine dans les bassins crayeux de la Serre (Aisne) de l'Aronde (Oise) et de l'Avre (Somme). Rapport BRGM/RP 54993-FR. 113 pages, 66 figures et 5 annexes.

CHRÉTIEN.P., GUIONIE.P. (2006) - Qualité de l'eau souterraine dans le département de l'Aisne. Campagne d'analyses 2005. Rapport final. BRGM/RP-54283-FR

GREPP/DIREN/DRAF (2007) – Zonage de la vulnérabilité des masses d'eau de la région Picardie à la pollution des eaux par les produits phytosanitaires - Méthode de caractérisation de la vulnérabilité intrinsèque et actuelle des masses d'eaux superficielles et souterraines de la région Picardie.

CHRÉTIEN P. et FÉRET M.J. (2007) - Qualité de l'eau souterraine dans le département de l'Aisne. Campagne d'analyses 2006. BRGM/RP-55372-FR, 120 p., 8 fig., 4 ann.

BRENOT.A., GOURCY.L., ALLIER.D., MASCRE.C., PONS.A., CHERY.L., BLUM.A. (2007) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines. BRGM/RP-55346-FR.

CHRETIEN.P., SALLIER.V. (2007) - Picardie - Nappe libre de la craie - Cartes piézométriques hautes eaux 2001-2002 et moyennes eaux 1960-2007. Rapport final. BRGM/RP-55971-FR

BERNON N., CHRÉTIEN P., MINARD D., TOURLIÈRE B. (2008) – Atlas hydrogéologique numérique de l'Aisne – Phase 1 : recueil des données et proposition du contenu de l'atlas. BRGM/RP-56336-FR, 50 pages, 13 illustrations, 5 tableaux, 2 annexes.

CHRÉTIEN P. et MINARD D. (2008) - Qualité de l'eau souterraine dans le département de l'Aisne. Campagne d'analyses 2007. BRGM/RP-56247-FR, 98 p., 6 fig., 10 tab., 4 ann.

MINARD D. (2008) – Actualisation de l'atlas hydrogéologique numérique de l'Aisne et contribution à diverses études hydrogéologiques, Université Paul Verlaine, Metz.

ASFIRANE F., WUILLEUMIER A., ALLIER D., VERJUS P. (2008) – Bassin Seine Normandie : estimation des volumes disponibles pour les prélèvements. Rapport final. Rapport BRGM/RP-56690-FR. 482 pages, 393 illustrations, 15 tableaux, 5 annexes

CHRÉTIEN P., MINARD D., THOMAS J. et TOURLIÈRE B (2009) – Atlas hydrogéologique numérique de l'Aisne – Rapport d'avancement – Année 2. BRGM/RP-56741-FR, 140 pages, 48 illustrations, 8 tableaux, 6 annexes.

Sites internet :

www.adeseaufrance.fr

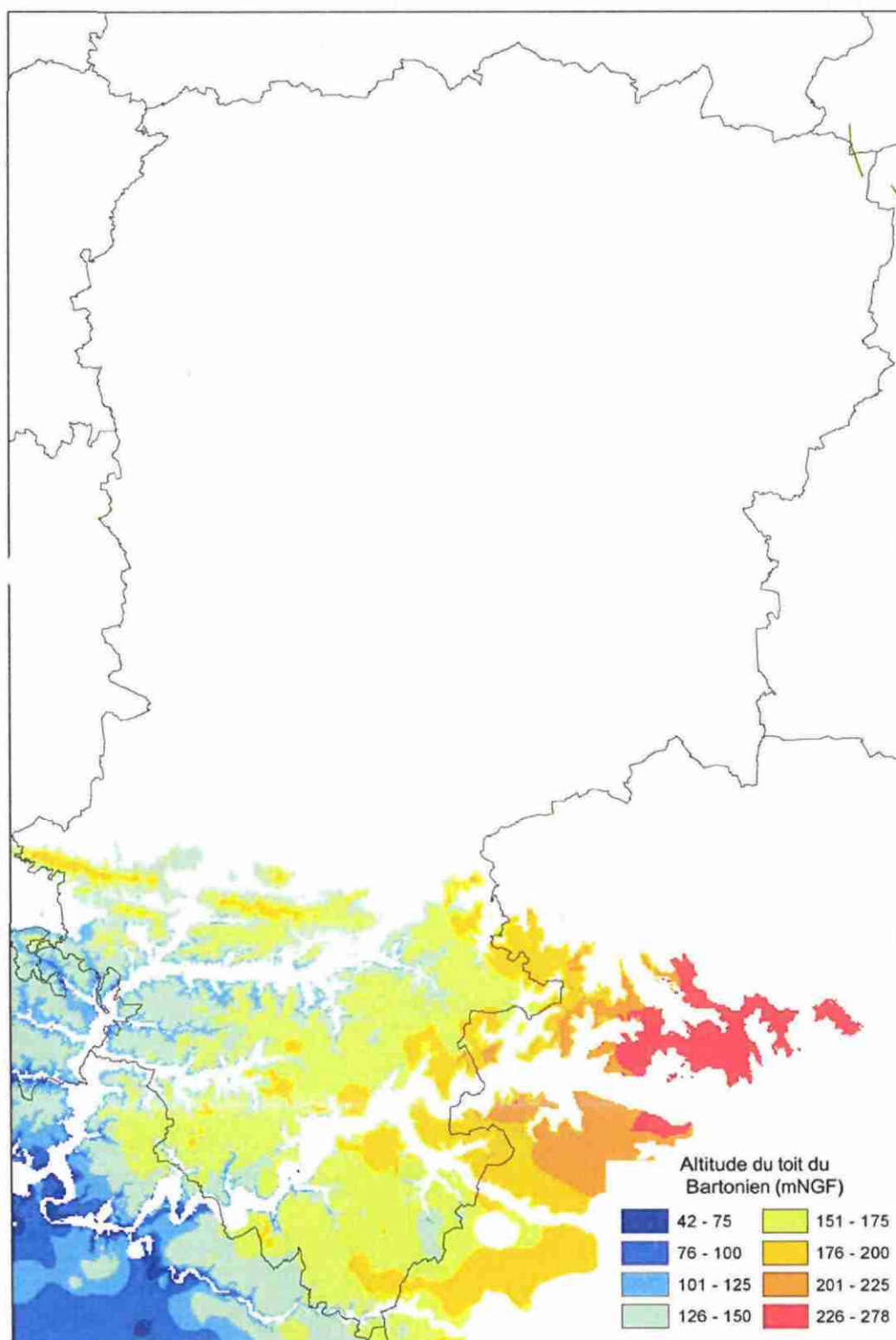
<http://www.Nord-pas-de-calais.ecologie.gouv.fr>

http://www.centre.ecologie.gouv.fr/Sta_Jau/definitions.htm

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

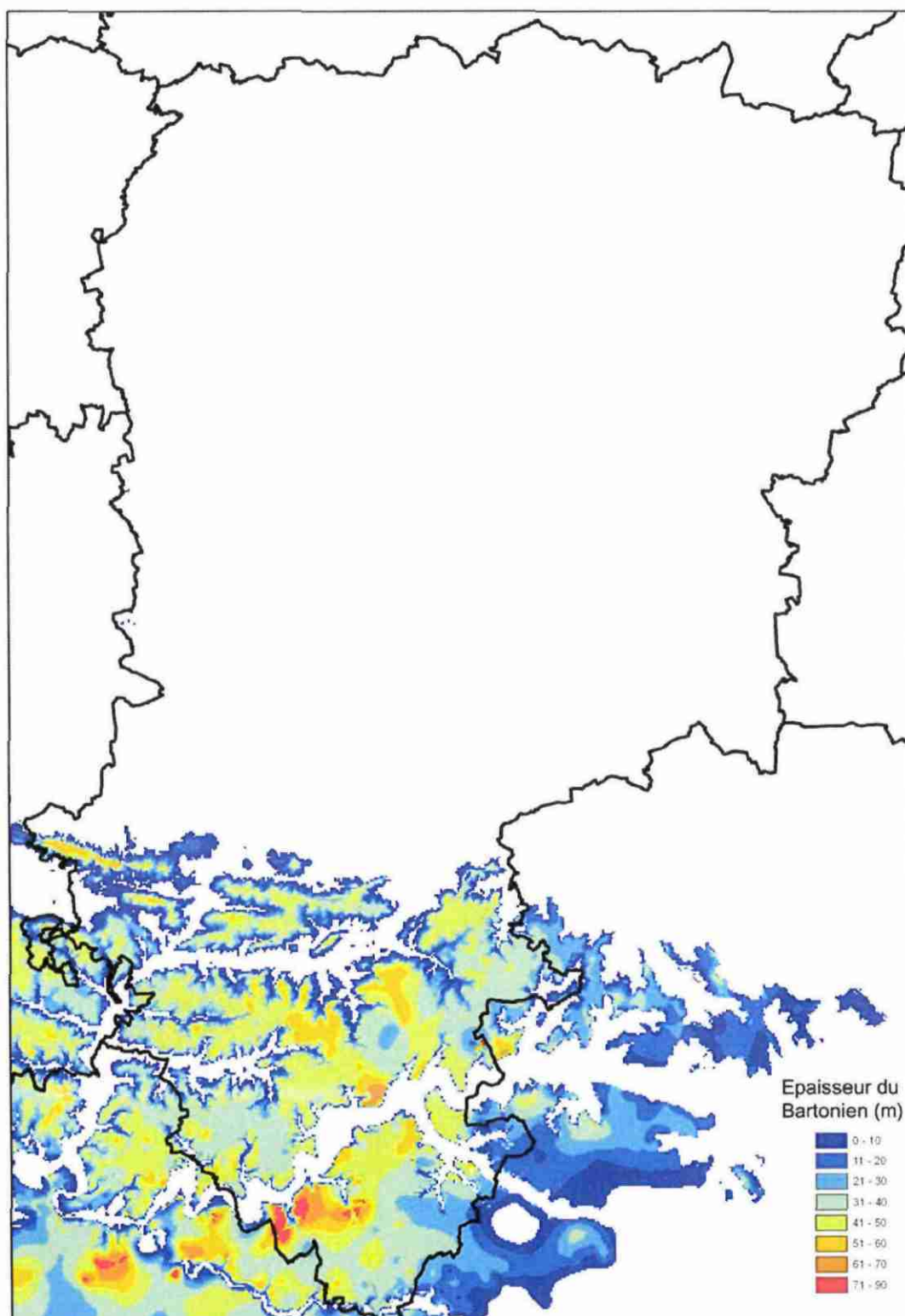
Annexe 1

Isohypes du toit du Bartonien, calculées grâce au modèle géologique du département de l'Aisne



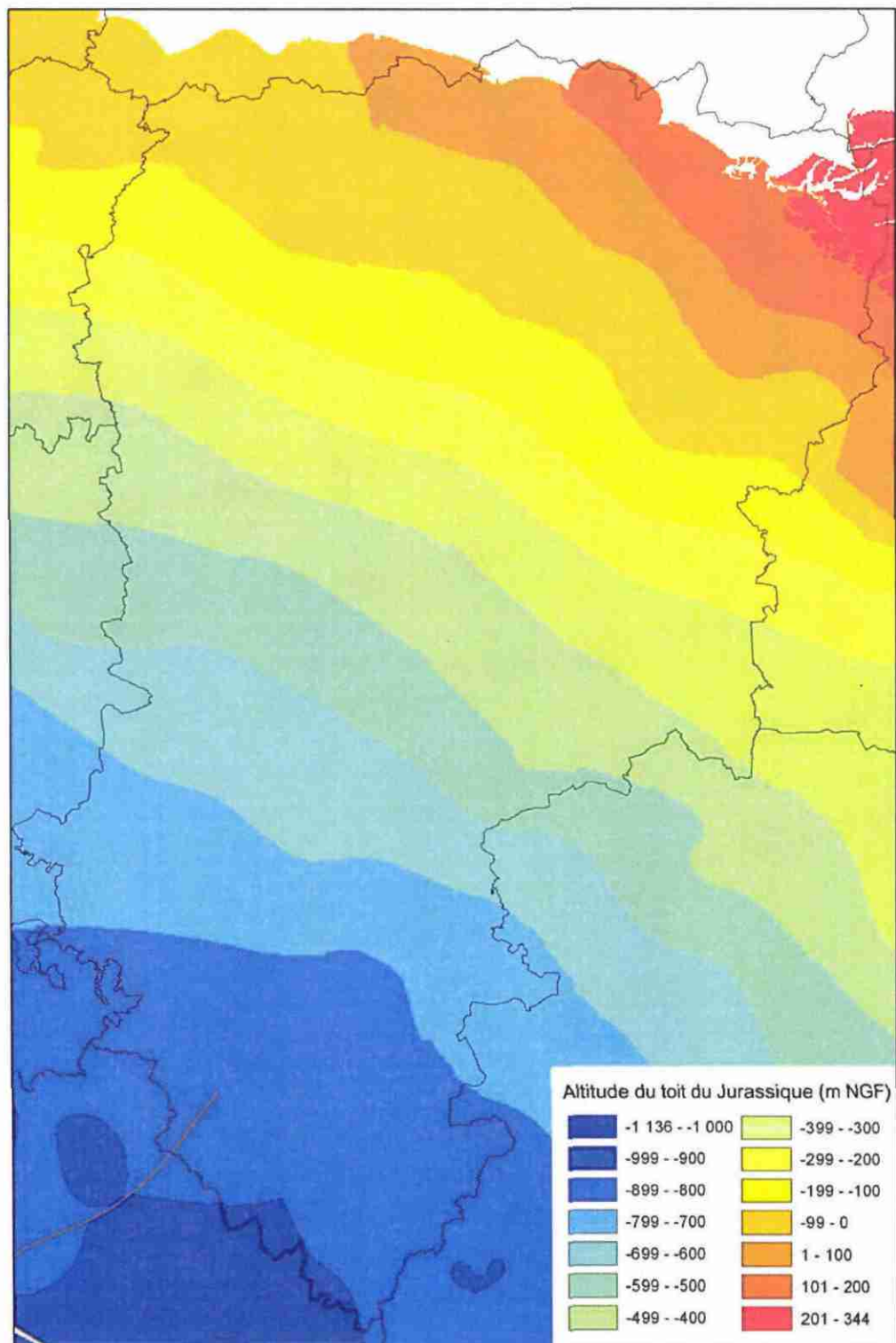
Annexe 2

Isopaques du Bartonien



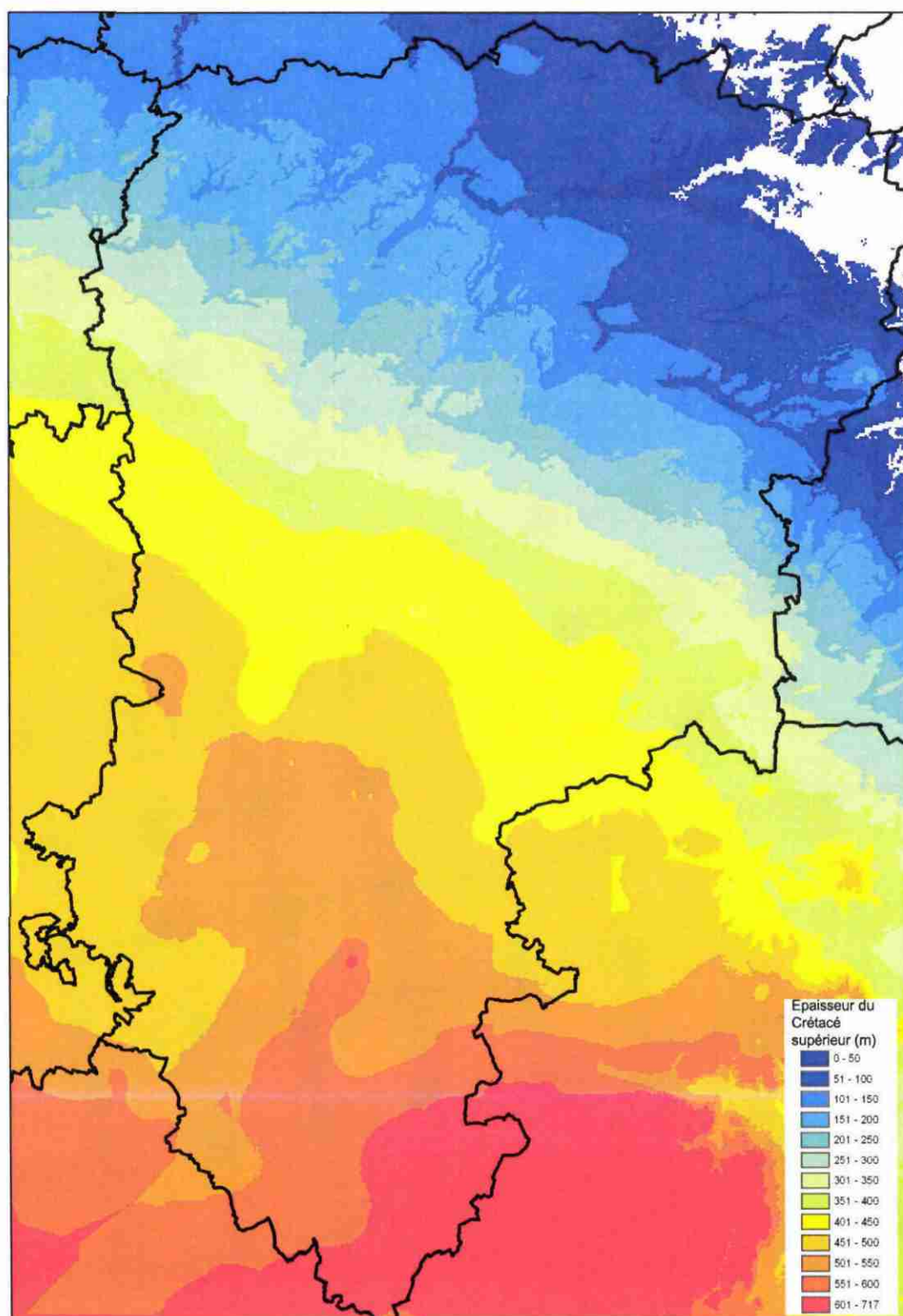
Annexe 3

Isohypes du toit du Jurassique



Annexe 4

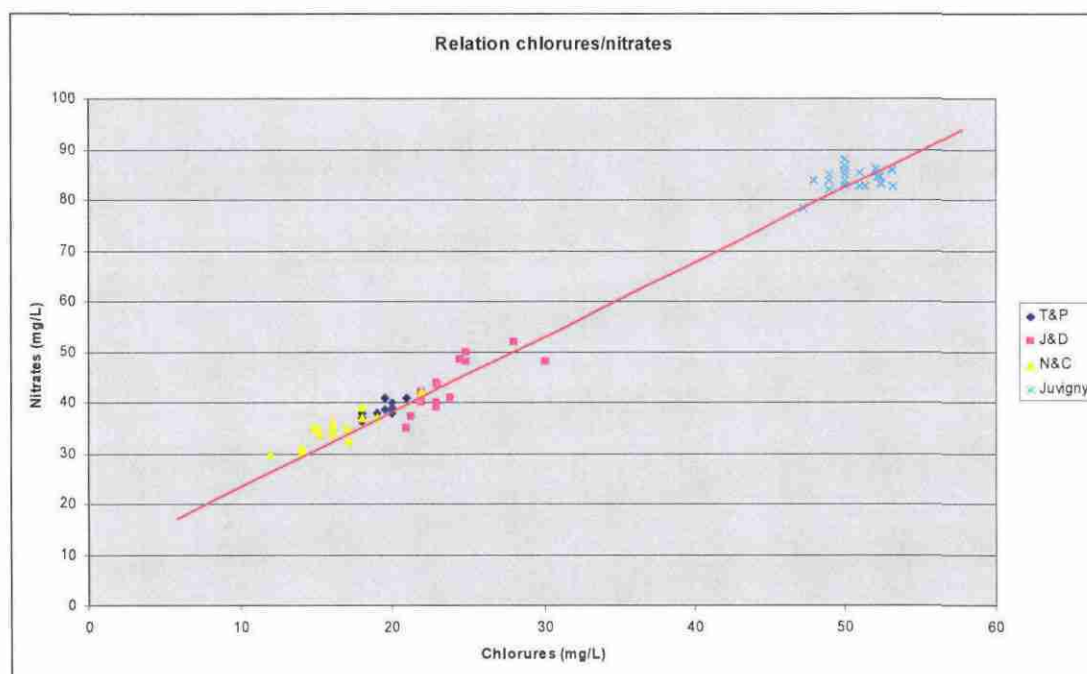
Isopaques du Crétacé supérieur



Annexe 5

Relation entre concentrations en nitrates et chlorures

Les concentrations en chlorures et nitrates ont tendance à suivre les mêmes évolutions (baisse/hausse). En effet, si l'on trace le graphe chlorures vs nitrates on constate qu'il existe une corrélation linéaire entre les teneurs des deux ions :



Relation entre teneurs en nitrates et chlorures

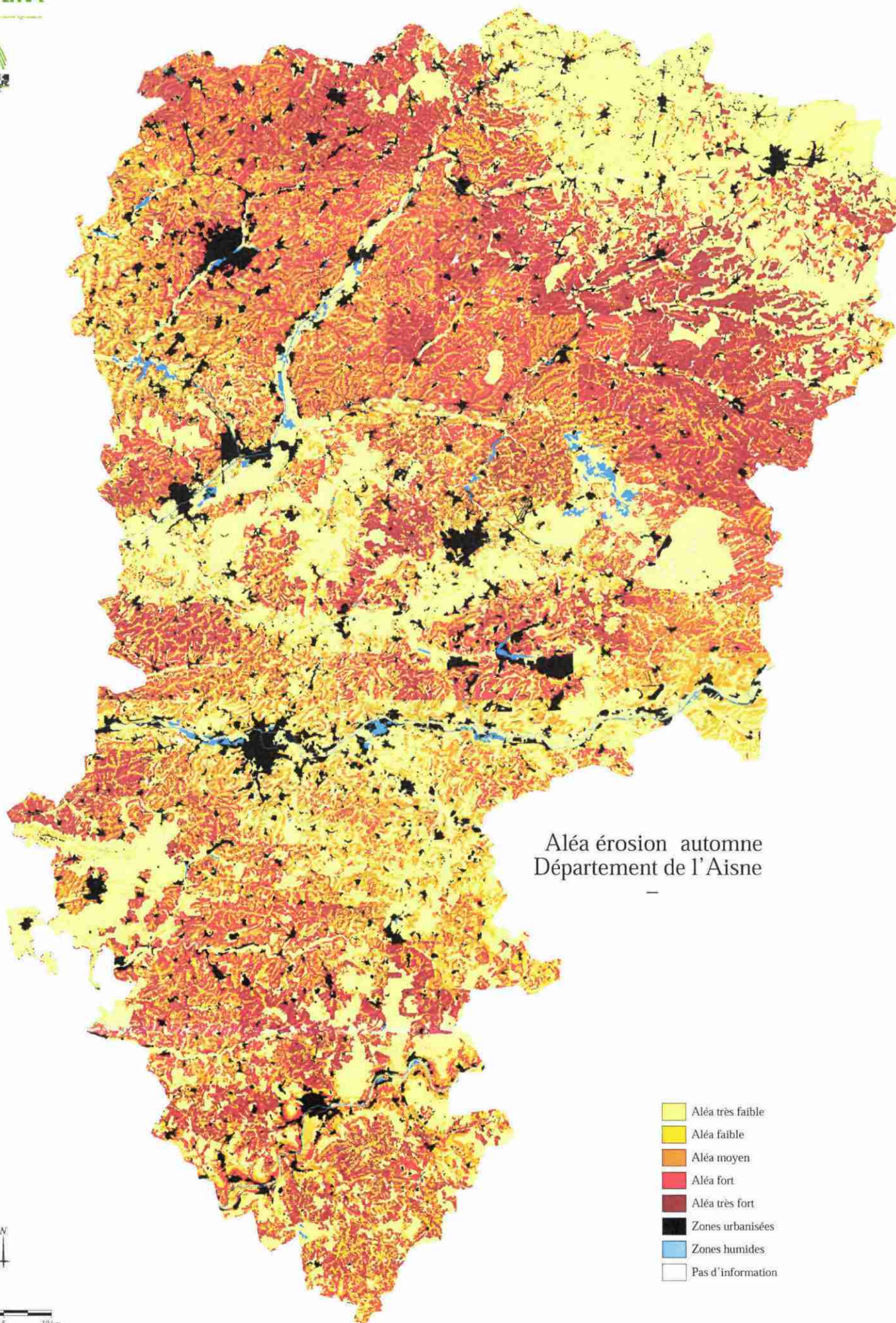
*T&P : Tavaux-et-Pontséricourt
J&D : Juvin-court-et-Damary
N&C : Nouvion-et-Catillon*

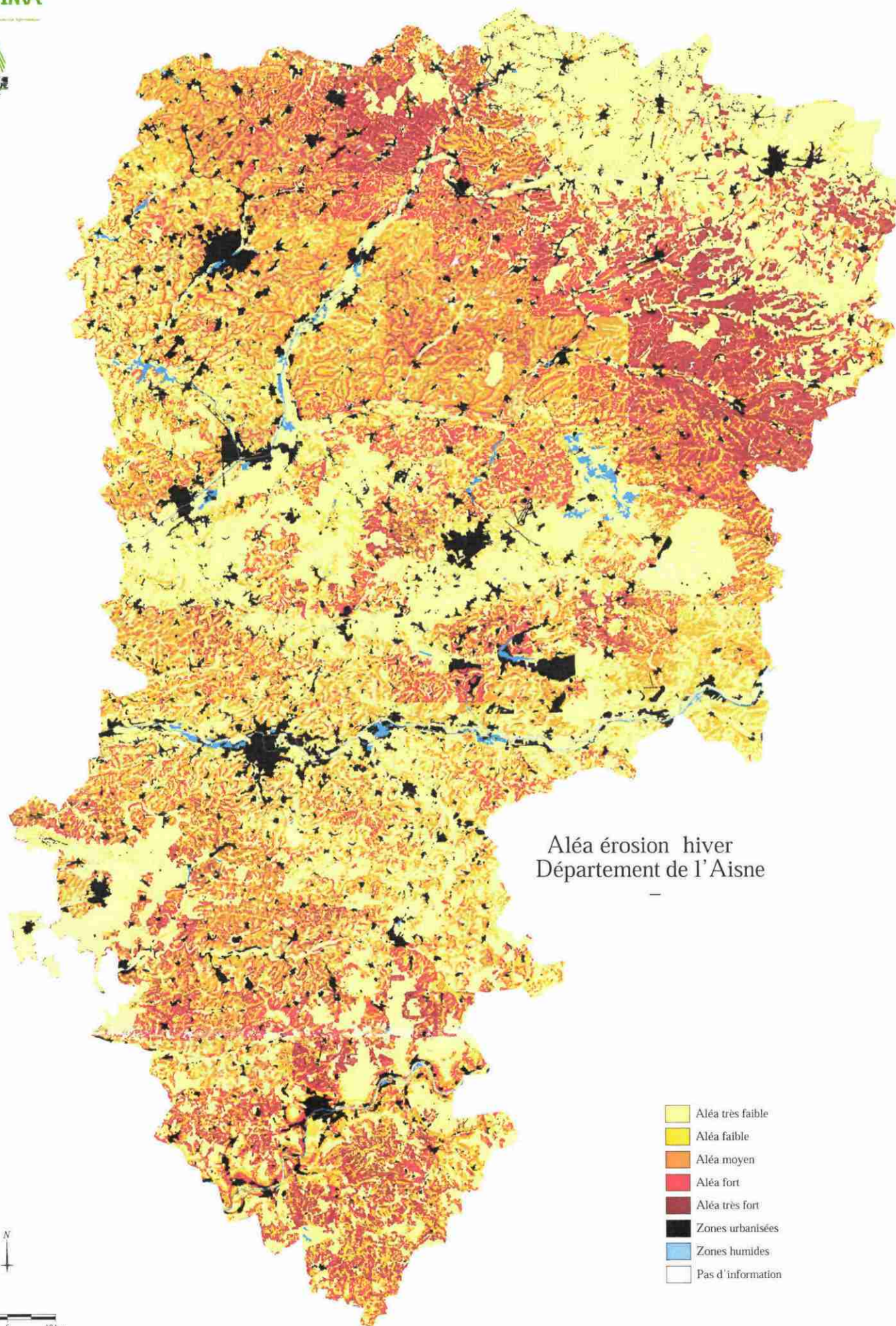
L'origine des chlorures peut être naturelle, agricole, industrielle ou domestique. Quand les concentrations en nitrates et chlorures évoluent de manière parallèle il est probable que les deux éléments soient apportés par une ou plusieurs des activités anthropiques citées. Ici, compte-tenu du contexte environnemental, les chlorures ont sans doute une origine agricole essentiellement. Le chlorure de potassium (KCl) est utilisé comme engrais²³, qui pourrait prendre la forme d'un mélange avec les nitrates. Cela expliquerait la relation linéaire entre la concentration des deux substances : leur proportion relative est constante et ne dépend pas de la quantité d'engrais utilisé.

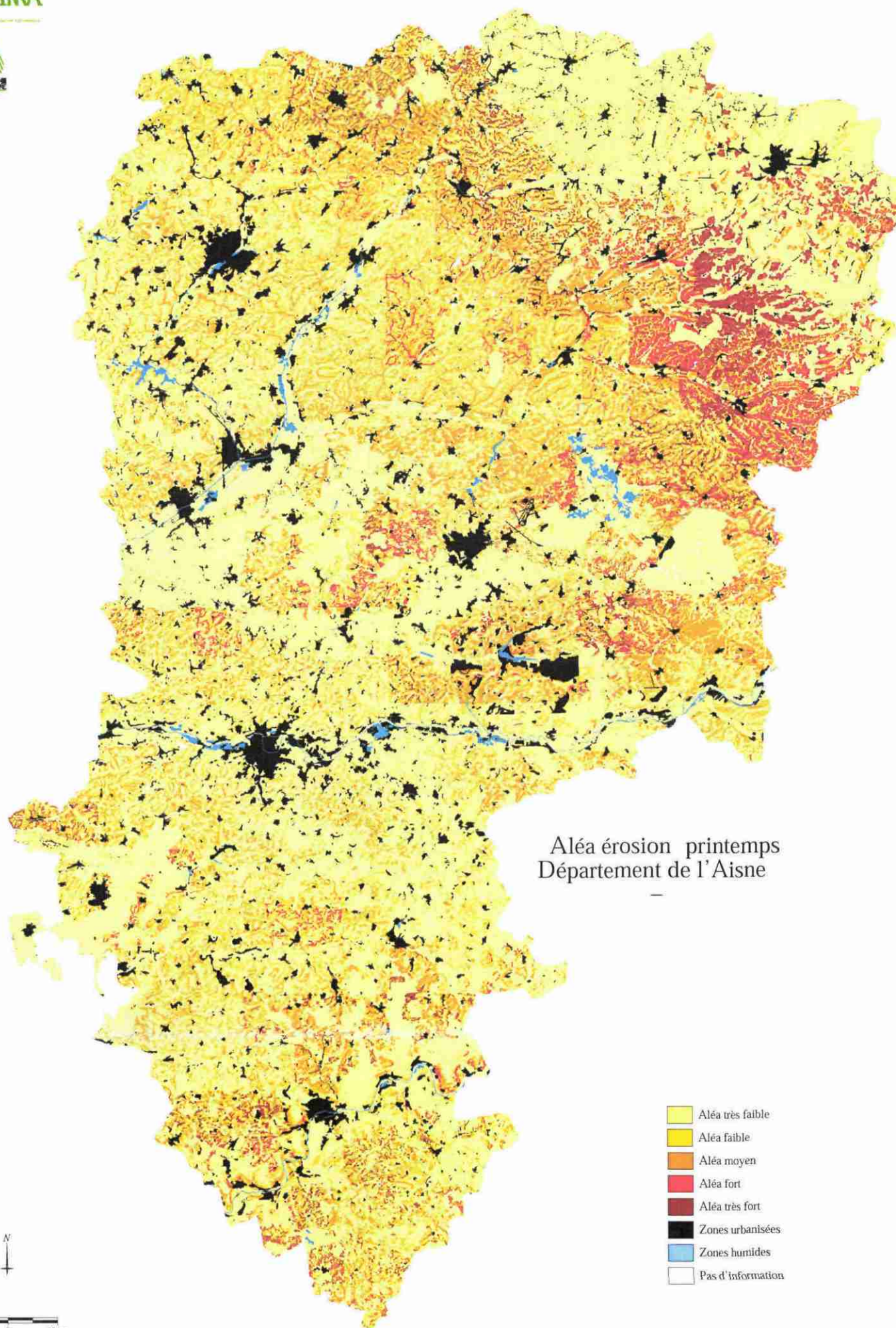
²³ Évaluation des risques sanitaires liés au dépassement de la référence de qualité des chlorures dans les eaux destinées à la consommation humaine, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA), avril 2005.

Annexe 6

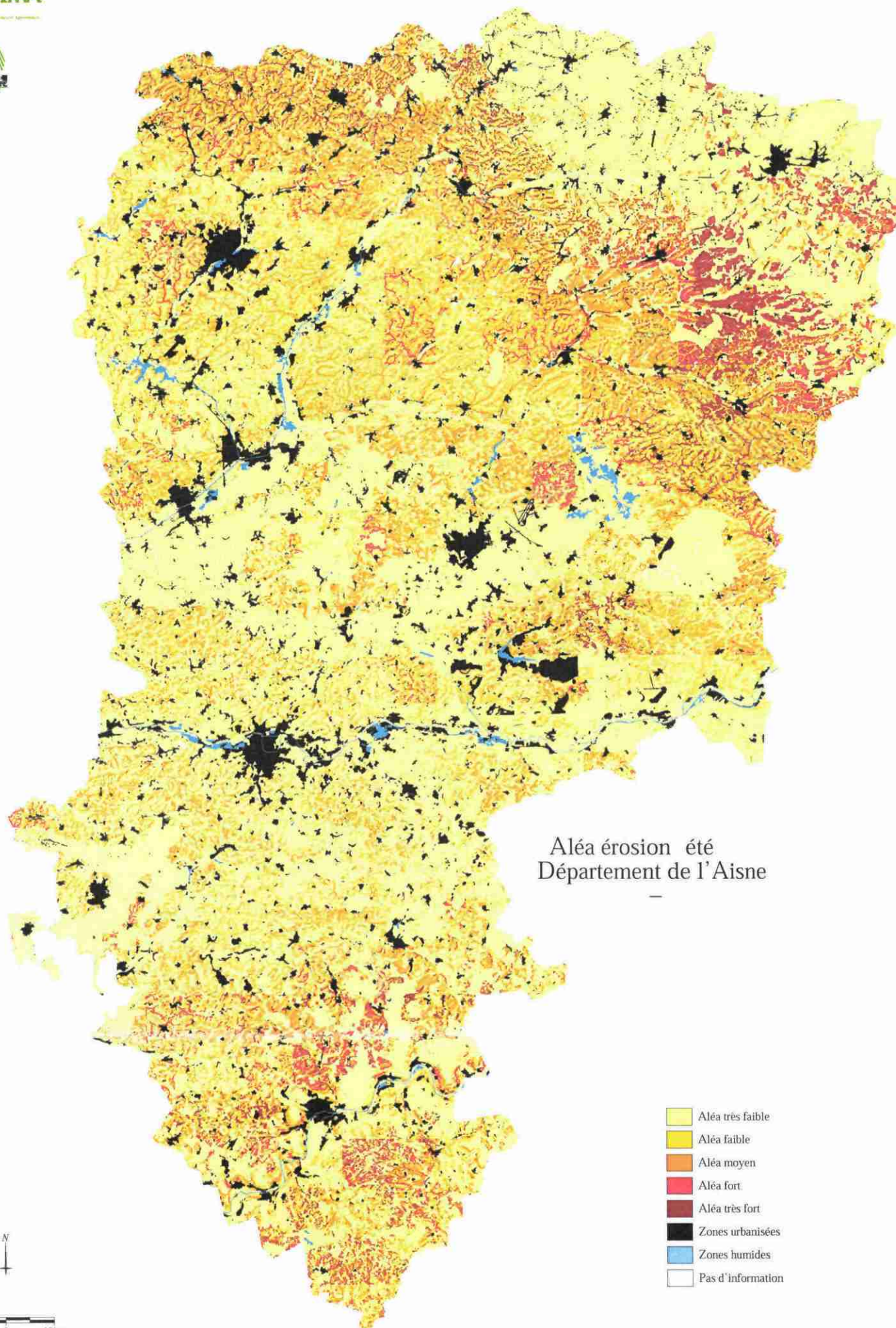
Aléa érosion des sols (INRA, 2003)







- Aléa très faible
- Aléa faible
- Aléa moyen
- Aléa fort
- Aléa très fort
- Zones urbanisées
- Zones humides
- Pas d'information



- Aléa très faible
- Aléa faible
- Aléa moyen
- Aléa fort
- Aléa très fort
- Zones urbanisées
- Zones humides
- Pas d'information





Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Picardie
Polytech de Rivery
7 rue Anne Frank
80136 – Rivery – France
Tél. : 03 22 91 42 47