



INSTITUTION
INTERDEPARTEMENTALE
NORD-PAS-DE-CALAIS



pour
L'AMENAGEMENT DE LA VALLEE DE LA SENSEE



ETUDE HYDRAULIQUE GLOBALE DANS LE CADRE DU SAGE DE LA SENSEE

**3. Analyse, compréhension du fonctionnement hydraulique
et identification des interrelations entre les éléments du bassin versant de la Sensée**



hydratec

Tour Gamma D
58, quai de la Rapée
75583 PARIS CEDEX 12
tel : 01.40.04.61.02
fax : 01.43.42.24.39



ZA Nancy-Pompey
146 Boulevard de Finlande
54340 POMPEY
tel : 03.83.32.41.94
fax : 03.83.36.70.85

Réf : 19600-3.1 - BC/ALP/EH
Date : février 2009

SOMMAIRE

1	CADRE ET OBJET DU RAPPORT	7
1.1	CONTEXTE DE L'ETUDE	7
1.2	OBJETS DE L'ETUDE	7
1.3	OBJET DU PRESENT RAPPORT	8
2	DEMARCHE MISE EN ŒUVRE	9
3	DEFINITION ET PRESENTATION DU BASSIN VERSANT	10
3.1	DELIMITATION DU BASSIN VERSANT HYDROGRAPHIQUE ET DECOUPAGE EN SOUS-BASSINS	10
3.2	OCCUPATION DES SOLS	11
3.3	MILIEU NATUREL ET ESPACES REMARQUABLES	12
3.4	GEOLOGIE	13
4	SYNTHESE DES PROBLEMATIQUES DU BASSIN VERSANT LIEES A L'EAU	15
4.1	ENTRETIEN DES COURS D'EAU ET PLANS D'EAU	15
4.2	GESTION DES NIVEAUX D'EAU	17
4.2.1	<i>Ressenti des élus au travers des questionnaires</i>	17
4.2.2	<i>Analyse des mesures de hauteurs d'eau sur la Sensée</i>	18
4.2.3	<i>Ouvrages de gestion des niveaux d'eau</i>	19
4.3	ENVASEMENT	23
4.3.1	<i>Constats de l'état actuel</i>	23
4.3.2	<i>Travaux réalisés pour limiter l'envasement</i>	24
4.3.3	<i>Traitement de la problématique « envasement »</i>	25
4.4	DEBORDEMENT DE COURS D'EAU OU D'ETANG	25
4.5	REMONTEES DE NAPPES	28
4.6	RUISSELLEMENTS ET COULEES DE BOUE	30
4.7	EXPLOITATION DE LA NAPPE	32
4.8	SYNTHESE DES PROBLEMATIQUES ET METHODES D'ANALYSE	33
5	DIAGNOSTIC DE L'ETAT DES COURS D'EAU	35
5.1	CONTEXTE ET OBJECTIF DU DIAGNOSTIC	35
5.2	APERÇU DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA SENSEE	36
5.3	ETUDES ANTERIEURES RELATIVES A L'ENTRETIEN ET A LA RESTAURATION DES COURS D'EAU SUR LE TERRITOIRE	38

5.4	METHODOLOGIE D'ETUDE : SECTORISATION, INVESTIGATIONS DE TERRAIN ET RESTITUTIONS	39
5.4.1	<i>Sectorisation des cours d'eau (secteurs homogènes)</i>	39
5.4.2	<i>Investigations de terrain</i>	40
5.4.3	<i>Restitution des données</i>	41
5.5	ETAT DES DYSFONCTIONNEMENTS ET DES SINGULARITES	42
5.5.1	<i>Végétation des berges et du lit mineur</i>	42
5.5.2	<i>Occupation du sol des rives</i>	48
5.5.3	<i>Morphologie du lit mineur et des berges</i>	52
5.5.4	<i>Sources de pollution</i>	59
5.5.5	<i>Synthèse sur la qualité des milieux</i>	61
6	ANALYSE CLIMATOLOGIQUE : PLUVIOMETRIE	64
6.1	ANALYSES STATISTIQUES 1990-2008	65
6.2	REPARTITION DE LA PLUVIOMETRIE SUR LE BASSIN-VERSANT	68
6.3	PLUIES UTILES	71
6.4	EVOLUTION DU TAUX REMPLISSAGE DE LA RESERVE UTILE, PLUIES EFFICACES	75
6.5	SYNTHESE	77
7	ANALYSE HYDROLOGIQUE	78
7.1	RAPPEL DES STATIONS HYDROMETRIQUES EXISTANTES DU BASSIN VERSANT	78
7.2	TEMPS DE CONCENTRATION	79
7.3	ANALYSE DES MESURES A LA STATION D'ETAING SUR LA SENSEE	80
7.3.1	<i>Débits classés</i>	80
7.3.2	<i>Analyse statistique des crues</i>	81
7.3.3	<i>Etiages</i>	84
7.3.4	<i>Débits de référence et débits réglementaires</i>	85
7.4	ANALYSE DES NOUVELLES STATIONS IMPLANTEES POUR L'ETUDE	86
7.4.1	<i>Rappel du contexte hydrologique des 3 ans de mesure</i>	86
7.4.2	<i>Profil en long des débits sur la Sensée</i>	89
7.4.3	<i>Première estimation des débits linéaires d'apport de nappe sur la Sensée</i>	92
7.5	ENSEIGNEMENTS DE L'ANALYSE HYDROLOGIQUE	93
8	ANALYSE HYDROGEOLOGIQUE	95
8.1	CONTEXTE GEOLOGIQUE	95
8.1.1	<i>Stratigraphie</i>	95
8.1.2	<i>Géologie structurale</i>	101
8.1.3	<i>Analyse des sondages existants</i>	103
8.2	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	108
8.2.1	<i>Nature des aquifères</i>	108
8.2.2	<i>Propriétés hydrodynamiques</i>	108
8.3	PIEZOMETRIE DE LA NAPPE DE LA CRAIE	110

8.3.1	<i>Piézométrie générale et définition du bassin-versant</i>	110
8.3.2	<i>Piézométrie du bassin-versant hydrogéologique de la Sensée</i>	113
8.3.3	<i>Piézométrie des nappes alluviales</i>	132
8.4	RELATIONS NAPPE / RESEAU HYDROGRAPHIQUE	135
8.4.1	<i>Réseau hydrographique « naturel »</i>	136
8.4.2	<i>Canaux</i>	140
8.5	DENITRIFICATION	141
8.6	EXPLOITATION DE LA NAPPE DE LA CRAIE	143
8.6.1	<i>Etat des lieux des prélèvements</i>	143
8.6.2	<i>Bilan volumétrique</i>	148
8.6.3	<i>Perspectives d'évolution</i>	153
8.7	SYNTHESE	153
9	DEFINITION DES MODELISATIONS DE LA PARTIE 4 DE L'ETUDE	154
9.1	MODELISATION HYDROGEOLOGIQUE	154
9.1.1	<i>Rappel des objectifs de cette modélisation</i>	154
9.1.2	<i>Etendue et description sommaire du modèle</i>	154
9.1.3	<i>Etapas de modélisation</i>	154
9.2	MODELISATION HYDRAULIQUE	155
9.2.1	<i>Rappel des objectifs de cette modélisation</i>	155
9.2.2	<i>Etendue du modèle</i>	155
9.2.3	<i>Description sommaire du modèle</i>	156
9.2.4	<i>Données de calage disponibles</i>	157
9.2.5	<i>Simulations proposées et crues de calage</i>	157
9.3	TOPOGRAPHIE NECESSAIRE	158
9.3.1	<i>Inventaire de la topographie existante</i>	158
9.3.2	<i>Topographie complémentaire nécessaire</i>	159
10	POURSUITE DE L'ETUDE	161

FIGURES

Figure 1 Délimitation du bassin versant de la Sensée	10
Figure 2 Occupation des sols du bassin versant.....	11
Figure 3 Milieux naturels remarquables du bassin versant	12
Figure 4 Communes ayant répondu au questionnaire	15
Figure 5 Réponses au questionnaire concernant l'entretien des voies d'eau.....	16
Figure 6 Réponses au questionnaire concernant la gestion des niveaux d'eau	17
Figure 7 Limnigrammes aux stations de la Sensée amont.....	18
Figure 8 Limnigrammes aux stations de la Sensée aval.....	19
Figure 9 Ouvrages pouvant potentiellement influencer sur les niveaux d'eau.....	20
Figure 10 Réponses au questionnaire concernant l'envasement des voies d'eau	23
Figure 11 Localisation des travaux réalisés pour limiter l'envasement.....	24
Figure 12 Réponses au questionnaire concernant les débordements de rivières	26
Figure 13 Dates des derniers événements et enjeux touchés par les débordements	27
Figure 14 Réponses au questionnaire concernant les remontées de nappe.....	28
Figure 15 Dates des derniers événements et enjeux touchés par les remontées de nappe.....	29
Figure 16 Variations piézométriques de la nappe de la craie.....	29
Figure 17 Réponses au questionnaire concernant la problématique ruissellement.....	30
Figure 18 Dates des derniers événements et enjeux touchés par les ruissellements	31
Figure 19 Cours d'eau faisant l'objet des investigations de terrain pour le diagnostic.....	36
Figure 20 Localisation des pluviomètres.....	64
Figure 21 Pluviométrie mensuelle, années hydrologiques 1991-2008, poste de Wancourt.....	66
Figure 22 Ajustement statistique à une loi normale pour l'évènement pluvieux	67
Figure 23 Répartition spatiale du cumul des précipitations sur l'année hydrologique 2006.....	69
Figure 24 Répartition spatiale du cumul des précipitations sur l'année hydrologique 2007.....	70
Figure 25 Principe du bilan hydrique	71
Figure 26 Pluie utile, années hydrologiques 1991-2008, poste de Wancourt.....	72
Figure 27 Répartition annuelle des pluies brutes et utiles.....	73
Figure 28 Cumul des pluies utiles sur la période 1990-2008, comparaison avec le cumul moyen .	74
Figure 29 Valeurs de la pluie efficace pour les années hydrologiques 1995 à 2008. Deux hypothèses sont faites sur la valeur de la réserve hydrique mobilisable maximale des sols : 100 mm et 200 mm	76
Figure 30 Localisation des stations hydrométriques du bassin versant.....	78
Figure 31 Profil en long de la Sensée aval, des marais du Haut-Pont à Bouchain.....	79
Figure 32 Comparaison des courbes des débits classés de plusieurs cours d'eau voisins de la Sensée.....	81
Figure 33 Ajustement statistique selon une loi de Galton des débits de la Sensée à Etaing.....	83
Figure 34 Précipitations mensuelles sur les 3 années de mesure	87
Figure 35 Piézométrie des 3 années de mesures.....	88
Figure 36 Hydrogramme de la Sensée à Etaing	89
Figure 37 Profils en long des débits pour plusieurs régimes hydrologiques	90
Figure 38 Profil en long des débits spécifiques.....	91
Figure 39 Apports linéaires de nappe vers la Sensée.....	94

Figure 40 Carte géologique schématique du bassin-versant hydrogéologique. Localisation des profils géologiques	97
Figure 41 Coupe géologique A - B, figuré de la piézométrie de hautes eaux 2001 et de la piézométrie d'été 1997	98
Figure 42 Coupe géologique C - D, figuré de la piézométrie de hautes eaux 2001 et de la piézométrie d'été 1997	99
Figure 43 Coupe géologique E - F, figuré de la piézométrie de hautes eaux 2001 et de la piézométrie d'été 2005	100
Figure 44 Carte simplifiée des structures géologiques affectant le bassin-versant hydrogéologique	102
Figure 45 Elévation du mur de la craie séno-turonienne.....	104
Figure 46 Elévation du toit de la craie séno-turonienne	105
Figure 47 Localisation des lits tourbeux.....	106
Figure 48 Coupe schématique de la vallée de la Sensée dans le secteur d'Hem-Lenglet. Schéma de principe des écoulements.....	107
Figure 49 Piézométrie moyenne sur le Nord Pas De Calais, limites du bassin-versant hydrogéologique. Données : Agence de l'Eau Artois Picardie	111
Figure 50 Evolution de la piézométrie de la nappe de la craie au nord de la vallée de la Sensée (régime libre).....	112
Figure 51 Sources de la craie (non exhaustif)	113
Figure 52 Source de la Sensée (fossé d'Haucourt)	114
Figure 53 Source de la Brogne (Cojeul)	114
Figure 54 Source de l' « Abreuvoir » (Estrun).....	114
Figure 55 Réseau piézométrique.....	116
Figure 56 Chroniques piézométriques longues sur les piézomètres de l'Agence de l'Eau de Guémappe (zone libre), de Rieulay (zone captive) et d'Havrincourt (zone libre).....	118
Figure 57 Battement de la nappe de la craie	120
Figure 58 Piézométrie d'été : hiver 1997. Sources : Agence de l'Eau Artois Picardie	123
Figure 59 Piézométrie de hautes eaux : printemps 2001. Sources : Agence de l'Eau Artois Picardie, BRGM, Institution Interdépartementale de la Vallée de la Sensée.....	124
Figure 60 Principe du calcul du taux de remplissage de la craie séno-turonienne	125
Figure 61 Puits artésiens près de la source de la Brogne.....	126
Figure 62 Hautes eaux 2001 : taux de remplissage de la craie séno-turonienne	127
Figure 63 Evolution de la piézométrie au droit du piézomètre de l'Agence de l'Eau de Bellonne.....	128
Figure 64 Position du souterrain de Ruyaulcourt sur la carte de Cassini. Zone de drainage et d'écoulement préférentiel	129
Figure 65 Localisation des doublons piézométriques du SIDEN.....	132
Figure 66 Piézométrie comparée de la nappe de la craie et de la nappe alluviale	134
Figure 67 Comparaison de l'évolution de la piézométrie à Guémappe et des débits de la Sensée à Etaing.....	135
Figure 68 Comparaison de l'évolution de la piézométrie et des débits de la Sensée à Féchain... ..	136
Figure 69 Piézométrie d'été de l'année hydrologique 2006.....	137
Figure 70 Piézométrie de hautes eaux 2008	138
Figure 71 Estimation du sens des échanges nappe - rivière.....	139
Figure 72 Berge du canal de la Sensée.....	140
Figure 73 Cote de retenue normale des biefs du canal du nord et du canal de la Sensée.....	141

Figure 74 Carte de répartition des concentrations en nitrates. Source : ANTEA A 01357, Evaluation des ressources en eau potable souterraine dans la vallée de la Sensée.....	142
Figure 75 Bilan des prélèvements pour l'année 2003. Données Agence de l'Eau Artois Picardie	145
Figure 76 Bilan des prélèvements pour l'année 2007. Données Agence de l'Eau Artois Picardie	146
Figure 77 Répartition des prélèvements moyens entre 2003 et 2007 en fonction des usages et en fonction du territoire. Données : Agence de l'Eau Artois Picardie	147
Figure 78 Schéma conceptuel du fonctionnement du bassin-versant hydrogéologique. Termes du bilan volumétrique	149
Figure 79 Etendue du futur modèle hydraulique	156
Figure 80 Inventaire et localisation de la topographie existante.....	158
Figure 81 Extrait du MNT du Conseil Général du Nord.....	159

TABLEAUX

Tableau 1 Synthèse de problématiques du bassin versant et méthodes d'analyse.....	33
Tableau 2 Classes de qualité du SEQ-Eau et codes couleurs associés	37
Tableau 3 Evolution depuis 1997 des classes de qualité des 3 stations de mesure sur la Sensée	37
Tableau 4 Plans de gestions et études techniques déjà réalisés sur le territoire	39
Tableau 5 Période de retour théorique (loi normale) des évènements pluviométriques	67
Tableau 6 Tendances de répartition pluriannuelle des pluies utiles	74
Tableau 7 Temps de concentration aux différentes stations hydrométriques.....	80
Tableau 8 Période de retour des débits moyens minimaux annuels calculés sur 30 jours VCN30.	84
Tableau 9 VCN30 caractéristiques d'étiage.....	84
Tableau 10 Première estimation des débits linéaires d'apport de nappe sur la Sensée.....	93
Tableau 11 Fluctuations interannuelles observées sur les chroniques piézométriques	119
Tableau 12 Périodes de retour théoriques de basses eaux selon un ajustement log-normal des cotes piézométriques	130
Tableau 13 Périodes de retour théoriques de hautes eaux selon un ajustement log-normal des cotes piézométriques	131
Tableau 14 Prélèvements annuels 2003-2007	144
Tableau 15 Bilan volumétrique du système aquifère 2003-2007.....	152

1 CADRE ET OBJET DU RAPPORT

1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

Une démarche contrat de rivière a été engagée sur le bassin versant de la Sensée à la fin des années 80, autour de la problématique de l'envasement des étangs de Lécluse, premiers étangs situés en amont d'une succession d'autres étangs et de zones humides.

Le contrat de rivière de la Sensée a été signé en 1992 par une partie des communes du bassin versant (communes riveraines des cours d'eau).

Dans ce cadre, deux études portant sur l'hydraulique ont été réalisées : l'Etude d'Aménagement Intégré en 1993 – 1994, complétée par la suite par une étude plus opérationnelle, l'Etude Préalable aux Travaux de Réhabilitation du Milieu.

Un programme de travaux a été élaboré à partir des conclusions de ces deux études ; deux premiers chantiers ont été conduits sur la Sensée aval, mais le manque de données permettant de mesurer l'impact des travaux prévus (curage, réalimentation de la Sensée aval) a eu pour conséquence l'arrêt de ces travaux.

La persistance de problèmes et de dysfonctionnements hydriques sur l'ensemble du bassin ont montré la nécessité de réaliser une étude hydraulique globale sur le bassin versant de la Sensée.

Le contrat de rivière a pris fin le 13 décembre 1999. La suite donnée à ce contrat est un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) sur le bassin versant de la Sensée. La présente étude hydraulique globale est réalisée dans le cadre de l'élaboration du SAGE de la Sensée.

1.2 OBJETS DE L'ETUDE

L'étude hydraulique globale comporte six parties :

1. Action pilote sur l'amont du bassin versant de la Sensée

Pour l'amont du bassin versant de la Sensée, il s'agit de proposer une action pilote permettant la reconquête du chevelu de fossés actuellement détruit, ainsi que des mesures complémentaires favorisant l'infiltration de l'eau et la réduction de l'érosion des sols et de l'envasement des cours d'eau.

2. Tableau de bord et réseau de mesures

Il s'agit de mettre en place un tableau de bord, étape nécessaire à la réalisation des phases suivantes de cette étude hydraulique globale (parties 3, 4 et 5). L'élaboration de ce tableau de bord passe par la mise en place et le suivi d'un réseau pertinent et cohérent de mesures quantitatives et qualitatives (niveaux piézométriques, niveaux des cours de l'eau, débits, paramètres permettant d'évaluer la qualité de l'eau) sur la rivière Sensée, ses affluents et les nappes.

3. Analyse, compréhension du fonctionnement hydraulique et identification des interrelations entre les éléments du bassin versant de la Sensée

A partir des données existantes et à l'aide du tableau de bord nouvellement constitué, il s'agit d'élaborer un rapport décrivant le fonctionnement hydrique du bassin versant et identifiant les interrelations entre les différents éléments de ce bassin (étangs, cours d'eau et nappes souterraines).

4. Modélisation du fonctionnement hydraulique de la Sensée

En vue d'approfondir ces connaissances, un modèle mathématique est à élaborer. Il s'agit également de comprendre les causes des différents dysfonctionnements constatés sur le terrain et d'évaluer les impacts occasionnés par les prélèvements en eau dans les nappes.

5. Etude des différents aménagements et outils de gestion

Au vu des éléments précédents, il s'agit :

- de définir un programme de travaux de restauration et d'aménagement des cours d'eau afin de solutionner, dans une optique de durabilité, les problèmes constatés et d'écartier l'émergence d'autres dysfonctionnements,
- d'étudier les possibilités d'une éventuelle réalimentation en eau de la Sensée aval par le biais du canal, permettant ainsi de conserver un niveau d'eau respectable en période d'étiage, et d'éviter la mise en péril des zones humides,
- d'élaborer un plan de gestion coordonné des niveaux des eaux concernant l'amont et l'aval jusqu'à la confluence avec l'Escaut. Ce plan est destiné à mettre fin à la gestion sectorisée et anarchique des milieux aquatiques et à contrôler en temps réel le niveau des eaux superficielles.

6. Synthèse générale de l'étude

1.3 OBJET DU PRESENT RAPPORT

Le présent rapport est relatif à la partie 3 de l'étude : « Analyse, compréhension du fonctionnement hydraulique et identification des interrelations entre les éléments du bassin versant de la Sensée ».

L'objectif de cette partie est d'analyser et de comprendre qualitativement le fonctionnement hydraulique et hydrogéologique de l'ensemble du bassin versant, et d'apporter les premiers éléments quantitatifs à ce sujet, qui seront affinés dans la quatrième partie de l'étude. Les données recueillies (études, mesures, enquêtes...) doivent notamment permettre de révéler des connaissances nouvelles sur les interrelations entre cours d'eau, étangs et nappes souterraines.

Dans ce rapport sont également définies les caractéristiques des deux modélisations qui seront mises en œuvre dans l'étape 4 : la modélisation hydraulique (eaux de surface) et la modélisation hydrogéologique (eaux souterraines).

2 DEMARCHE MISE EN ŒUVRE

La démarche mise en œuvre a comporté :

- l'analyse bibliographique des études menées antérieurement,
- des enquêtes pour la prise de connaissance du bassin versant, de ses nappes, de son réseau hydrographique et de ses problématiques liées à l'eau,
- un questionnaire adressé aux 135 communes du bassin versant, ainsi qu'à 11 associations/fédérations, sur les problématiques liées à l'eau,
- l'analyse des chroniques de mesures aux différentes stations hydrométriques, piézométriques, pluviométriques,
- des reconnaissances de terrain, systématiques et / ou ponctuelles,
- l'élaboration d'un état des lieux / diagnostic des cours d'eau,
- un travail d'analyse et de synthèse concernant la climatologie, l'hydrologie, et l'hydrogéologie.

La liste bibliographique des études consultées est jointe en Annexe 1, et le questionnaire adressé aux communes en Annexe 2.

Les entretiens faits dans le cadre des enquêtes ont chacun fait l'objet d'un compte-rendu ; ces comptes-rendus sont présentés en Annexe 3. Leur numérotation fait suite aux entretiens réalisés dans le cadre des parties 1 et 2 de l'étude (voir rapports associés). Les comptes-rendus ont été numérotés chronologiquement. Ces entretiens ont été menés auprès :

- des EPCI (Établissement Public de Coopération Intercommunale) du bassin versant sur site : Communauté de Communes de l'Enclave, Comité Trinquise Environnement, Communauté de Communes de l'Ouest Cambrésis, Syndicat Intercommunal du canal de la Sensée, Communauté de Communes Osartis, Communauté de Communes du Sud Arrageois, ancien Syndicat Mixte pour la Réhabilitation et l'Aménagement de la vallée de la Sensée, Communauté d'Agglomération du Douaisis, Syndicat des Faucardements de la Sensée ;
- des EPCI du bassin versant par téléphone : Communauté Urbaine d'Arras, Communauté de Communes Cœur d'Ostrevent, Communauté de Communes de Marquion, Syndicat Intercommunal de la Région d'Arleux, Syndicat de la Petite Hirondelle, Syndicat Intercommunal de la Région de Valenciennes d'adduction en Eau Potable, Syndicat Intercommunal d'Achiet, Bapaume et Ervillers ;
- de plusieurs organismes ou administrations : Agence de l'Eau Artois Picardie, BRGM, Conseil Général du Nord et du Pas-de-Calais, Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais, DDAF Nord et Pas-de-Calais, DDE du Nord et du Pas-de-Calais, DIREN, Service de la Navigation du Nord-Pas-de-Calais, INRA, Institut Supérieur d'Agronomie de Lille, SIDEN, Eau et Force.

Concernant l'état des lieux des cours d'eau, une synthèse des diagnostics déjà réalisés par le passé a été menée. **Les reconnaissances de terrain systématiques, et donc l'état des lieux présenté dans ce rapport, ont été menés sur les tronçons de cours d'eau non couverts par les études antérieures.** Des reconnaissances ponctuelles ont par ailleurs été réalisées au droit des tronçons de cours d'eau ayant déjà fait l'objet d'études. Le plan de gestion qui sera proposé en Phase 5 de l'étude présentera quant à lui les actions préconisées sur l'ensemble du linéaire des cours d'eau : ceux couverts par les études antérieures et ceux investigués en détail dans la présente étude.

3 DEFINITION ET PRESENTATION DU BASSIN VERSANT

3.1 DELIMITATION DU BASSIN VERSANT HYDROGRAPHIQUE ET DECOUPAGE EN SOUS-BASSINS

Le réseau hydrographique du bassin versant de la Sensée est très complexe, car :

- le cours de la Sensée a été maintes fois dévié au cours des siècles,
- de nombreux plans d'eau et marais interfèrent avec la rivière,
- les canaux en remblai coupent et traversent à plusieurs reprises la vallée,
- le chevelu hydrographique y est très dense en fond de vallée.

Le bassin versant du réseau hydrographique de la Sensée est défini sur le schéma ci-dessous en fonction de toutes ces contraintes naturelles et artificielles. En particulier, on définit **deux bassins versants** : celui de la Sensée amont, et celui de la Sensée aval, qui sont actuellement complètement indépendants et déconnectés l'un de l'autre, puisque la Sensée amont se jette dans le canal du Nord et que la Sensée aval n'est alimentée que par la nappe dans les marais du Haut Pont entre le canal du Nord et le canal de la Sensée. Il est par ailleurs considéré que les canaux sont complètement indépendants du réseau hydrographique ; ils ne font donc pas partie des bassins versants de la Sensée. Les eaux de surface peuvent toutefois passer d'un côté à l'autre des canaux via des siphons.

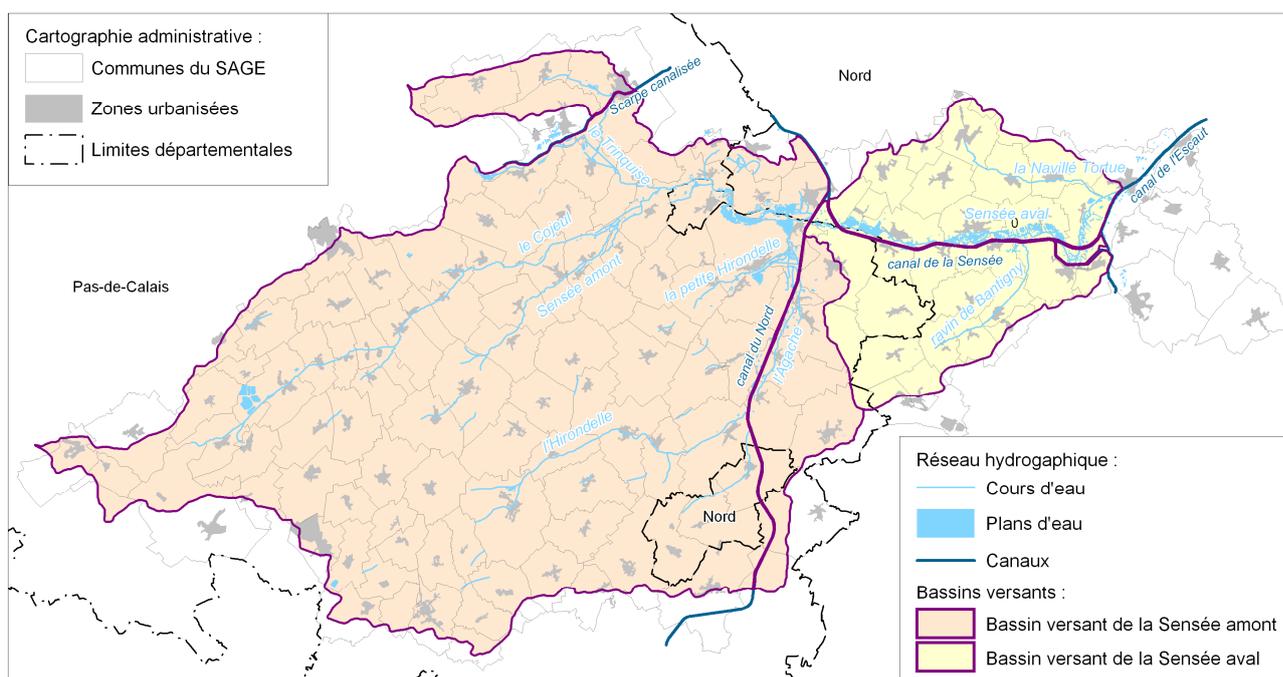


Figure 1 Délimitation du bassin versant de la Sensée

Les limites de bassin versant cartographiées ci-dessus sont établies sur la base des cartes IGN, de l'analyse bibliographique, des dires des acteurs locaux et des visites de terrain. On remarque en particulier que :

- la Riviérette, qui passe à Rœux, Plouvains et Biache-Saint-Vaast, se jette directement dans la Scarpe canalisée, et ne fait donc pas partie du bassin versant hydrographique de la Sensée,

- le chevelu hydrographique et les marais de la rive droite du canal de l'Escaut sont complètement déconnectés du réseau surfacique du bassin versant de la Sensée.

Enfin, notons que ces deux bassins versants sont de taille sensiblement différente : 600 km² (BV amont) pour 130 km² (BV aval).

3.2 OCCUPATION DES SOLS

L'occupation des sols figurée ci-dessous est issue de la base de données Sigale (Système d'Information Géographique et d'Analyse de L'Environnement) du Nord / Pas-de-Calais. Elle suit la nomenclature Sigale, et a été réalisée en 2005. Elle est plus précise spatialement et plus récente que la base de données Corin Land Cover couramment utilisée.

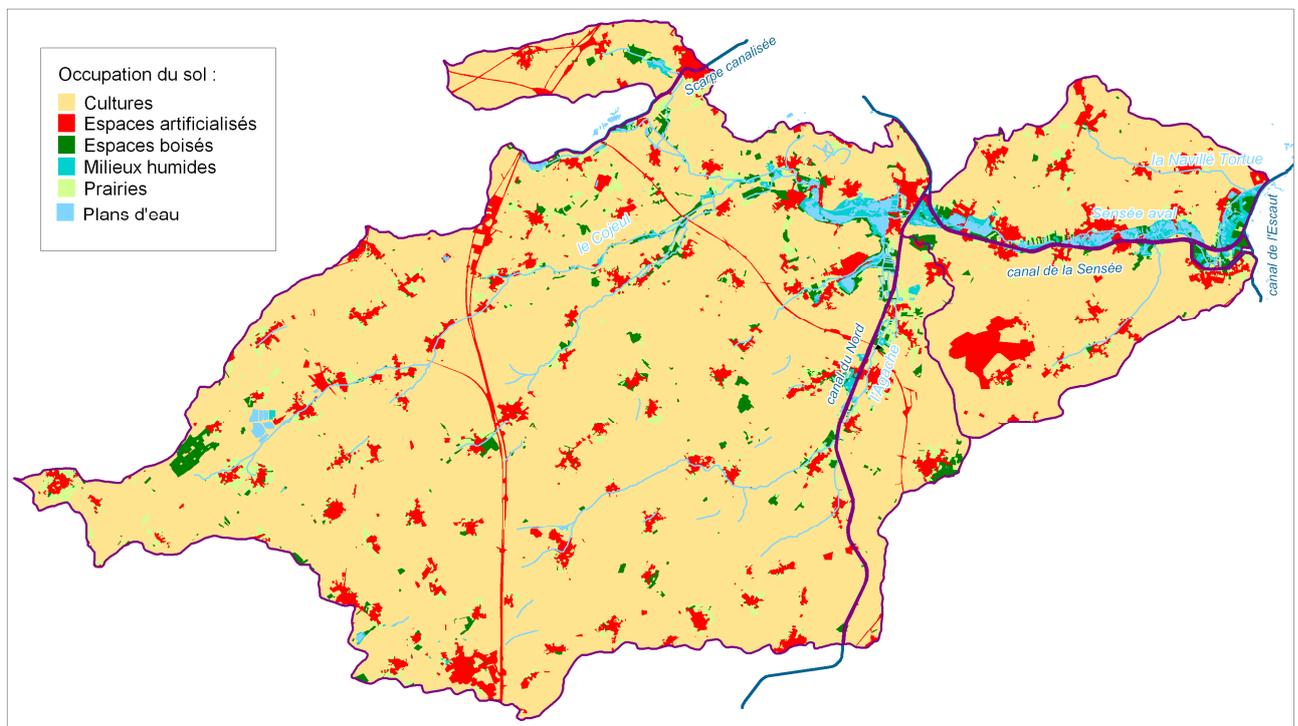


Figure 2 Occupation des sols du bassin versant

Il apparaît que les cultures intensives couvrent la très grande majorité du bassin versant (plus de 80 %). Les prairies sont très peu présentes, elles occupent 5 % du territoire.

Les terrains artificialisés, majoritairement présents sous forme de nombreuses petites villes au long de chacun des cours d'eau, représentent 9 % du bassin versant. La grande zone artificialisée au sud du bassin versant aval représente l'aérodrome de Cambrai-Epinoy.

La vallée de la Sensée dans la partie médiane et aval de son cours est très humide. De nombreux plans d'eau y ont été créés et des zones humides y subsistent sur des surfaces importantes (2 % de la surface totale du bassin versant). C'est majoritairement dans cette partie du bassin que les espaces boisés se trouvent (3 % du territoire).

La couverture du sol à proximité des rivières est détaillée dans le paragraphe 5.5.2 « Occupation du sol des rives ».

3.3 MILIEU NATUREL ET ESPACES REMARQUABLES

Les milieux naturels et espaces remarquables du bassin versant ont été inventoriés par :

- la DIREN Nord / Pas-de-Calais, dans le cadre de l'inventaire national des ZNIEFF visant à localiser et décrire les secteurs à forts enjeux pour le maintien de la biodiversité, et de l'inventaire des sites pittoresques à conserver,
- l'Institution interdépartementale de la Sensée, qui à travers plusieurs études a actualisé et affiné l'inventaire des zones humides de la vallée,
- le Conseil Régional, qui à travers la définition des trames verte et bleue, vise à développer la biodiversité dans la région Nord / Pas-de-Calais.

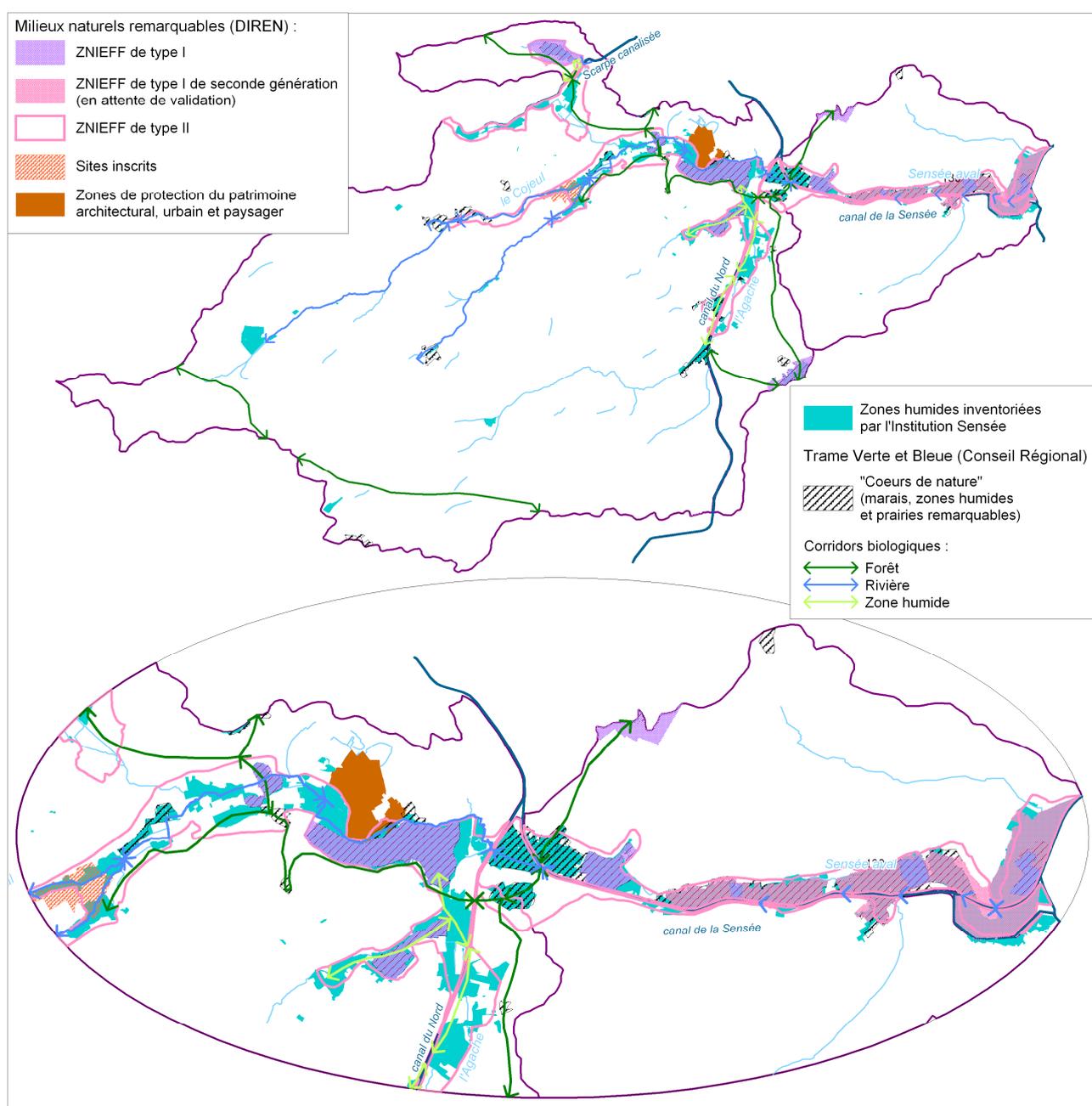


Figure 3 Milieux naturels remarquables du bassin versant

La quasi-totalité du complexe écologique de la vallée de la Sensée est classé en ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) de type II, y compris le Cojeul, l'Agache et la Petite Hirondelle dans leur partie pérenne. Les ZNIEFF de type II sont de grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes. Le Trinquise et le fossé d'écoulement communal qui l'alimente sont également considérés comme des ZNIEFF de type II.

Au sein de la vallée, certains secteurs revêtent une importance toute particulière de part leur grand intérêt biologique ou écologique : ce sont les ZNIEFF de type I. Les plus étendues sont les marais d'Arleux, Palluel et Saudemont, le marais de Vitry-en-Artois, le marais d'Aubigny et celui de Rumaucourt/Oisy-le-Verger. Le Bois de Bourlon, dont une partie est sur le bassin versant, est un milieu forestier également classé en ZNIEFF de type I.

De plus, de nouveaux sites ont été définis comme ZNIEFF de type I au cours de l'actualisation de l'inventaire ; ils sont dits de seconde génération et restent à valider par le Muséum National d'Histoire Naturelle. Une bonne partie du lit majeur de la Sensée aval à partir d'Aubigny-au-Bac entre dans cette catégorie.

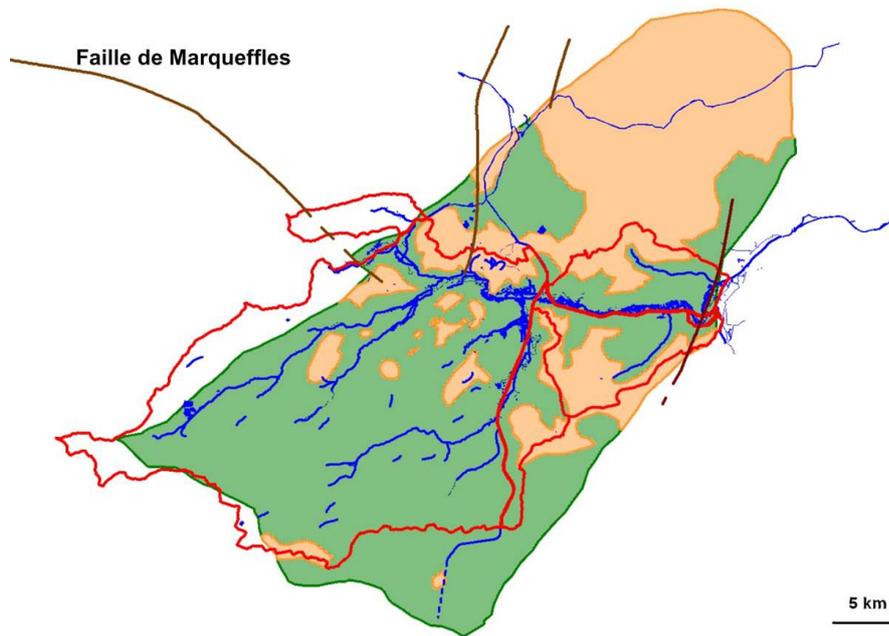
Par ailleurs, le Conseil Régional a réalisé un état des lieux inventoriant les « cœurs de nature » (réserves, ZNIEFF...). Ensuite, un grand schéma d'amélioration a été établi pour reconstituer ce patrimoine et reconnecter certains sites naturels entre eux à l'échelle de la Région à l'aide de « corridors biologiques ». Ce schéma est ensuite progressivement décliné à travers les Pays (Pays d'Artois sur les communes du Pas-de-Calais du bassin versant), qui ont analysé plus finement les problématiques et proposé des pistes d'amélioration. Reste ensuite à la charge des Intercommunalités de mettre en œuvre ces projets, car c'est une politique qui se veut partagée par tous (le Conseil Régional ne disposant pas des moyens nécessaires pour réaliser tous les axes d'amélioration).

3.4 GEOLOGIE

Sur le territoire concerné par l'étude, les principales formations affleurantes sont : la craie Sénon-turonienne (64%) et les sables et argiles Tertiaires (36%).

Les quatre-vingt premiers mètres sous la surface du terrain naturel renferment les couches suivantes : limons sur les plateaux, alluvions modernes dans les vallées, dépôts tertiaires sous forme de buttes ou collines (massif de Bellonne et colline d'Oisy-le-Verger), craie sénonienne, craie turonienne et marnes du Turonien moyen. Ces assises sont affectées par des failles de grande dimension. La nappe principale, dite « nappe de la craie », est portée par la craie du sénonien et du turonien.

La géologie est exposée en détails dans la partie 8.1 du rapport. La carte simplifiée des structures géologiques affectant le bassin versant hydrogéologique est présentée ci-après.



4 SYNTHÈSE DES PROBLÉMATIQUES DU BASSIN VERSANT LIEES A L'EAU

Cette synthèse des problématiques hydrauliques et hydrogéologiques du bassin versant est issue des investigations menées lors des entretiens et enquêtes de terrain (cf. paragraphe précédent), de l'analyse de la bibliographie, des réponses des mairies aux questionnaires, de l'état des lieux des cours d'eau (cf. chapitre 5) et des résultats de la campagne de mesures réalisée pour l'étude pendant les trois dernières années.

Concernant les questionnaires, sur les 134 communes sollicitées, 71 ont répondu, soit un taux de retour de 53 %. Les communes ayant répondu au questionnaire sont indiquées en rose sur la carte suivante.

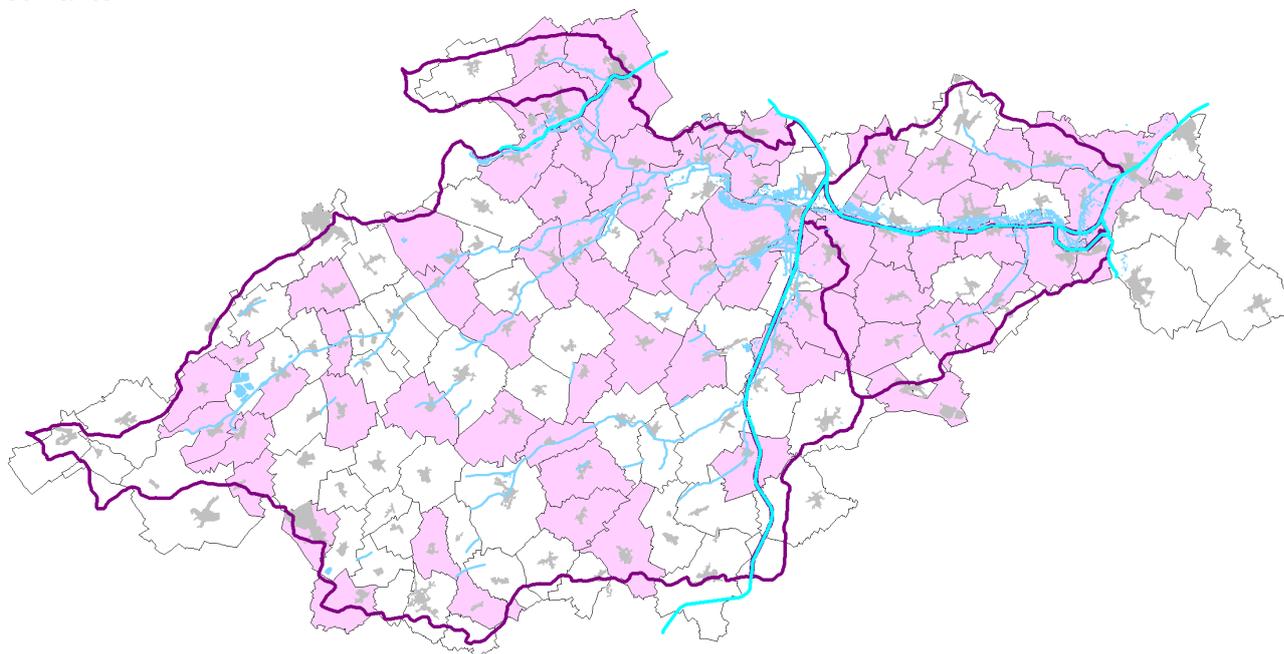


Figure 4 Communes ayant répondu au questionnaire

Les problématiques liées à l'eau qui ont été signalées par les différents acteurs contactés font chacune l'objet d'un paragraphe ci-dessous.

4.1 ENTRETIEN DES COURS D'EAU ET PLANS D'EAU

Selon les élus, l'entretien des cours d'eau ou plans d'eau fait défaut pour 55 % (23 communes) des communes riveraines d'un cours d'eau pérenne ou temporaire ayant répondu au questionnaire.

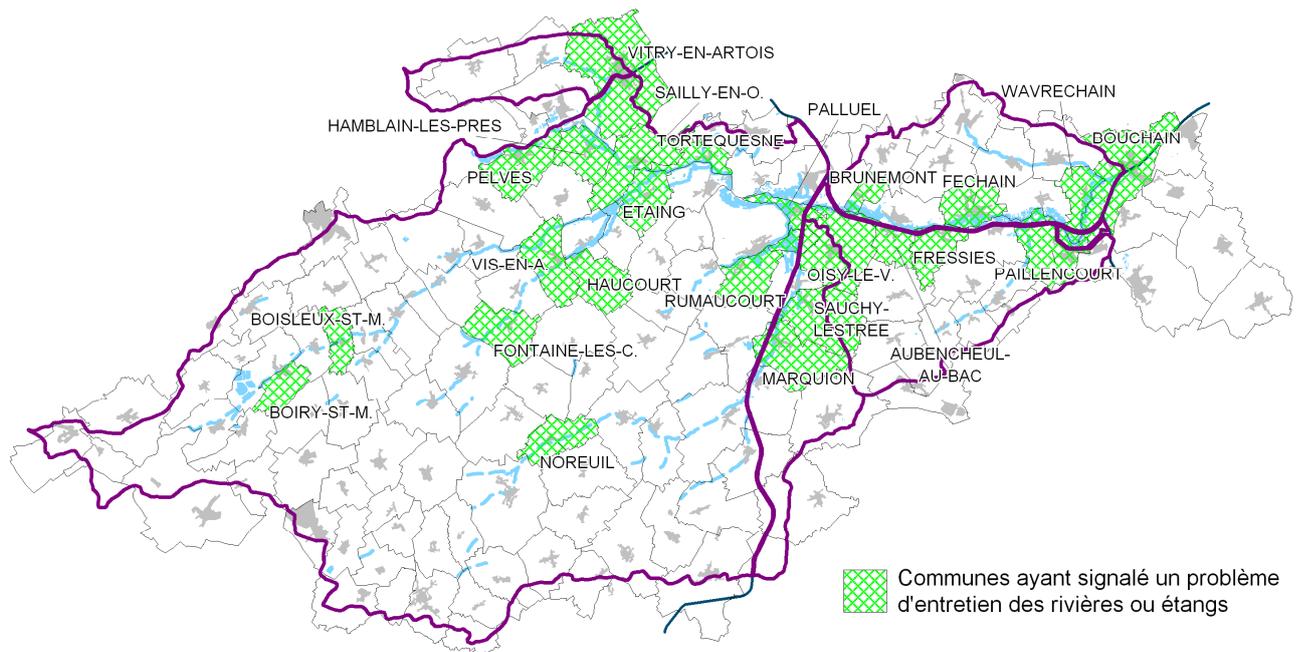


Figure 5 Réponses au questionnaire concernant l'entretien des voies d'eau

L'état d'entretien des cours d'eau est généralement considéré comme « moyen ». A noter que les attentes paysagères ou esthétiques des riverains peuvent parfois ne pas correspondre aux critères d'un bon état écologique, qui nécessite notamment une ripisylve naturelle et quelque peu sauvage, propice au développement de la faune notamment. Le diagnostic de l'état des cours d'eau exposé dans le chapitre 5 permet de faire la part des choses et de décrire l'état d'entretien des cours d'eau au regard de critères environnementaux.

Des problèmes d'eutrophisation sont signalés à Hamblain-les-Prés sur le Trinquise et à Marquion sur l'Agache notamment. La présence d'hydrophytes couvrant une partie importante du lit mineur est en effet signalée sur cette rivière à partir d'Inchy-en-Artois dans le diagnostic. Ceci est dû aux faibles vitesses d'écoulement dans le lit mineur (très large) et à la forte teneur en sédiments de l'eau.

Selon les retours de questionnaires, l'entretien des berges paraît particulièrement défectueux à Boisieux sur le Cojeul, Marquion sur l'Agache, Tortequesne sur la Sensée amont, Brunémont, Féchain et Bouchain sur la Sensée aval. Des érosions de berges importantes ont en effet été constatées dans l'état des lieux sur le Cojeul (à partir de Boisieux-St-Marc), à Tortequesne et surtout sur l'Agache à partir de Sains-les-Marquion.

Globalement, la qualité des habitats aquatiques est faible à très faible sur l'ensemble des cours d'eau du bassin versant.

Signalons enfin que de fortes encoches d'érosion ont été observées sur le canal de la Sensée (signalé également dans le questionnaire retourné par la commune de Paillencourt).

4.2 GESTION DES NIVEAUX D'EAU

4.2.1 Ressenti des élus au travers des questionnaires

La problématique de gestion des niveaux d'eau a été mise en avant par 8 communes, soit dans 24 % des questionnaires retournés de la part de communes riveraines de cours d'eau pérenne.

Les problèmes ressentis par ces maires comme une mauvaise gestion des niveaux d'eau s'apparentent souvent au mauvais entretien du lit mineur ou d'ouvrages (envasement, végétation excessive) ou à un mauvais dimensionnement (gabarit trop important comparé au débit, ouvrage sous-dimensionné).

En effet, à Hamblain-les-Prés (Trinquise) et sur un tronçon de l'Agache médiane (Marquion et Sauchy-Lestrée), c'est le manque d'entretien du cours d'eau qui induit un mauvais écoulement. « Manque d'entretien » est alors assimilé à « pas de gestion » par les élus.

Les siphons situés sur des petits fossés sont par ailleurs parfois pointés du doigt par les acteurs locaux : celui de Vitry-en-Artois sur le fossé communal, celui permettant d'évacuer les eaux du fossé d'assainissement de Hem-Lenglet, et celui sur la fosse rivière à Fressies. Le nettoyage de ces siphons est mis en cause (envasement).

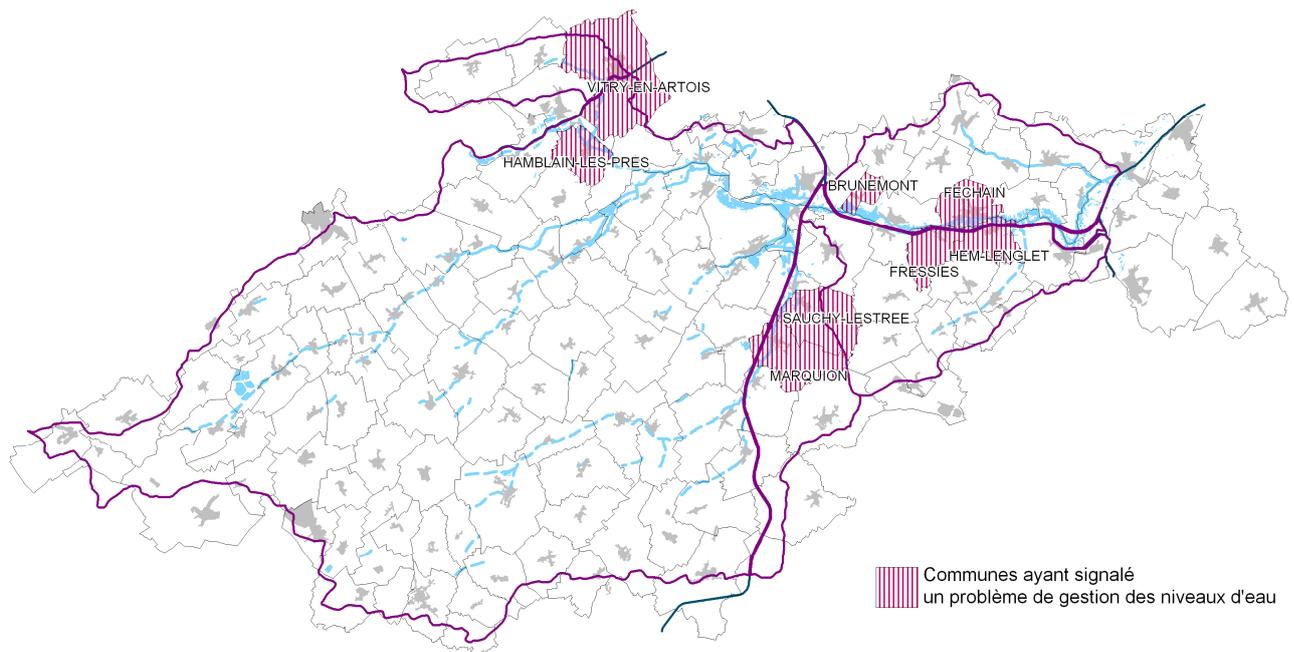


Figure 6 Réponses au questionnaire concernant la gestion des niveaux d'eau

La gestion en hautes eaux de la partie supérieure de la Sensée aval est par ailleurs jugée peu satisfaisante par les élus des communes de Brunémont et Féchain, où la gestion est qualifiée d'irrégulière, induisant des envasements à l'amont. Les obstacles et les nombreux détournements du cours de la rivière sont pointés du doigt.

Par ailleurs, il a été signalé qu'à Bouchain, la gestion des niveaux d'eau via le déversoir servant d'exutoire vers le canal de l'Escaut, si elle semble satisfaisante, est toutefois très sensible en raison notamment de maisons dont les fondations reposent sur de la tourbe. En cas de niveaux trop bas, le tassement de la tourbe provoque des fissurations.

On note enfin qu'aucune problématique de gestion des niveaux d'eau n'a été soulevée dans les questionnaires des communes de la Sensée amont.

4.2.2 Analyse des mesures de hauteurs d'eau sur la Sensée

Les stations hydrométriques permettant de mesurer les hauteurs d'eau de la Sensée sont rappelées sur la figure du paragraphe 7.1 « Rappel des stations hydrométriques existantes du bassin versant ».

Concernant la Sensée amont (graphe ci-dessous), la station d'Etaing, mesurant des valeurs continues susceptibles de détecter les variations rapides de niveaux d'eau, n'indique pas d'oscillation notable. On observe des amplitudes maximales de l'ordre de 5 cm sur une journée.

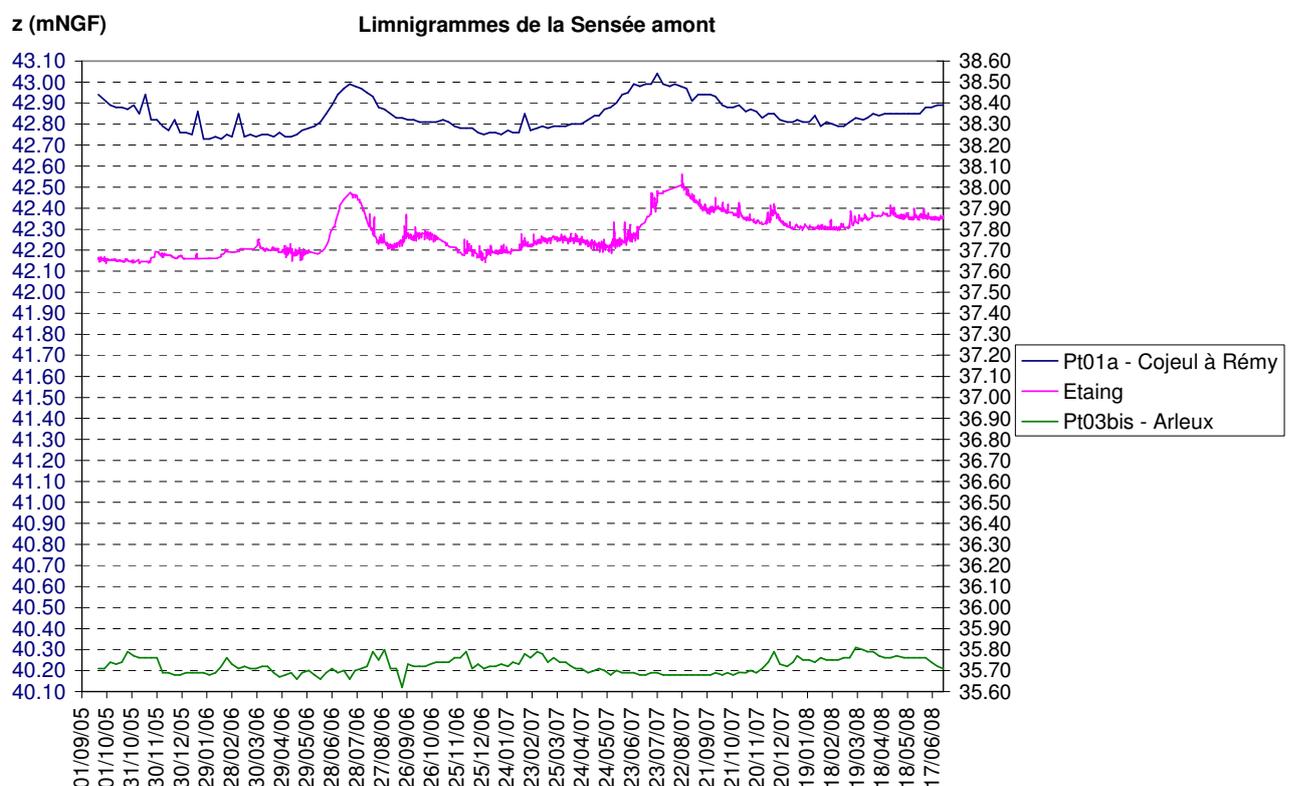


Figure 7 Limnigrammes aux stations de la Sensée amont

Sur la Sensée aval (cf. graphique ci-dessous), deux problématiques apparaissent en analysant les hauteurs d'eau mesurées :

- Tout d'abord, sur la partie amont de la Sensée aval, le manque d'eau a rendu les mesures en continue impossibles pendant une certaine période jusqu'à Féchain (Pt06) inclus. **La Sensée aval n'est en effet pas du tout alimentée par la Sensée amont** ; son débit est donc quasiment au niveau des marais du Haut-Pont (alimentation par la nappe exclusivement). La situation

s'améliore progressivement vers l'aval au gré des apports de nappe. Les communes de Brunémont et Aubigny-au-Bac sont donc les plus touchées.

- Par ailleurs, la gestion irrégulière des niveaux d'eau signalée par les communes de Brunémont et Féchain est confirmée par les fortes oscillations rapides observées à la station Pt05 d'Aubigny (et dans une moindre mesure Pt06 à Féchain). Leur amplitude peut atteindre 40 à 60 cm en quelques heures lors des à-coups les plus forts. Ces oscillations sont atténuées vers l'aval (10 à 20 cm à Féchain, Pt06) et ne se retrouvent pratiquement plus à Paillencourt (Pt08). Par ailleurs, les fortes variations de hauteur d'eau ne semblent pas avoir de périodicité, ni à l'échelle annuelle, ni à l'échelle journalière.

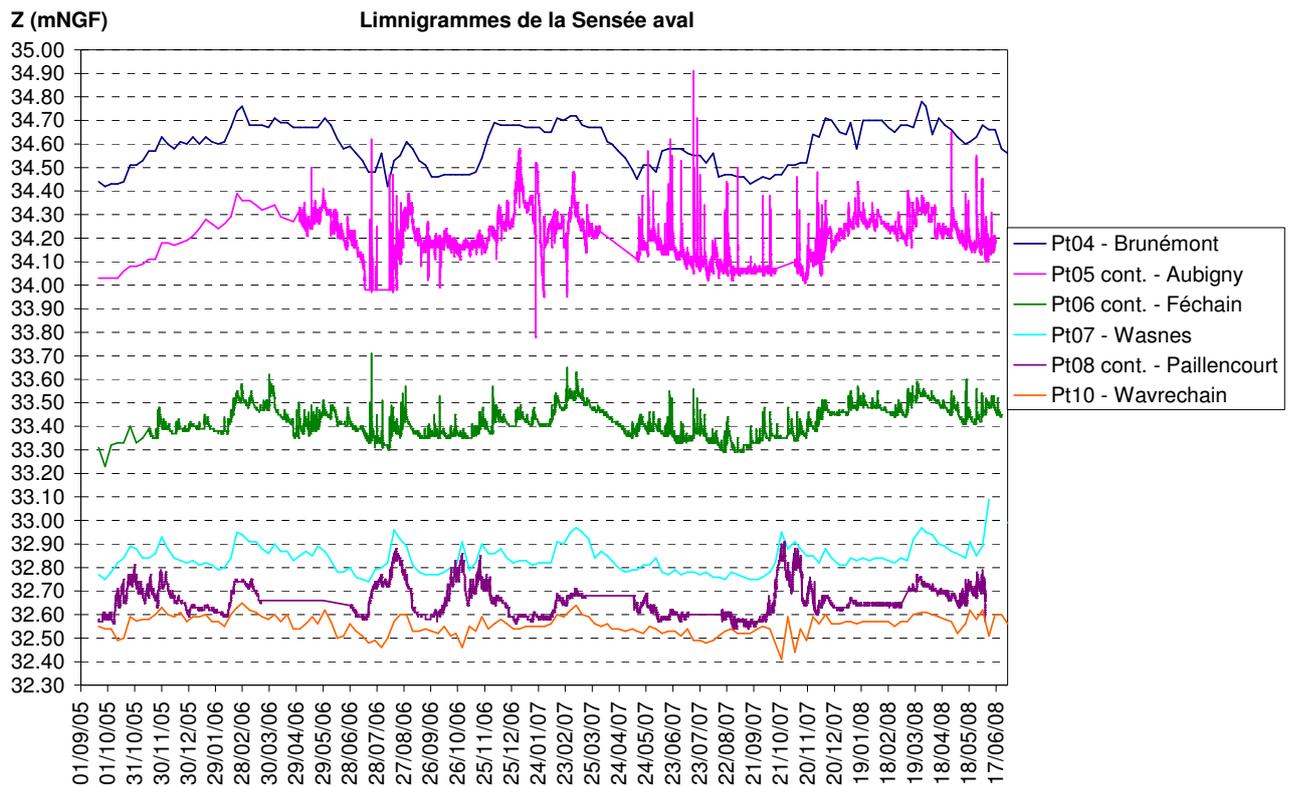


Figure 8 Limnigrammes aux stations de la Sensée aval

4.2.3 Ouvrages de gestion des niveaux d'eau

Les investigations de terrain et la bibliographie consultée ont permis de recenser les ouvrages hydrauliques pouvant potentiellement influencer sur les niveaux d'eau. Ils sont cartographiés sur la carte suivante. Les ouvrages mobiles structurants dont la gestion détermine fortement les niveaux d'eau y sont cerclés en noir.

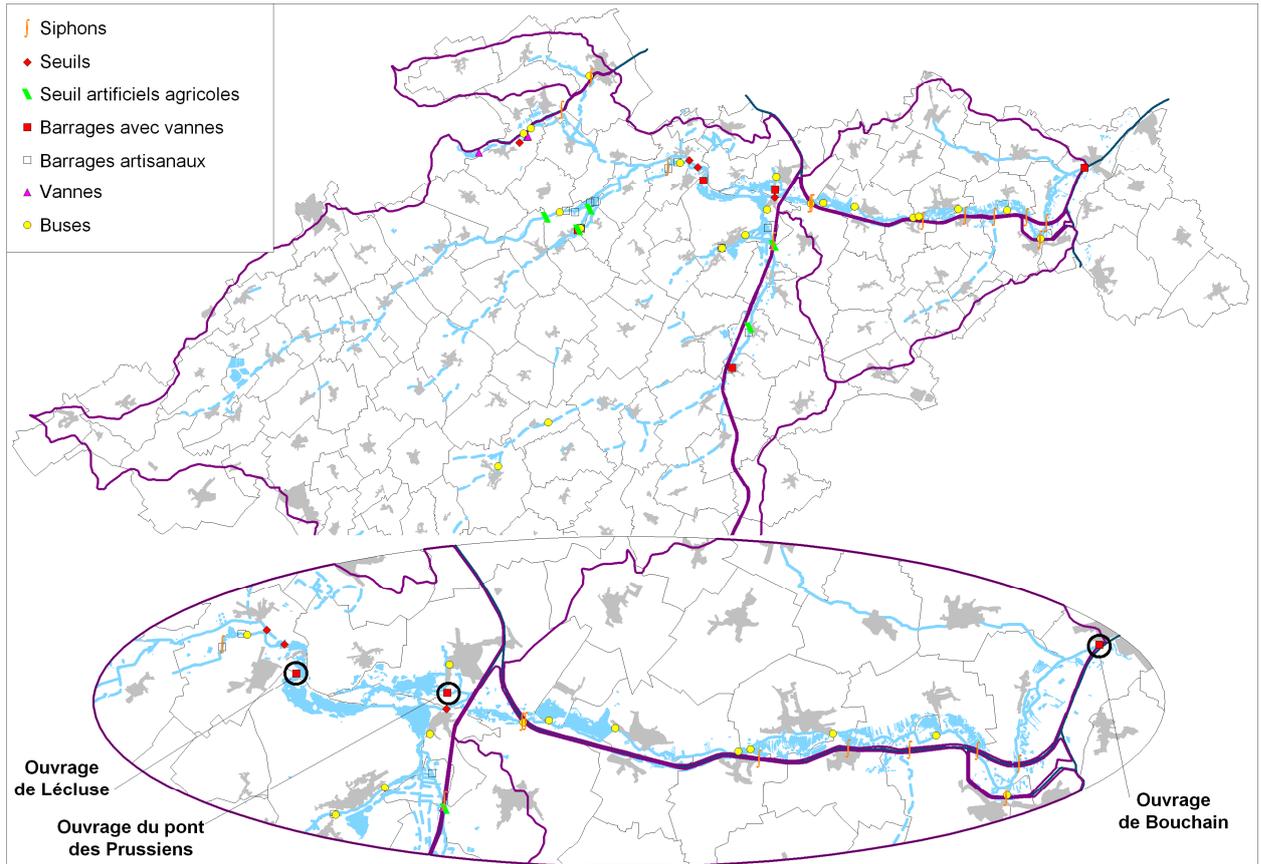


Figure 9 Ouvrages pouvant potentiellement influencer sur les niveaux d'eau

Les ouvrages hydrauliques du bassin versant peuvent schématiquement être classés en trois catégories :

- les ouvrages mobiles « officiels » dont la gestion influe sur les niveaux d'eau. Ils sont au nombre de trois, d'amont en aval :

- l'ouvrage de Lécluse : entre l'étang de l'Ecluse et le marais de Saudemont, il est géré par la commune de Lécluse. Il est constitué d'un seuil fixe et d'une vanne clapet actionnée par vérin hydraulique. Dans la pratique, le clapet n'est quasiment jamais actionné.



- l'ouvrage des Prussiens : il est géré par VNF à la demande des usagers de l'amont, surtout lors des périodes de transitions hydrologiques (soit très occasionnellement d'après le Service de la Navigation). La manœuvre consiste à ajouter ou retirer des poutrelles. Il est doublé d'une passe à poissons récemment restaurée par la commune. Cet ouvrage ne contrôle pas à lui seul les niveaux, puisqu'un bras parallèle appelé la Petite Sensée



passe sous la RD65 plus au sud via un seuil fixe (batardable).

- l'ouvrage de Bouchain : il est géré par le Syndicat des Faucardements de la Sensée, de façon à maintenir le niveau d'eau à 4 cm sous une marque blanche existant sur un busage en amont immédiat (cf. photo). La manœuvre consiste à soulever à l'aide de calles plus ou moins hautes la poutre qui repose sur un seuil fixe bétonné. Sa gestion est très sensible, car le niveau doit être suffisamment haut pour assurer les usages développés sur les plans d'eau en amont et pour ne pas assécher les terrains tourbeux, mais suffisamment bas pour ne pas inonder quelques habitats légers sensibles en amont. Aucune relation n'existe entre VNF et le syndicat concernant les manœuvres effectuées sur cet ouvrage.



- les autres ouvrages fixes : il s'agit essentiellement :

- de siphons assurant le passage de cours d'eau (Sensée, Agache, ru de Paillencourt...) sous les canaux. D'après le Service de la Navigation, les siphons de passage de la Sensée sous le canal à Grand Gabarit ont été sur-dimensionnés, il est donc normal qu'ils sédimentent relativement vite. Ils sont par ailleurs curés régulièrement (tous les un à deux ans) et les subdivisions concernées (Valenciennes et Douai) ramassent chaque semaine les flottants qui stagnent devant les grilles d'entrée des siphons. Il semblerait toutefois que les feuilles et flottants ramassés ne soient pas évacués, et retombent rapidement dans le lit de la rivière. Ces siphons coupent par ailleurs la continuité écologique des cours d'eau.



- de buses qui assurent la connexion des plans d'eau avec la rivière, pour permettre leur alimentation et leur vidange. Elles sont le plus souvent couplées à des grilles pour éviter la fuite des poissons, pouvant provoquer la formation d'embâcles.



buse à l'aval du marais d'Aubigny

- les ouvrages sauvages : il s'agit de seuils artificiels agricoles ou de barrages / vannages artisanaux destinés le plus souvent à maintenir un niveau suffisamment haut pour pouvoir alimenter un étang ou un marais situé en amont. Les moins perfectionnés d'entre eux sont créés, supprimés ou déplacés au gré des conditions hydrologiques. Ce type d'ouvrage est présent là où le lit de la rivière est linéaire et étroit (Sensée en amont de Lécuse, Cojeul, Agache) ; ils sont donc quasiment absents de la Sensée aval, puisque les interconnexions entre rivière et grands marais sont trop nombreuses pour pouvoir maîtriser les niveaux d'eau localement. Outre leur impact hydraulique en crue qui sera déterminé à l'aide du modèle hydraulique, ces ouvrages entravent la continuité écologique des cours d'eau.



barrage en amont du plan d'eau du bois soufflard



barrage en aval du plan d'eau du bois soufflard

La modélisation hydraulique, à l'aide des levés topographiques réalisés sur tous ces ouvrages, permettra de déterminer quels sont ceux qui sont structurants dans la gestion des niveaux d'eau. En particulier, l'impact des ouvrages en crue sera évalué sur les tronçons modélisés, et des préconisations de gestion pourront être suggérées.

4.3 ENVASEMENT

4.3.1 Constats de l'état actuel

Les dépôts sédimentaires sont très nombreux et parfois très importants dans les rivières et plans d'eau du bassin versant de la Sensée. Quinze communes ont signalé cette problématique dans les questionnaires, soit 42 % des communes riveraines d'un cours d'eau pérenne ayant répondu au questionnaire. Il s'agit donc d'une des problématiques majeures du bassin versant.

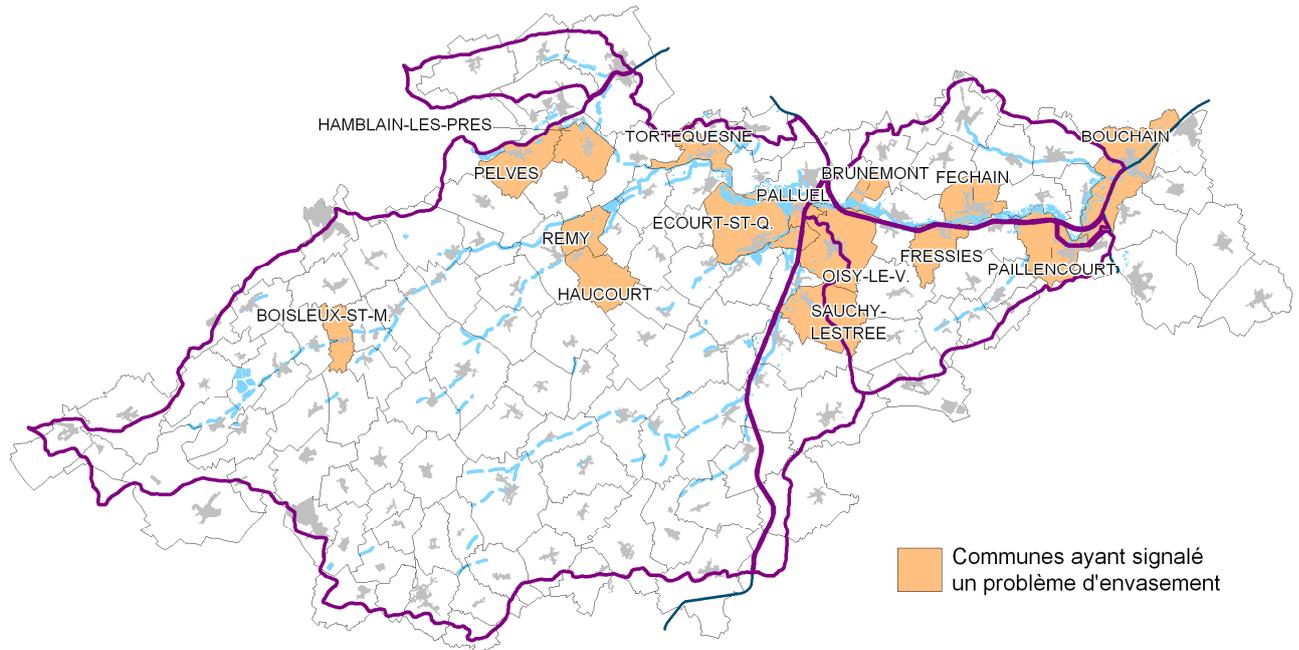


Figure 10 Réponses au questionnaire concernant l'envasement des voies d'eau

Sur le Trinquise, ce sont les marais (Grand Marais de Pelves et marais communal d'Hamblain) qui sont envasés.

Sur la Sensée amont et la Sensée aval, les problèmes d'envasement sont signalés dès les sources : à Remy et Haucourt à l'amont, à Oisy-le-Verger (où les étangs sont aussi envasés) et Brunémont à l'aval. Les dépôts sédimentaires sont également remarquables dans le fond de vallée, sur la rivière et dans les nombreux marais / étangs : à Tortequesne et une bonne partie des communes de la Sensée aval (Sensée, marais à Fressies, Grand Clair à Paillencourt...).

L'Agache transporte par ailleurs beaucoup de sédiments. Pour les élus, l'envasement est important à l'aval de son cours (à partir de Sauchy-Lestree) et surtout dans les étangs aval : Petit Bécquerel, Grand Clair à 50 % d'après les élus de Palluel. A Ecourt-St-Quentin sur la Petite Hirondelle, le marais de Becquerel est aussi fortement envasé. Le diagnostic de la qualité des cours d'eau (cf. chapitre 5) a permis de constater que le colmatage du fond du lit de l'Agache est généralisé depuis son origine (Vaulx-Vraucourt), et que la nature du colmatage est essentiellement la matière organique. La forte concentration d'hydrophytes sur l'Agache peut en être une des origines, ainsi que les rejets des communes non assainies ou des industries.

4.3.2 Travaux réalisés pour limiter l'envasement

Les travaux réalisés pour limiter l'envasement des étangs et des cours d'eau du bassin versant sont essentiellement curatifs : curages et aménagement de décanteurs. La date et la localisation approximative de ces travaux figurent sur la carte suivante. Ces informations sont issues des entretiens, des questionnaires envoyés aux communes, de la bibliographie et des enquêtes de terrains.

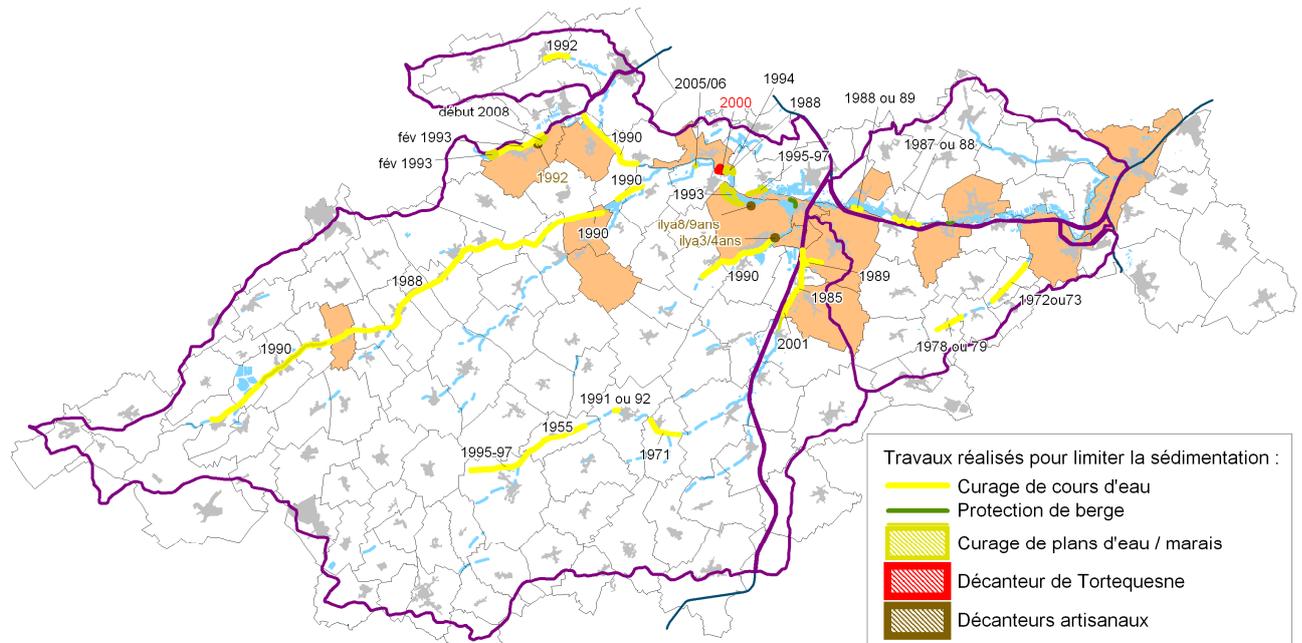


Figure 11 Localisation des travaux réalisés pour limiter l'envasement

Cette cartographie n'est probablement pas exhaustive, mais permet de constater que les curages sont nombreux. La plupart d'entre eux se sont déroulés entre 1988 et 1993 (avant l'étude d'aménagement intégré). Ils portent généralement sur des tronçons assez courts, de quelques kilomètres au maximum.

Par ailleurs, les curages sont parfois répétitifs dans les secteurs les plus sensibles. Par exemple, l'étang de Lécluse a été curé en 1988 et 1994 successivement. L'Agache a pour sa part été curé en 1985 et en 2001 au niveau de Sauchy-Lestrée.

Concernant les aménagements, seul le décanneur de Tortequesne, réalisé en 2000, a été réalisé formellement. Il a été accompagné d'une déviation et d'un recalibrage de la Marche Navire en amont. A l'aval du décanneur, un seuil permet de piéger les particules fines dans le marais.

D'autres ouvrages à vocation de décanneur ont été réalisés ici et là dans le bassin versant. A Ecourt-St-Quentin, des blocs de pierres ont été déposés à l'entrée du marais de Becquerel sur la Petite Hirondelle et à l'entrée du marais d'Ecourt (Sensée) pour limiter les particules entrant dans les étangs. A Pelves sur le Trinquise, un seuil en palplanches est destiné à faire barrage aux sédiments en amont du Grand Marais. Il est fort probable que des propriétaires privés d'étangs aient également réalisé d'autres pièges à sédiments artisanaux, non recensés à ce jour.

Enfin, un projet de décanneur est fortement souhaité par les acteurs locaux riverains de l'Agache et de la Petite Hirondelle, afin de limiter les apports de matières en suspension via l'Agache dans les

étangs (Petit Becquerel, Grand Clair). Des études ont été réalisées, mais le projet a été freiné par une controverse concernant la qualité des boues à extraire préalablement de l'Agache.

4.3.3 Traitement de la problématique « envasement »

Force est de constater que **les aménagements réalisés pour résoudre la problématique « envasement » sont essentiellement curatifs** ; ils portent sur les conséquences du dépôt sédimentaire.

Il est toutefois nécessaire de garder à l'esprit que le phénomène d'érosion / sédimentation doit être considéré dans son ensemble pour un traitement efficace. En effet, l'apport de matières en suspensions peut trouver plusieurs origines, qui se cumulent sur le bassin versant de la Sensée : érosion des terres agricoles, rejets urbains et industriels apportant de la matière organique, érosion des berges dues à des recalibrages abrupts, forte eutrophisation (par manque d'ombre apportée par la ripisylve et faibles vitesses d'écoulement) apportant de la matière organique. Les rivières du bassin versant sont également propices au dépôt sédimentaire, puisque les vitesses d'écoulement sont faibles à de nombreux égards : certains tronçons de rivières sont surdimensionnés (recalibrages), et les cours d'eau se jettent à de nombreuses reprises dans des marais ou étangs.

Les décanteurs et curages successifs ne suffisent donc pas à enrayer ces processus complexes et imbriqués. **Une gestion globale du transport sédimentaire est donc nécessaire.**

4.4 DEBORDEMENT DE COURS D'EAU OU D'ETANG

Il n'existe pas d'atlas des zones inondables ou inondées sur le bassin versant de la Sensée. La problématique « débordement », et plus généralement l'analyse des crues de plaine, est assez peu étudiée dans la vallée de la Sensée.

Des inondations par débordement de cours d'eau sont signalées dans 25 % des communes ayant répondu au questionnaire et étant riveraines de rivières pérenne (soit 9 communes). Ces statistiques sont toutefois à prendre avec précaution, car les causes de ces débordements semblent parfois être plutôt des ruissellements importants ou des remontées de nappes (et non la propagation le long de la rivière principale de forts débits de crue). Le nombre de communes touchées par des débordements générés par la propagation d'une onde de crue peut alors chuter à 6 (18 % des communes riveraines de cours d'eau pérenne ayant répondu).

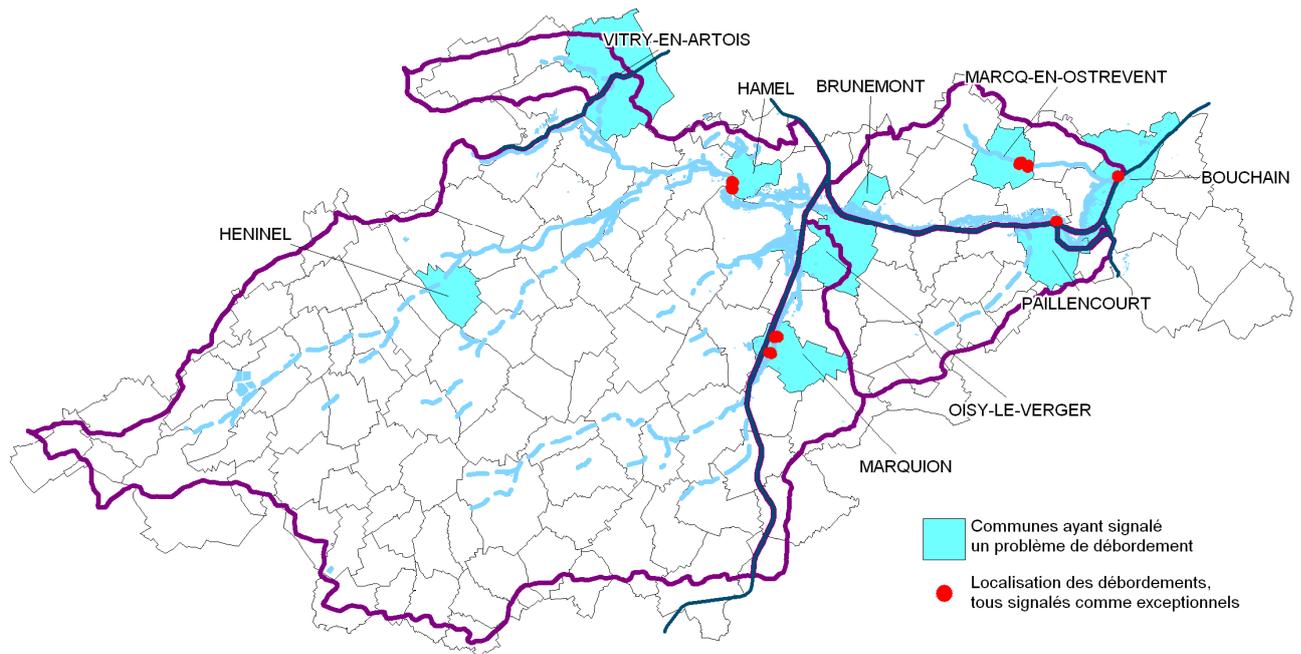


Figure 12 Réponses au questionnaire concernant les débordements de rivières

Il apparaît à la lecture des questionnaires et au contact des acteurs locaux que pour la totalité de ces communes, **les débordements sont exceptionnels**. Ils semblent par ailleurs souvent **très localisés**.

Les enjeux touchés lors des événements exceptionnels sont relativement faibles (cf. carte ci-dessous) :

- des champs ou cultures (Vitry-en-Artois, Marquion, Oisy-le-Verger) ;
- quelques habitations légères pour ceux situés dans la large vallée de la Sensée (à Hamel, Brunémont, Bouchain). Les élus de l'Institution Interdépartementale de la Sensée insistent toutefois sur ce point ;
- 20 à 30 habitations « officielles » (maisons ou sous-sols).

On remarque par ailleurs qu'il **ne semble pas y avoir eu d'événement de crue généralisé** (ou au moins commun à quelques secteurs du bassin versant), tous les événements signalés étant différents.

Par ailleurs, depuis les grands travaux hydrauliques réalisés les siècles derniers jusqu'aux années 60 (détournement de la Sensée dans l'étang de Lécluse en 1963, déplacement du canal de la Sensée en certains endroits), aucun aménagement ne semble avoir été réalisé dans l'optique de réduire les inondations par débordements (de type merlons, fossé de délestage...etc).

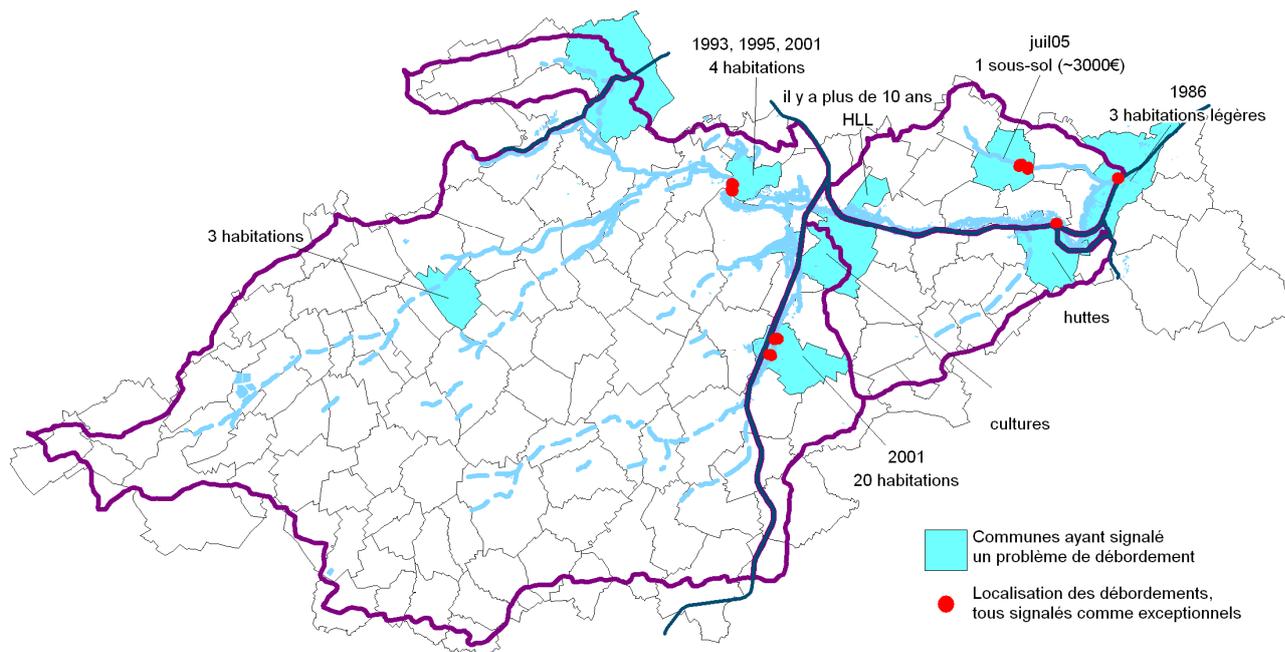


Figure 13 Dates des derniers événements et enjeux touchés par les débordements

Concernant les causes possibles de ces débordements, qui sont parfois floues, plusieurs phénomènes sont pointés du doigt par les élus :

- les siphons (dimensionnement et/ou embâcles) à Vitry-en-Artois sur le fossé communal et à Hem-Lenglet sur le fossé d'assainissement ;
- peut-être des remontées de nappe, à Hamel (étang de Lécluse) et Marquion (Agache) ;
- les forts ruissellements sur les bords de bassin versant sur le Cojeul à Héninel, la Sensée à Brunémont et sur le fond de la Ravine à Paillencourt (problème semble-t-il résolu par la création d'un bassin de rétention en amont du village). **Il s'agit donc plus d'une problématique de ruissellement que de crue de rivière ;**
- le manque d'entretien et l'envasement sur l'Agache (Marquion, Oisy-le-Verger), le Riot des Glennes à Marcq-en-Ostrevent et les fossés de collecte à Brunémont ;
- peut-être la gestion d'ouvrages hydrauliques : à Hamel sur l'étang de Lécluse (ouvrage du pont des Prussiens ?) et à Bouchain sur la Sensée (ouvrage de Bouchain¹).

En conclusion, **il ne semble pas y avoir de forts risques de débordement liés à la propagation d'une onde de crue généralisée**, notamment en raison des gabarits parfois surdimensionnés du lit mineur, des nombreux plans d'eau traversés par la Sensée, et du fait que la rivière soit coupée en deux par le canal du Nord. Le modèle hydraulique permettra de reproduire les écoulements engendrés par les plus forts débits observés, voire de tester des crues théoriques plus fortes.

¹ La nouvelle équipe du Syndicat des Faucardements de la Sensée, qui manœuvre l'ouvrage de Bouchain, veille à maintenir un niveau d'eau suffisamment bas pour ne pas exposer la maison légère identifiée comme la plus vulnérable (à Bouchain). La dernière inondation de cette maison remonte à 1986.

4.5 REMONTEES DE NAPPES

Des remontées de nappe ont été observées par les élus sur 16 communes du bassin versant, soit 23 % des communes ayant retourné le questionnaire. On observe sur la carte suivante que les remontées ont généralement lieu dans les fonds de vallées (vallées sèches ou vallées principales), à proximité des thalwegs naturels. Elles sont la plupart du temps assez localisées.

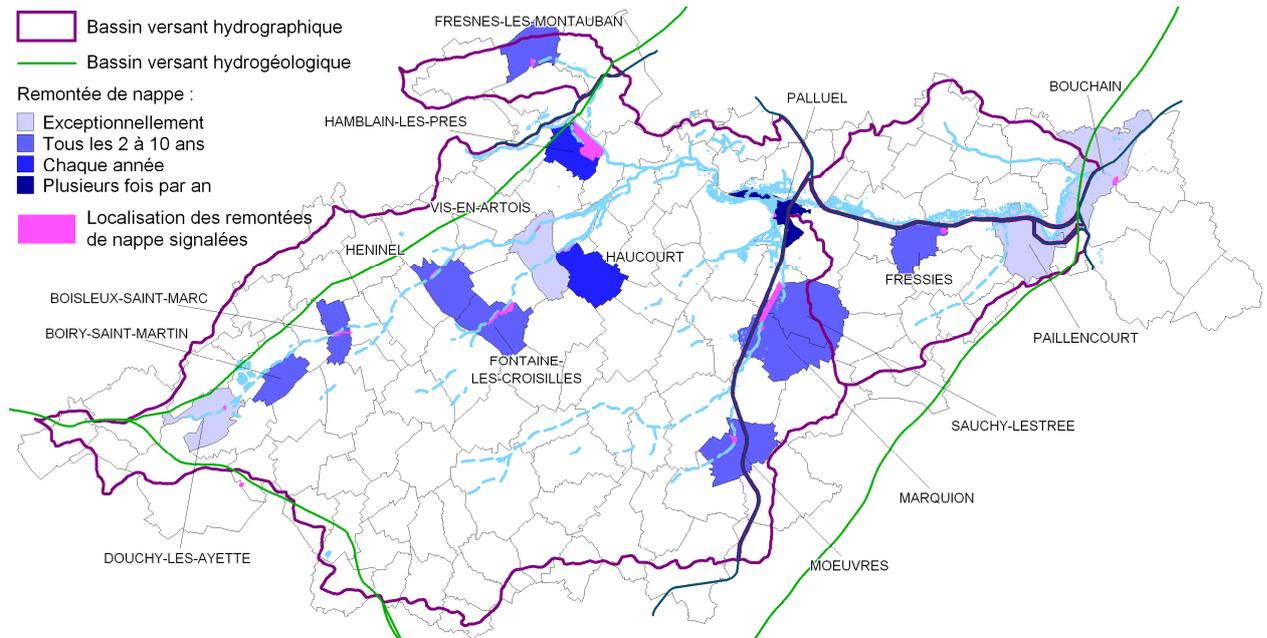


Figure 14 Réponses au questionnaire concernant les remontées de nappe

Selon les communes, la fréquence d'apparition de ce phénomène est très variable, de plusieurs fois par an (à Palluel) à exceptionnellement (Douchy-les-Ayette, Vis-en-Artois, Pailencourt et Bouchain, hors des deux bassins versants). Il semble toutefois que la majorité des événements se produisent tous les 7 ans environ, ce qui correspond à la période d'oscillation naturelle de la nappe de la craie (cf. graphique ci-dessous).

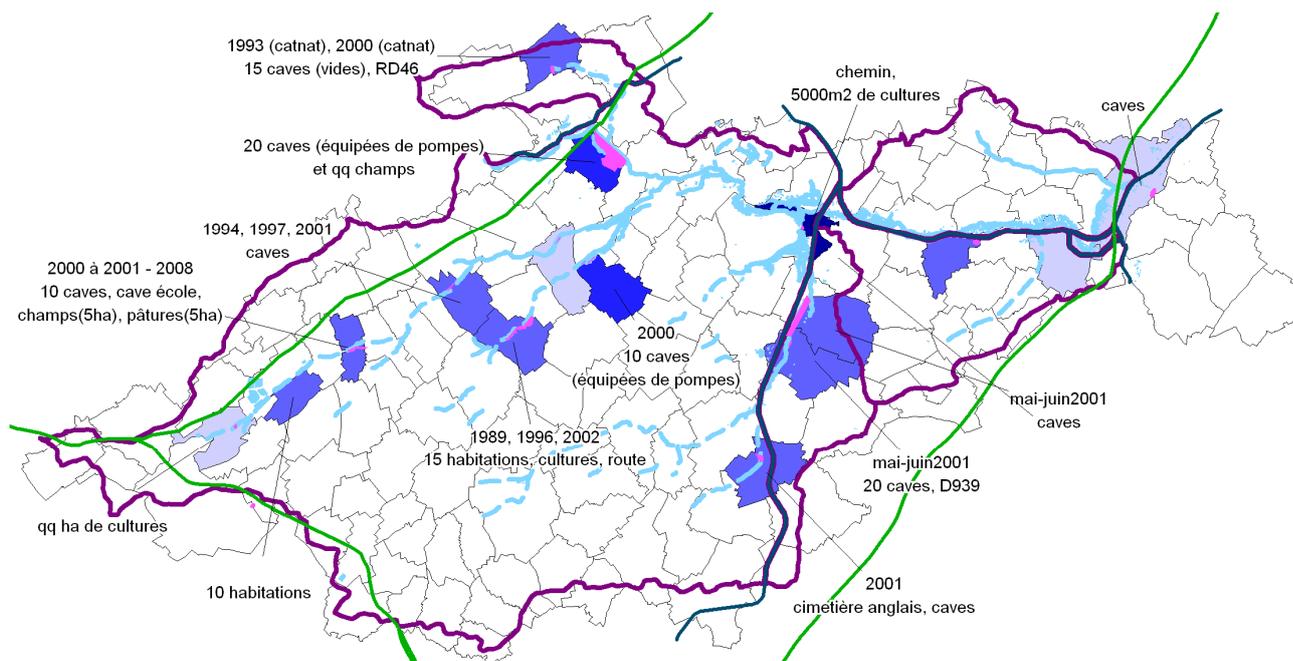


Figure 15 Dates des derniers événements et enjeux touchés par les remontées de nappe

Les principaux enjeux touchés sont des caves, une centaine sur l'ensemble du bassin versant, dont certaines sont équipées de pompes. On dénombre également quelques routes impactées (D46, D939) et des terres agricoles (champs et pâtures).

Les événements les plus mentionnés sont ceux de **2000** et surtout de **mai-juin 2001**. Des arrêtés de catastrophe naturelle par remontée de nappe ont été prescrits dans plusieurs communes. Ces deux années ont en effet connu des pics piézométriques importants (cf. figure suivante).

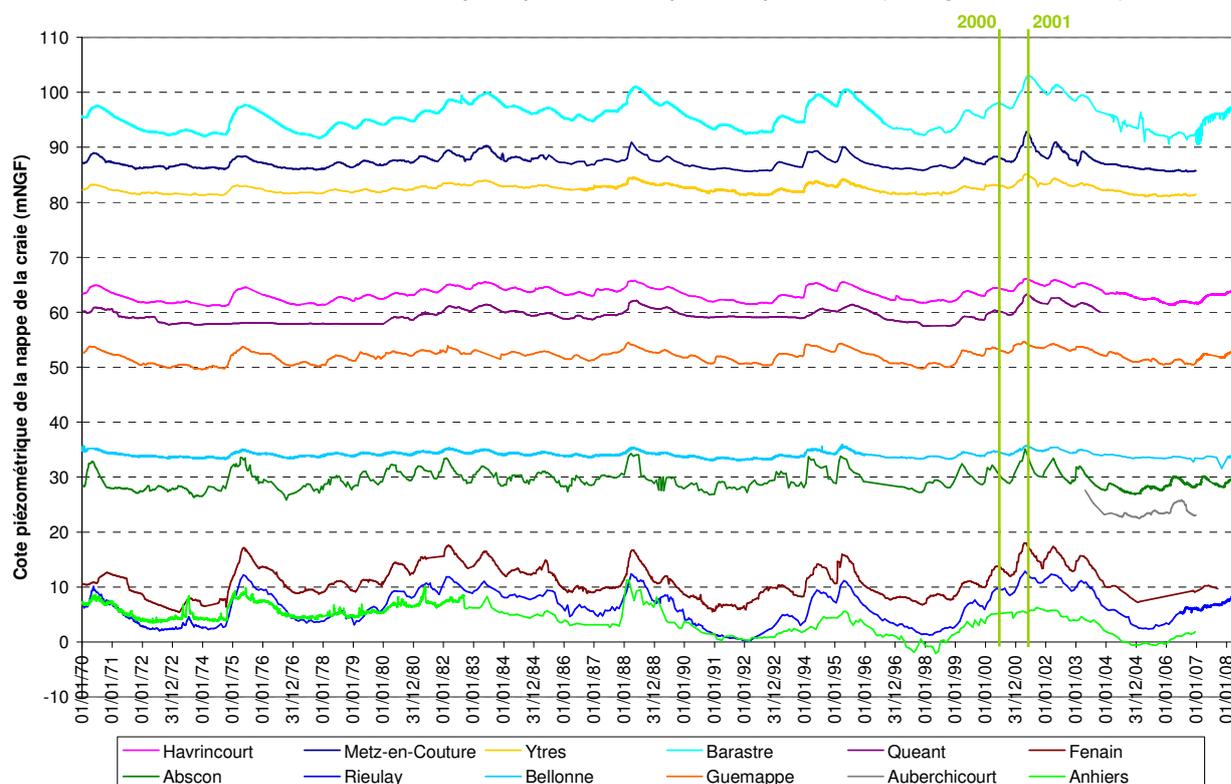


Figure 16 Variations piézométriques de la nappe de la craie

4.6 RUISSELLEMENTS ET COULEES DE BOUE

Les ruissellements sur les coteaux constituent une des problématiques majeures du bassin versant de la Sensée, puisque près de la moitié des élus ayant retourné le questionnaire fait état de ce phénomène sur leur commune.

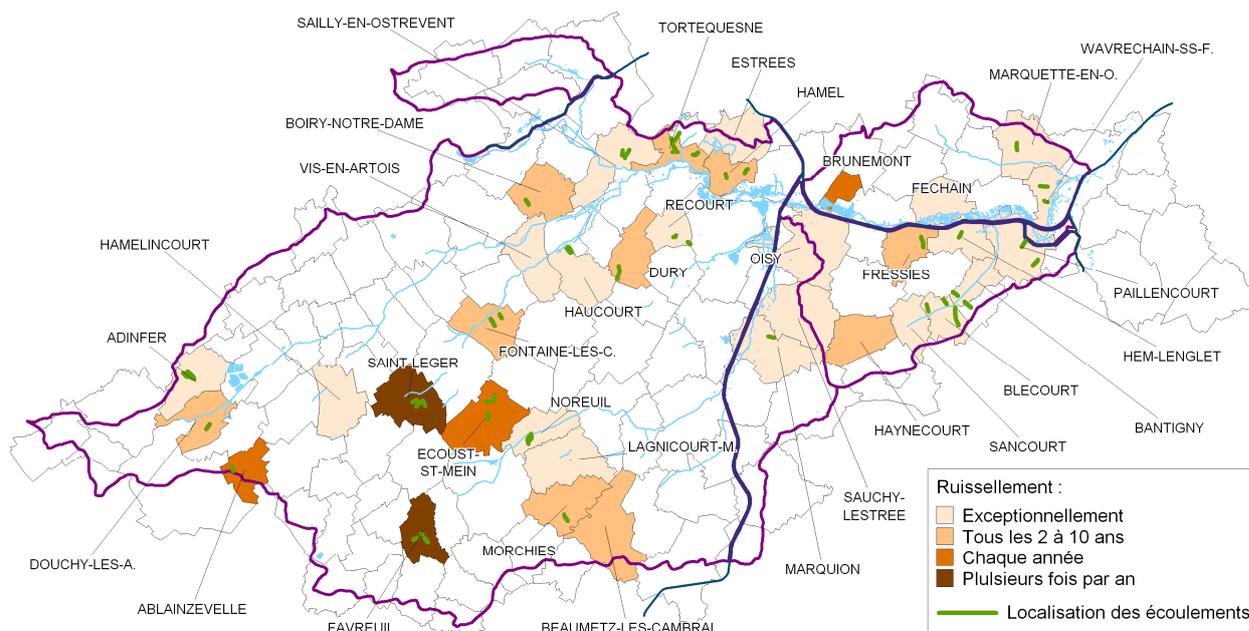


Figure 17 Réponses au questionnaire concernant la problématique ruissellement

On observe sur la carte ci-dessus que **le problème est généralisé et touche tous les secteurs du bassin versant**, des communes les plus amont jusqu'à celles situées à proximité de la large vallée de la Sensée.

La fréquence des ruissellements est la plus élevée sur la tête de bassin de la rivière Sensée, en amont de Fontaine-les-Croisilles. Ce bassin versant, et plus spécifiquement celui de Saint-Léger, a fait l'objet de la partie 1 de la présente étude ; les mécanismes d'érosion et leur localisation ont été analysés, les ruissellements ont été modélisés, et un sous-bassin versant pilote a été identifié pour mettre en place des mesures anti-érosives (fossés transversaux, talus, haies, bassins de retenus secs ou excavés...) et reconquérir le chevelu hydrographique principal.

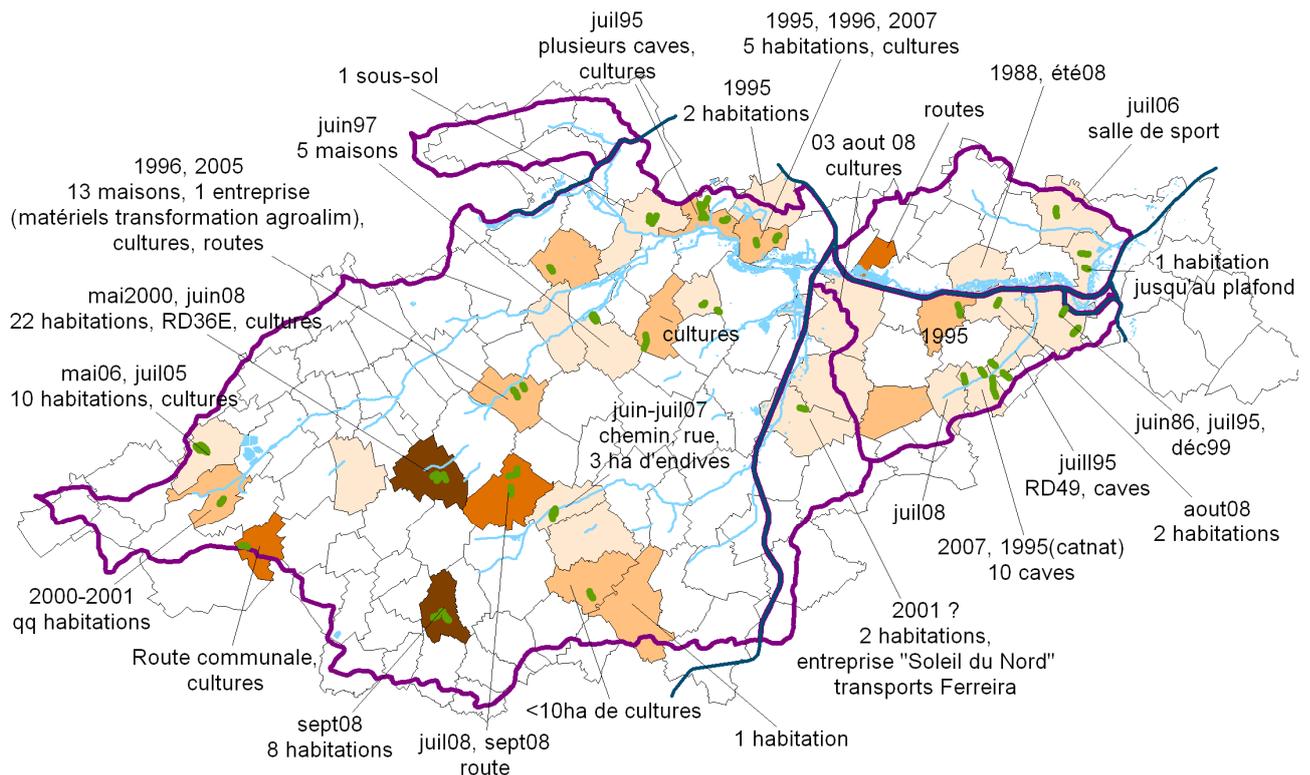


Figure 18 Dates des derniers événements et enjeux touchés par les ruissellements

L'événement de **juillet 1995** est celui qui a été signalé par le plus de communes (7), situées en rive gauche de la zone d'étangs de la Sensée amont et en rive droite de la Sensée aval (sur le ravin de Bantigny notamment). Il a donc touché la partie nord du bassin versant.

L'événement de **mai 2000** a quant à lui été particulièrement violent sur la tête de bassin versant de la Sensée (notamment à Saint-Léger, où de fortes coulées de boues ont fait de nombreux dégâts). Il a été étudié en détail et modélisé dans la partie 1 de la présente étude.

Tout au long de l'**été 2008** (juin, juillet, août et septembre), des orages violents ont provoqué des ruissellements intenses, signalés par 7 communes (dont deux fois à Ecoust-St-Mein). Ils se sont produits sur la tête de bassin de la Sensée d'une part et sur la Sensée aval d'autre part.

Concernant les enjeux touchés lors de ces événements, on dénombre sur l'ensemble du bassin versant, tous événements confondus, une centaine de maisons touchées, dont au moins une vingtaine de caves. L'événement le plus dommageable semble avoir été celui de mai 2000. Quelques entreprises (trois mentionnées), une dizaine de routes et bien-sûr les cultures sont également vulnérables à ce type d'aléa.

A ces dommages s'ajoutent ceux engendrés plus à l'aval par les écoulements générés par ces ruissellements intenses : le débordement des réseaux d'assainissements ou des rivières, comme à Héninel sur le Cojeul par exemple (voir paragraphe 4.4 « Débordement de cours d'eau ou d'étang »).

Pour remédier à cette problématique de ruissellement, quelques communes ont créé des bassins de rétention pour retenir et ralentir les eaux de ruissellement en amont des villages, comme par exemple à Hamel, Bugnicourt et Paillencourt. D'après les élus, ces ouvrages sont efficaces et permettent de limiter la gravité des événements.

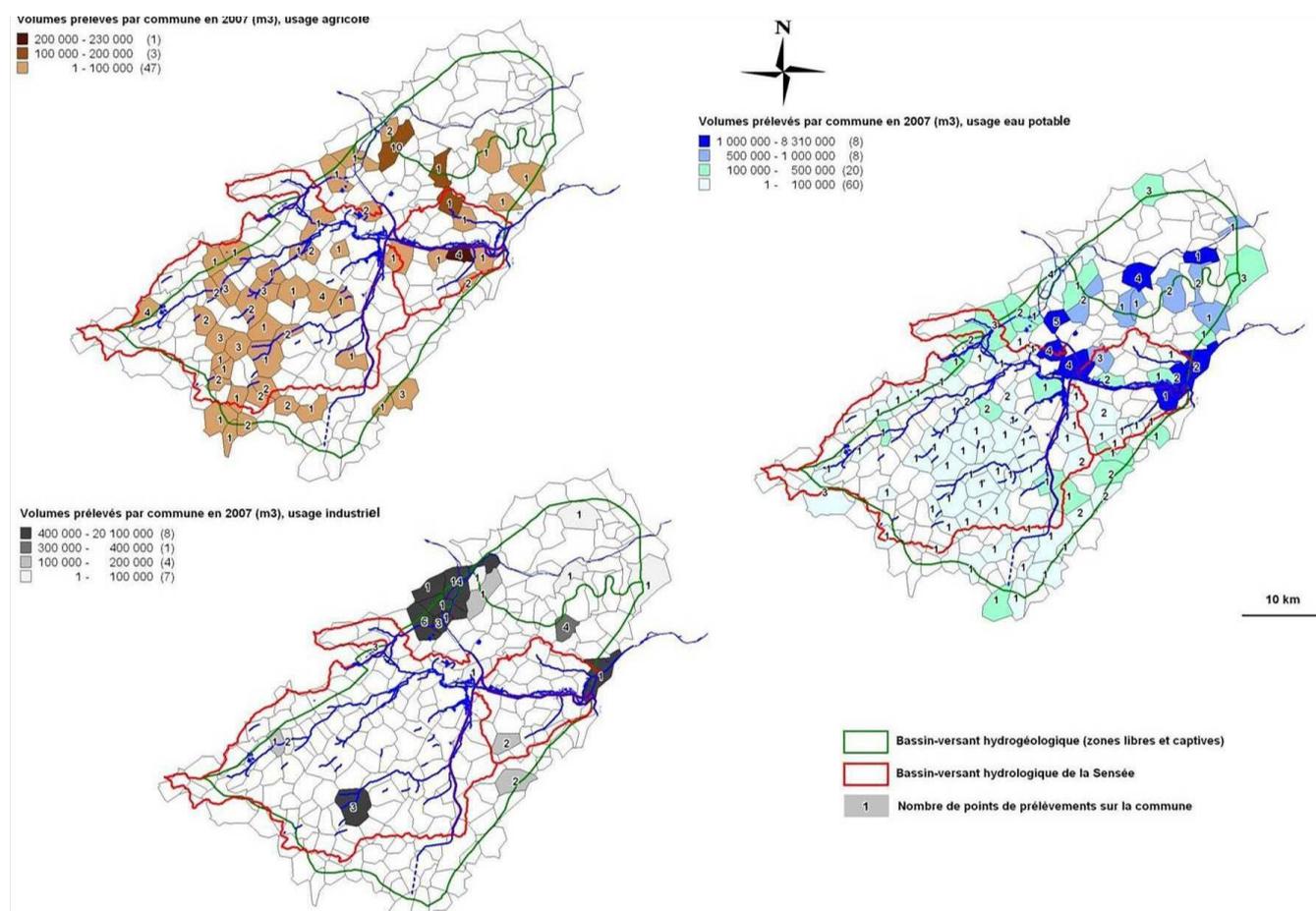
A noter que la gestion des ruissellements, et par la même occasion la limitation de l'érosion, doit se faire **à tous les niveaux du bassin versant**, y compris dès les plateaux et le haut des coteaux, et pas seulement là où les écoulements sont déjà concentrés. Pour ce faire, divers axes d'amélioration doivent être simultanément développés : **aménagements hydrauliques, modification des méthodes agronomiques et surtout l'information et la sensibilisation des différents acteurs à cette problématique** (cf. propositions faites dans la Partie 1 de l'étude).

4.7 EXPLOITATION DE LA NAPPE

Depuis une vingtaine d'années, la nappe de la craie, le long de la vallée de la Sensée, fait l'objet de prélèvements et/ou de prospections importantes. La proximité de zones écologiques sensibles motive une analyse de l'exploitation de la nappe et de ses évolutions.

L'état des lieux des prélèvements effectués sur la nappe de la craie, leur augmentation progressive et les perspectives d'évolution sont présentés dans le paragraphe 8.6.

Le bilan des prélèvements réalisés en 2007 est repris ci-dessous (Source Agence de l'Eau) :



4.8 SYNTHÈSE DES PROBLÉMATIQUES ET MÉTHODES D'ANALYSE

Le tableau suivant récapitule l'importance des problématiques signalées au cours des diverses investigations menées dans la partie 3 de l'étude (visites de terrain, entretiens, questionnaires, bibliographie).

Il apparaît ainsi que les principales difficultés rencontrées par les acteurs locaux sont l'**entretien** des cours d'eau et des plans d'eau, la maîtrise des **ruissellements** et l'**envasement** excessif des rivières et plans d'eau.

L'exploitation de la nappe n'est pas chiffrée, car cette information n'est pas « palpable » et les élus locaux non avertis ne peuvent se prononcer sur ce point.

Concernant les débordements directs de cours d'eau ou de plans d'eau, 27 % des questionnaires font état de ce phénomène, mais une analyse détaillée des réponses laisse penser qu'une certaine confusion peut être faite sur les causes de ces débordements ; il peut parfois s'agir en fait de conséquences du ruissellement ou de remontées de nappe. Les 18 % indiqués ne tiennent pas compte de ces confusions.

Problématique	% des communes ayant répondu	Méthode d'analyse
Entretien des rivières	55 % ²	Terrain (Diagnostic des cours d'eau)
Ruissellements	49 %	Analytique + Modèle hydraulique <u>local</u> (Partie 1 de l'étude)
Envasement	42 % ³	Analytique (le modèle hydraulique peut fournir le profil en long des vitesses)
Gestion des niveaux d'eau	24 % ³	Analytique pour la vérification des dimensionnements Modèle hydraulique pour les ouvrages mobiles
Remontées de nappes	23 %	Modélisation hydrogéologique
Débordements	(25 %) 18 % ³	Modèle hydraulique si topo assez précise
Exploitation de la nappe	-	Modélisation hydrogéologique

Tableau 1 Synthèse de problématiques du bassin versant et méthodes d'analyse

Le tableau ci-dessus précise par ailleurs les différentes méthodes qui peuvent être mises en œuvre pour l'analyse et la compréhension fines de ces différentes problématiques.

Certaines problématiques peuvent être étudiées à l'aide d'une démarche analytique, c'est-à-dire basée sur des enquêtes et des calculs, sans avoir recours à une modélisation : entretien des rivières et plans d'eau, envasement, dimensionnement des ouvrages hydraulique (type siphons par exemple).

² part des réponses parmi les communes riveraines d'un cours d'eau pérenne ou temporaire ayant répondu au questionnaire

³ part des réponses parmi les communes riveraines d'un cours d'eau pérenne ayant répondu au questionnaire

Dans certains cas, le recours à une modélisation globale est nécessaire :

- modélisation hydrogéologique : notamment pour analyser les phénomènes de remontées de nappe et évaluer l'impact sur le réseau d'eau de surface de l'exploitation de la nappe souterraine ;
- modélisation hydraulique : pour analyser les phénomènes de débordement (possible avec un semis de points topographiques suffisamment dense), évaluer l'impact sur la ligne d'eau de la gestion des ouvrages hydrauliques, et dans une moindre mesure fournir des vitesses moyennes d'écoulement servant au calcul des seuils de dépôts sédimentaires.

La description des modèles globaux qui seront mis en œuvre dans la Partie 4 de l'étude fait l'objet du chapitre 9.

La modélisation hydraulique utilisée pour analyser les ruissellements est une modélisation hydraulique locale. Elle est spécifique à un petit bassin versant donné, comme dans le cas de la Partie 1 de l'étude. Le modèle hydraulique global qui sera construit dans la suite de l'étude ne pourra donc pas reproduire dans le détail les axes d'écoulement préférentiels des eaux de ruissellement et n'a pas pour objectif d'étudier cette problématique.

Il faut par ailleurs garder à l'esprit que les différentes problématiques listées dans le tableau ci-dessus, à priori distinctes, agissent comme cause ou comme conséquence les unes des autres. On peut citer à titre d'exemple que :

- une eutrophisation excessive du lit rehausse la ligne d'eau ;
- l'envasement est lié à la très forte érosion des terrains agricoles qui accompagne les ruissellements ;
- les débordements s'accroissent avec l'envasement du lit ;
- les ruissellements engendrent des débordements en aval ;
- l'envasement est favorisé par des vitesses d'écoulement faibles (surdimensionnement du lit, implantation de barrage sauvage, eutrophisation...) ;
- l'exploitation excessive de la nappe peut abaisser les niveaux d'eau en surface ;
- ...etc.

Il sera donc important, dans la phase opérationnelle des réflexions, de ne pas privilégier une thématique par rapport à une autre, mais dans la mesure du possible, de mener simultanément des actions visant à solutionner chacune de ces problématiques.

5 DIAGNOSTIC DE L'ETAT DES COURS D'EAU

5.1 CONTEXTE ET OBJECTIF DU DIAGNOSTIC

La qualité des cours d'eau s'appréhende selon plusieurs approches. Outre la qualité physico-chimique de l'eau qui renseigne sur les causes et les altérations, la qualité du milieu physique est une autre composante essentielle du fonctionnement d'un écosystème aquatique. Elle donne de précieux renseignements sur la capacité d'accueil d'un milieu (habitat) et sur ses capacités d'épuration. En outre, il existe des corrélations importantes entre la dynamique des écoulements et les différents paramètres qui déterminent l'habitat (ripisylve, qualité des berges, morphologie du lit mineur, annexes hydrauliques,...).

L'objectif du diagnostic est d'établir un programme de restauration et d'entretien des cours d'eau qui n'en ont pas encore fait l'objet, et en cohérence avec les programmes existants sur d'autres tronçons. Ce programme s'inscrira dans le cadre du respect des objectifs d'atteinte du bon état écologique à l'horizon 2015 pour les cours d'eau concernés.

Le linéaire des cours d'eau étudié est présenté sur la carte suivante. Les 5 cours d'eau et leur linéaire de lit mineur sont les suivants :

Cours d'eau	Linéaire étudié (km)
La Sensée	31,8
L'Agache	24,4
Le Cojeul	14,2
Le Ravin de Bantigny	2,2
L'Hirondelle	5,1
Total	77,7

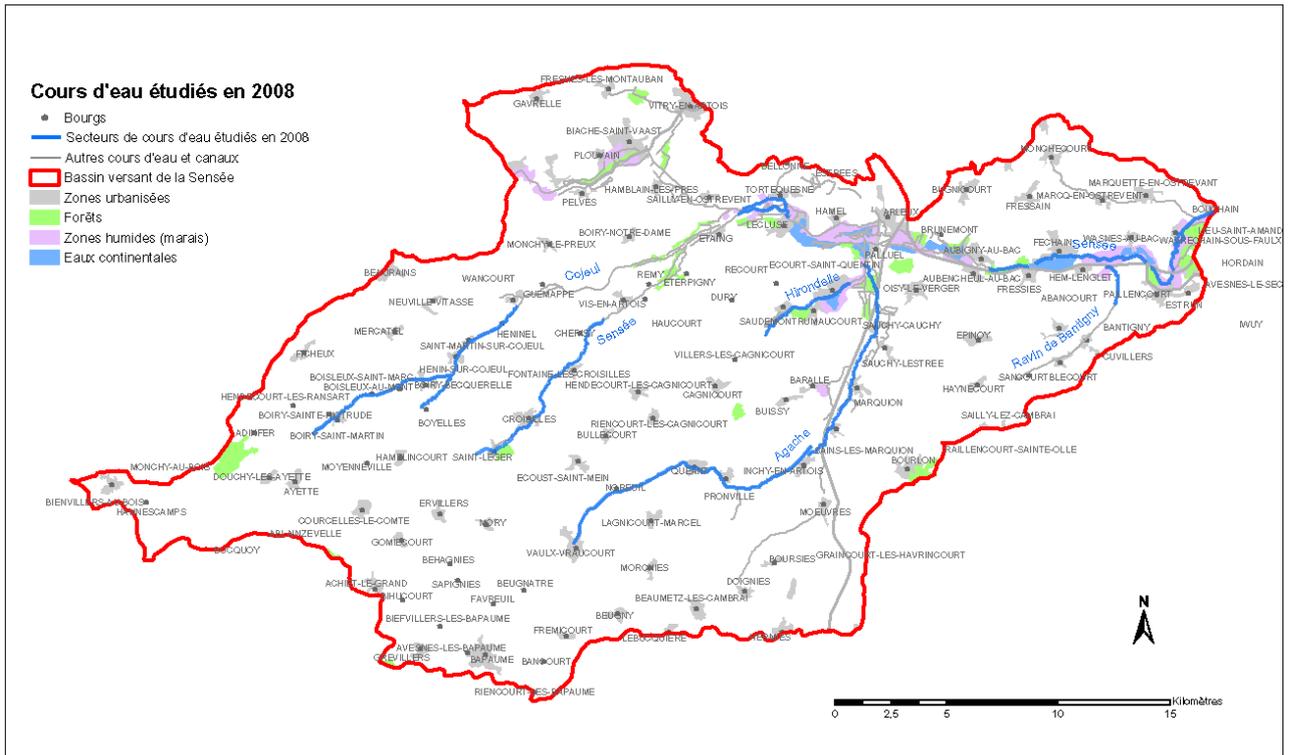


Figure 19 Cours d'eau faisant l'objet des investigations de terrain pour le diagnostic

5.2 APERÇU DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA SENSÉE

L'objet de ce paragraphe est une courte analyse de la qualité physico-chimique de la Sensée mesurée aux trois stations du Réseau National de Bassin situées sur le territoire de l'étude.

Cette analyse permet notamment d'avoir un aperçu de l'évolution de la qualité physico-chimique de la rivière au cours du temps, ce qui complète l'analyse détaillée réalisée par l'Institution départementale au travers d'un stage (« Etude de la qualité des cours d'eau de la vallée de la Sensée, mémoire de Matthieu Dautricourt, août 2008), visant notamment à synthétiser les 3 années de mesures réalisées sur les 13 stations de mesure de la qualité implantées pour l'étude hydraulique globale.

Les trois stations du RNB qui vont être analysées ici sont localisées de l'amont vers l'aval ci-dessous :



La Sensée à Torquesne



La Sensée à Palluel



La Sensée à Bouchain

Ces stations ont fait l'objet de prélèvement d'eau et d'analyses physico-chimiques dont les classes de qualité, obtenues depuis 1997 par le logiciel d'évaluation SEQ-Eau (Ministère de l'Ecologie et Agences de l'Eau), sont données dans le second tableau ci-après.

Le SEQ-Eau constitue l'outil français d'interprétation de la qualité physico-chimique de l'eau. Deux notions principales fondent le SEQ-Eau des rivières version 1 :

- l'évaluation des différentes composantes de la qualité,
- l'évaluation des incidences de la qualité sur les fonctions naturelles et sur les usages anthropiques.

Les différentes composantes de la qualité sont appelées "altérations". Quinze altérations ont ainsi été définies : matières azotées, nitrates, acidification, etc., chacune étant décrite par plusieurs paramètres. Ainsi, l'altération "matières organiques et oxydables" comprend les paramètres DBO₅, DCO, COD, O₂ dissous, taux de saturation en O₂, oxydabilité au KMnO₄, azote Kjeldahl, NH₄. La qualité de l'eau est ensuite décrite pour chaque altération, à l'aide de 5 classes de qualité au maximum (cf. Tableau 2), allant du bleu (qualité très bonne) au rouge (très mauvaise). La classe de qualité est déterminée au moyen de grilles de seuils établies pour chacun des paramètres de chaque altération.

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Classes					

Tableau 2 Classes de qualité du SEQ-Eau et codes couleurs associés

STATIONS	ANNEES										
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
La Sensée à Tortequesne											
La Sensée à Palluel											
La Sensée à Bouchain											

Tableau 3 Evolution depuis 1997 des classes de qualité des 3 stations de mesure sur la Sensée

D'une manière générale on observe, quelle que soit l'année, une dégradation quasi systématique de la qualité de l'eau de l'amont (Tortequesne) vers l'aval (Bouchain). La dégradation de la qualité

de l'eau se traduit par la perte régulière d'une, deux, voire trois classes de qualité (2003) entre l'amont et l'aval. Cette observation est confirmée par l'analyse des mesures physico-chimiques relevées pendant 3 ans aux 13 stations implantées pour l'étude.

D'un point de vue temporel, la qualité physico chimique de la Sensée ne semble pas s'améliorer au fil des années et ce, quelle que soit la station de mesure. Ainsi, les analyses menées sur la station amont de Tortequesne font état d'une qualité variable, « bonne » à « mauvaise » suivant les années, et globalement « passable » sur les dernières années d'analyse.

Plus en aval, au niveau de Palluel, la qualité varie de « passable » à « mauvaise » et elle est globalement « mauvaise » depuis 2005.

Sur la station située à la limite aval de l'étude (Bouchain), la qualité de l'eau est régulièrement déclassée en classe de qualité « mauvaise » depuis 1997 et les dernières analyses réalisées ne montrent pas d'amélioration significative de la qualité de l'eau sur cette station.

L'intensité des activités agricoles et le déficit d'équipement pour le traitement des eaux usées, domestiques ou industrielles, sont vraisemblablement les principaux freins à l'amélioration de la qualité de l'eau sur le secteur.

5.3 ETUDES ANTERIEURES RELATIVES A L'ENTRETIEN ET A LA RESTAURATION DES COURS D'EAU SUR LE TERRITOIRE

Le tableau suivant recense les plans de gestions et les études techniques déjà réalisés sur le territoire :

Intitulé	Maître d'ouvrage	Date de publication	Auteurs	Contenu
Inventaire des barrages à l'écoulement des eaux ou perturbant la faune piscicole sur le territoire du SAGE de la Sensée	Institution Interdépartementale Nord-Pas-de-Calais pour l'Aménagement de la Vallée de la Sensée	août 2005	S. BOULENGUER et T. DAUGERON (Université de Science et Technologie de Lille)	
Plan de Gestion et d'Entretien Territoire du SIRA	Syndicat Intercommunal de la Région d'Arleux (SIRA)	octobre 2004	CPIE Val d'Authie	Diagnostic Zones Humides, Diagnostic Cours d'Eau, Evaluation des Coûts et Temps de Travaux
Définition d'un programme d'intervention du chantier de remise en état des cours d'eau et d'aménagement des étangs	Communauté de Communes de l'Ouest Cambrésis	août 1999	CPIE Val d'Authie	Pièce écrite, fiches analytiques et document de synthèse
Etude préalable à la programmation pluriannuelle d'entretien et de restauration des cours d'eau de la Communauté de Communes SCARPE-SENSEE	Communauté de Communes SACRPE SENSEE / OSARTIS	2002	CPIE Val d'Authie	Fiches analytiques et atlas cartographique

Intitulé	Maître d'ouvrage	Date de publication	Auteurs	Contenu
Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles du Pas-de-Calais (PDPG 62)		octobre 2007	Fédération du Pas-de-Calais des associations agréées pour la pêche et la protection du milieu aquatique	Synthèse et Programme des actions Nécessaires 2005-2010
Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles du Nord (PDPG 59)		septembre 2005	Fédération du Nord pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique	Synthèse et Programme des actions Nécessaires 2007-2012
Revalorisation et gestion des milieux humides du Cojeul et de la Petite Sensée - Plan de gestion et d'entretien sur la Communauté Urbaine d'Arras	Communauté Urbaine d'Arras	2003	CPIE Val d'Authie	Pièce écrite, fiches analytiques et atlas cartographique, guide technique et document de synthèse

Tableau 4 Plans de gestions et études techniques déjà réalisés sur le territoire

Qu'elles définissent les orientations de gestion des écosystèmes aquatiques (SDVP, PDPG) ou qu'elles établissent un diagnostic écologique précis des cours d'eau (travaux du CPIE Val d'Authie), les études citées ci-dessus identifient pour les cours d'eau concernés quatre dysfonctionnements majeurs limitant l'atteinte, d'ici à 2015, du bon état écologique imposé par la Directive Cadre Européenne du 23 octobre 2000 :

- Le colmatage physique (envasement) et le colmatage écologique (lié à l'eutrophisation) des cours d'eau**, principalement imputables à l'érosion des terres agricoles, au lessivage des surfaces imperméabilisées et au déficit d'assainissement.
- La dégradation morphologique des berges**, liée aux travaux hydrauliques tels que le curage, recalibrage/rectification, busage et au manque d'entretien de la ripisylve.
- La qualité chimique de l'eau**, dégradée par les rejets domestiques et industriels directs, le lessivage des surfaces agricoles et le déficit d'assainissement, notamment lors de forts épisodes orageux.
- La présence d'ouvrages hydrauliques infranchissables** qui entravent la continuité écologique latérale et longitudinale des cours d'eau.

5.4 METHODOLOGIE D'ETUDE : SECTORISATION, INVESTIGATIONS DE TERRAIN ET RESTITUTIONS

5.4.1 Sectorisation des cours d'eau (secteurs homogènes)

Ce découpage repose sur un ensemble de descripteurs fonctionnels évoqués par différents auteurs ou chercheurs et repris notamment dans la méthode de découpage du SEQ Physique. Ils sont principalement issus d'une analyse de documents cartographiques et photographiques et complétés sur le terrain par l'observation directe.

Les descripteurs physiques :

- la géologie** : conditionne le tracé, la pente du cours d'eau, la pérennité de l'écoulement mais aussi certaines caractéristiques physico-chimiques de l'eau

- **la forme de la vallée** : conditionne essentiellement la structure de l'hydrosystème
- **l'altitude moyenne** : descripteur de calage, l'altitude moyenne permet de différencier des tronçons présentant des caractéristiques morphologiques et fonctionnelles souvent proches, mais situés à un niveau différent du cours d'eau
- **la pente et la sinuosité** : critères morphologiques d'importance puisqu'ils conditionnent en grande partie la forme du cours d'eau et de ses habitats
- **la confluence de cours d'eau** dont les apports sont significatifs par rapport au débit du cours d'eau considéré. Ce descripteur permet de prendre en compte les modifications des conditions abiotiques (augmentation du débit, impact sur la thermie de la rivière,...) liées à des apports hydriques de nature parfois très contrastée.

L'appréciation de l'anthropisation et de l'occupation des sols :

L'anthropisation et l'occupation des sols ont été ajoutées afin de lister les contraintes sur ces espaces et envisager éventuellement un second niveau de découpage, fonction du caractère anthropisé. Ce travail consiste donc à mettre en évidence des secteurs affectés par rapport à une situation « naturelle » (dans le sens de non anthropisée).

Ont donc été retenus les facteurs anthropiques susceptibles :

- De provoquer des rejets polluants : la traversée d'agglomération, la présence de stations d'épuration ou de rejets d'origine industrielle ou domestique,
- D'influer significativement sur le débit : l'existence (connue et vérifiée sur le terrain) d'utilisation de la ressource, de secteurs de perte,
- De modifier les écoulements : principaux ouvrages transversaux (ponts, seuils) ou longitudinaux (enrochements ou endiguement, épis), interventions sur la morphologie du lit mineur (recalibrages, rectifications...).

La reconnaissance par parcours pédestre a permis d'affiner le découpage en secteurs homogènes, afin de prendre compte le plus précisément possible des caractéristiques du milieu de renseigner aussi précisément que possible les paramètres définis pour caractériser l'état des lieux. Ces secteurs présentent d'importantes variations ; leur longueur est d'1 km en moyenne et varie entre 141 m et 3,3 kilomètres (de longs secteurs sont très homogènes).

5.4.2 Investigations de terrain

Environ 78 Km de linéaires de cours d'eau ont été prospectés. Le protocole de terrain a consisté à parcourir à pied l'ensemble du linéaire d'état des lieux, au plus près du cours d'eau. Cette reconnaissance a permis de renseigner aussi précisément que possible les paramètres définis pour caractériser l'état des lieux et qui servent de base à la réalisation du diagnostic.

- **Lit mineur** :
 - la largeur du cours d'eau (exprimée en mètres),
 - la lame d'eau en étage, localisée (concentrée) ou diffuse
 - la diversité des faciès d'écoulement et la granulométrie du substrat
 - le nombre de bras et d'affluents
 - le degré et la nature du colmatage éventuel
 - les atterrissements présents
 - le type de végétation et son recouvrement

- les rejets et leur type
- la qualité globale des habitats aquatiques et les facteurs limitants principaux : colmatage, uniformité des écoulements, la dégradation de la morphologie, la faiblesse du débit, l'absence de caches pour les poissons, la pollution de l'eau
- les encombres présents et leur type
- **Berges**, avec pour chacune :
 - leur hauteur et pente
 - le fonctionnement morphologique, l'intensité et le type d'érosion RD
 - la nature du substrat RG
 - les éventuels points noirs et leurs dimensions
 - les aménagements existants
- **Ripsisylve** :
 - la largueur de la ripisylve regroupée en quatre classes : absente, 1 à 5 mètres, 6 à 10 mètres et supérieure à 10 m
 - la continuité du cordon d'arbres et d'arbustes
 - la présence éventuelle de ripisylve en pied de berge
 - La densité de chaque strate, arborée et arbustive
 - la couverture (ombrage) du lit mineur
 - la structure d'âges : jeune, équilibrée, vieillissante
 - la diversité des espèces ligneuses : monospécificité, 2 à 3 espèces adaptées, plus de 3
 - les marques visibles d'entretien régulier
 - les arbres instables et les arbres morts
- **Lit majeur** :
 - son étendue
 - l'occupation sol principale et secondaire de chaque rive
 - l'intensité éventuelle du piétinement
 - la présence de plans d'eau et leur usage

5.4.3 Restitution des données

Restitution cartographique

Les informations les plus pertinentes dans le cadre du diagnostic des cours d'eau recueillies au cours des investigations de terrain sont reportées sous forme cartographique (vignettes insérées dans le texte qui suit et atlas cartographique hors-texte).

Synthèse par secteur homogène

La sectorisation en tronçons homogènes a permis de définir 74 secteurs décrits dans les fiches synoptiques jointes en Annexe 4. Ces fiches font la synthèse des observations faites au cours des prestations de terrain et regroupent les caractéristiques principales de chaque tronçon.

5.5 ETAT DES DYSFONCTIONNEMENTS ET DES SINGULARITES

5.5.1 Végétation des berges et du lit mineur

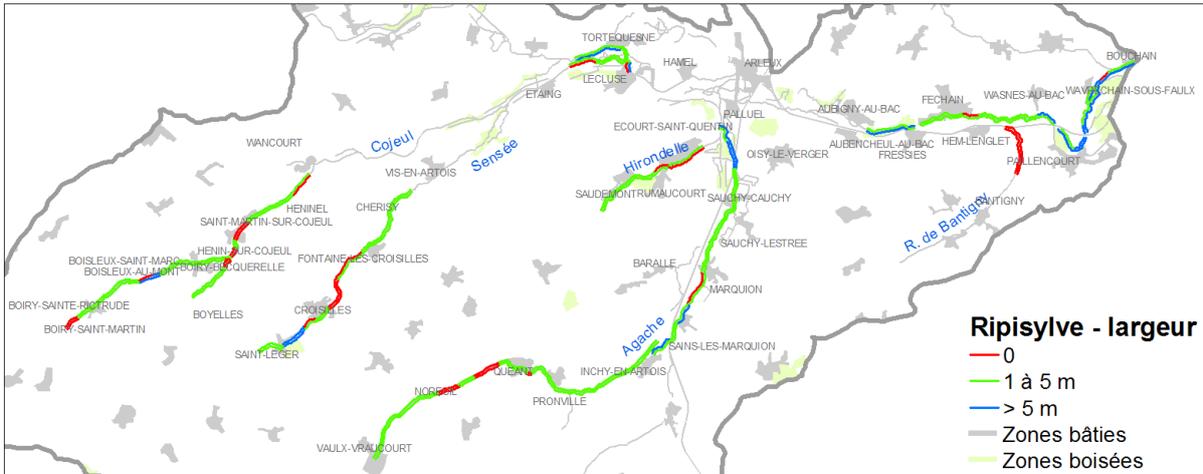
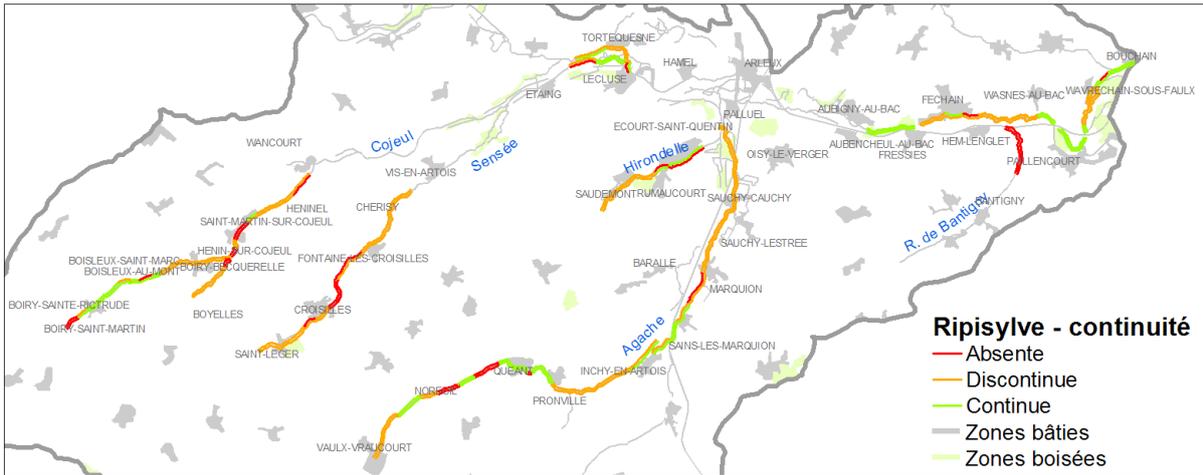
5.5.1.1 Ripisylve

La ripisylve est la végétation arborescente ou arbustive de la berge. Elle joue un rôle prépondérant dans la qualité du cours d'eau, du fait de ses multiples fonctions :

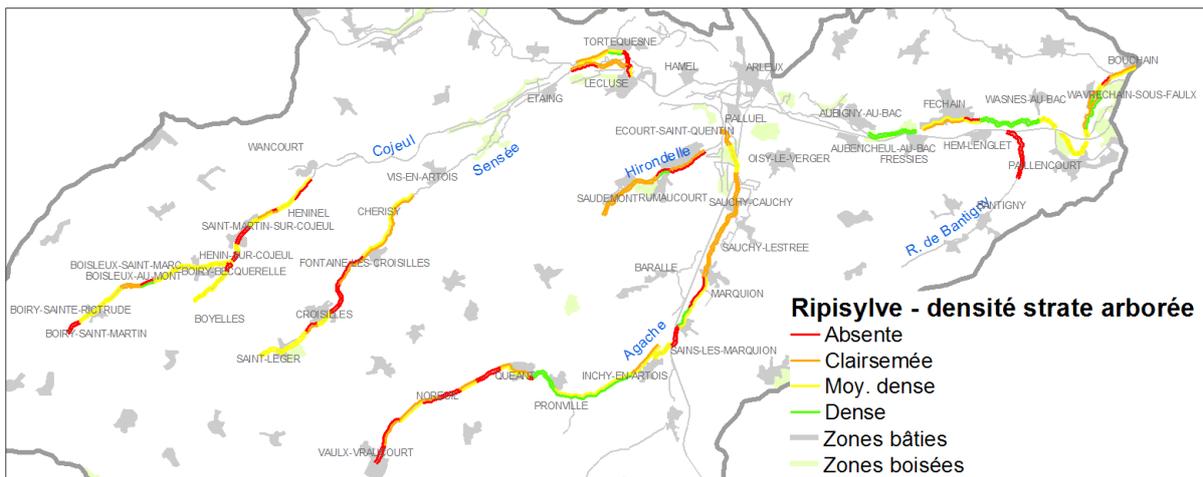
- **Fonction mécanique** : la végétation a un rôle fondamental dans la fixation des berges. Dans ce contexte, l'analyse structurale du couvert végétal est importante (qualité du port, de l'enracinement, stratification et zonation de la végétation).
- **Fonction habitationnelle et écologique** : outre la valeur intrinsèque des peuplements végétaux, elle est déterminante pour la richesse faunistique, tant au niveau des milieux aquatiques que des milieux terrestres ; un équilibre entre les strates et entre les classes d'âge (avec la présence d'arbres morts également) est source de diversité d'habitats. Les peuplements herbacés semi-aquatiques, ainsi que les formations ligneuses des berges abritent une faune terrestre spécialisée présentant souvent un grand intérêt pour le fonctionnement de l'écosystème et pour la biodiversité.
- **Fonction de filtre et de protection** : au même titre que les haies, elle joue un rôle significatif de protection contre l'érosion des sols et, si son épaisseur et sa densité sont suffisantes, elle permet de limiter les apports azotés et phosphorés issus du ruissellement des terres avoisinantes.
- **Fonction d'ombrage** : par son développement, elle limite l'ensoleillement et le réchauffement local de l'eau de la rivière, freinant ainsi le développement de la végétation aquatique et, par conséquent, les éventuelles manifestations de l'eutrophisation (prolifération végétale macro- ou microscopique en cas d'excès de substances nutritives).
- **Fonction paysagère** : le cordon d'arbres souligne l'existence du cours d'eau dans la vallée ; l'impact visuel des formations riveraines n'est pas à négliger dans une politique d'aménagement du territoire, et les opérations d'entretien ont une incidence directe sur cette fonction.

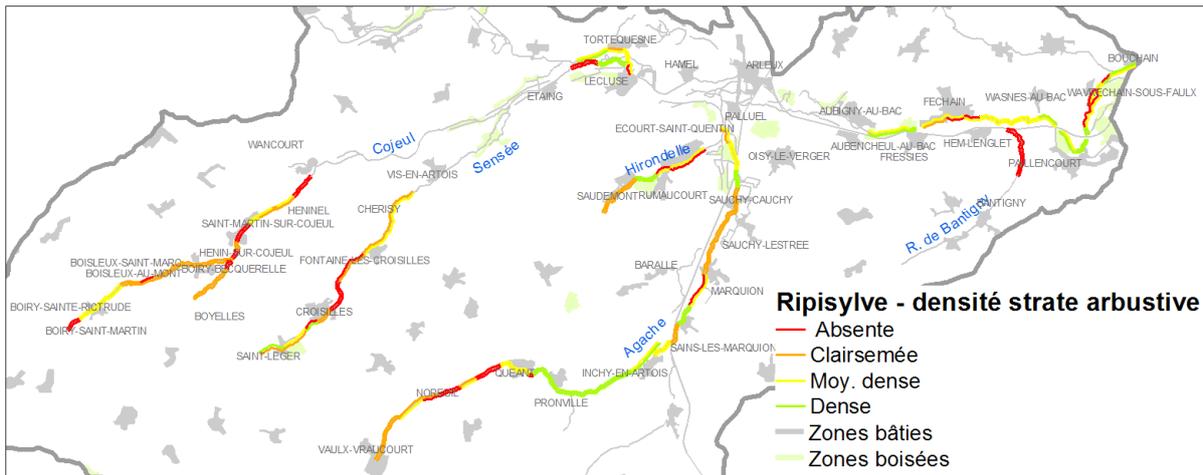
La ripisylve conditionne également la dynamique du cours d'eau : impacts sur l'écoulement de l'eau, présence de branches et branchages dans la rivière qui peuvent s'accumuler au niveau des ouvrages hydrauliques, dépôts, stabilité des berges, ...

Lorsque la végétation est trop vieillissante, les souches fragilisées risquent de casser et les arbres peuvent se coucher en travers de la rivière. Outre l'encombrement du lit, ils favorisent la formation d'encombres, menaçant ainsi les ouvrages à l'aval, et peuvent déstabiliser les berges en facilitant leur érosion.



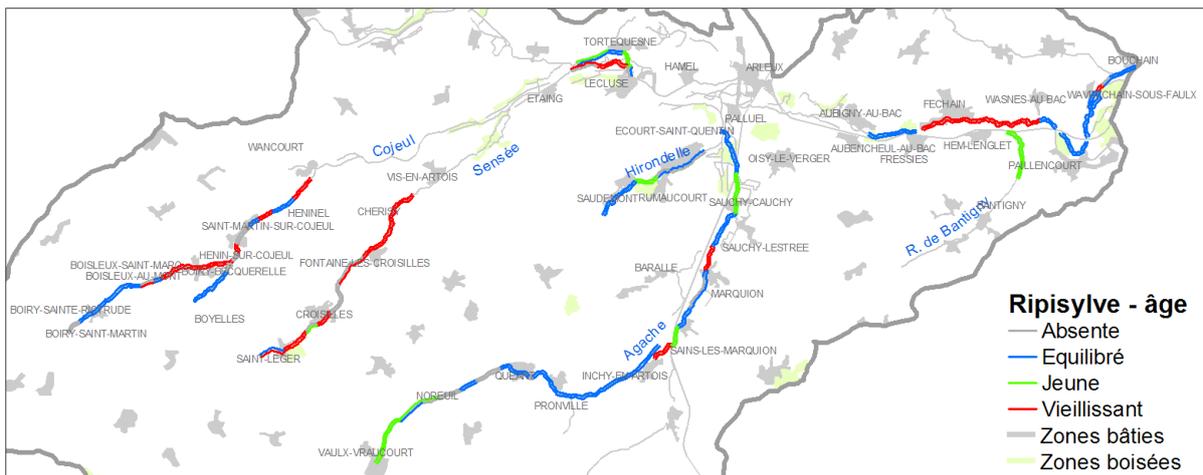
La ripisylve est dans l'ensemble très discontinue : elle est totalement absente sur 20% du linéaire de secteurs étudié, discontinue sur plus de la moitié et continue sur seulement 25% du linéaire. Elle comporte généralement une seule rangée d'arbres (1 à 5 m de large).





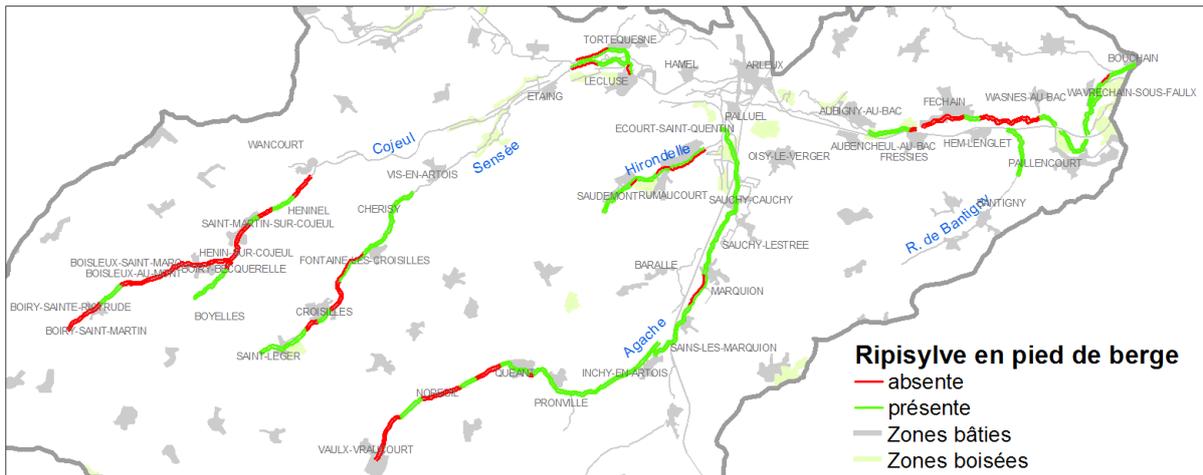
Outre leur discontinuité et leur faible épaisseur, les ripisylves sont le plus souvent clairsemées ou moyennement denses, la strate arbustive étant logiquement plus fournie lorsque les arbres sont moins denses.

Quelques rares secteurs sont bien pourvus pour les deux strates, principalement situés en partie amont de l'Agache et aval de la Sensée.

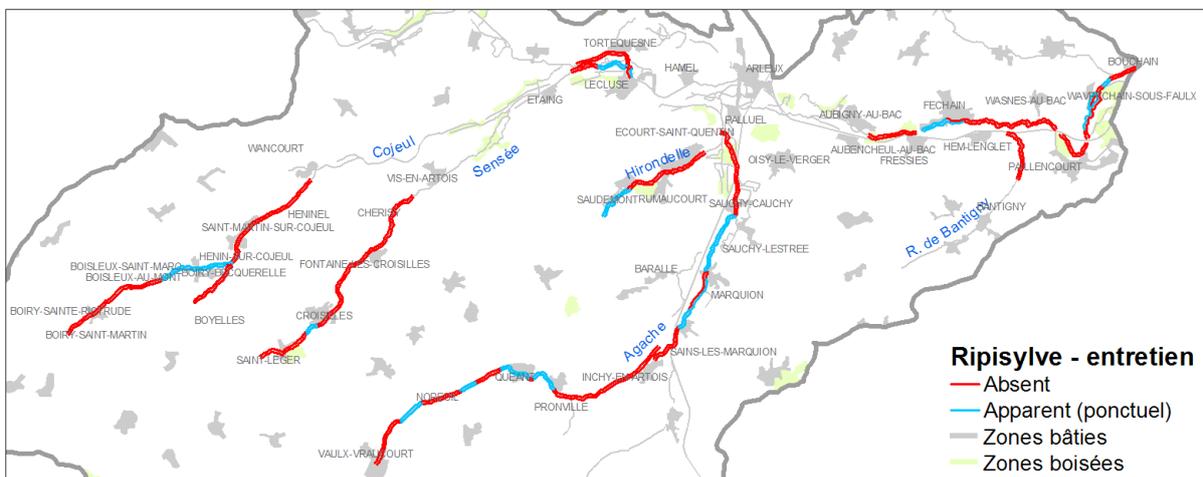


Lorsqu'elle est présente, la ripisylve est le plus souvent équilibrée en termes d'âge des peuplements (40% du linéaire de secteurs) ; elle est jeune sur 15% du linéaire. 25% du linéaire présentent des peuplements vieillissants : Sensée et Cojeul amont, Sensée aval.

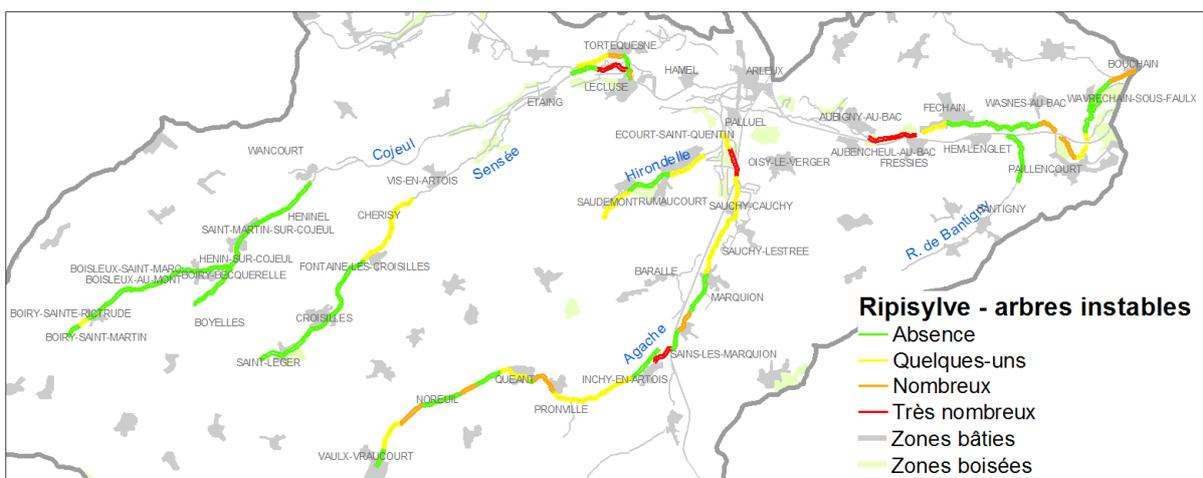
Les arbres morts sont par contre très peu nombreux dans les peuplements.



A l'exception des secteurs les plus amont, la ripisylve est assez régulièrement présente en pied de berge (tout en étant rappelons-le clairsemée/discontinue à cet endroit aussi), où l'interface avec le milieu aquatique est alors optimisée.



Très peu de secteurs ont apparemment fait l'objet d'un entretien récent. Lorsque des interventions ont été constatées sur des secteurs, elles étaient en outre très ponctuelles.



Les arbres instables sont généralement peu nombreux (en lien avec la faible dynamique des cours d'eau et la faible densité globale de la ripisylve) : absents de la majorité du linéaire de secteurs (56%), ils ne sont nombreux à très nombreux que sur 15% du linéaire. Ils correspondent surtout à

des secteurs sans entretien même ponctuel. L'âge moyen des peuplements n'est en revanche que peu lié à ce paramètre : les arbres instables ne sont pas forcément de vieux sujets.

5.5.1.2 Encombres

L'encombre (souvent appelé embâcle) se définit généralement comme une accumulation hétérogène de bois morts façonné par les écoulements, et provenant de la végétation rivulaire adjacente ou ripisylve. Ils peuvent également être constitués d'accumulations de déchets.

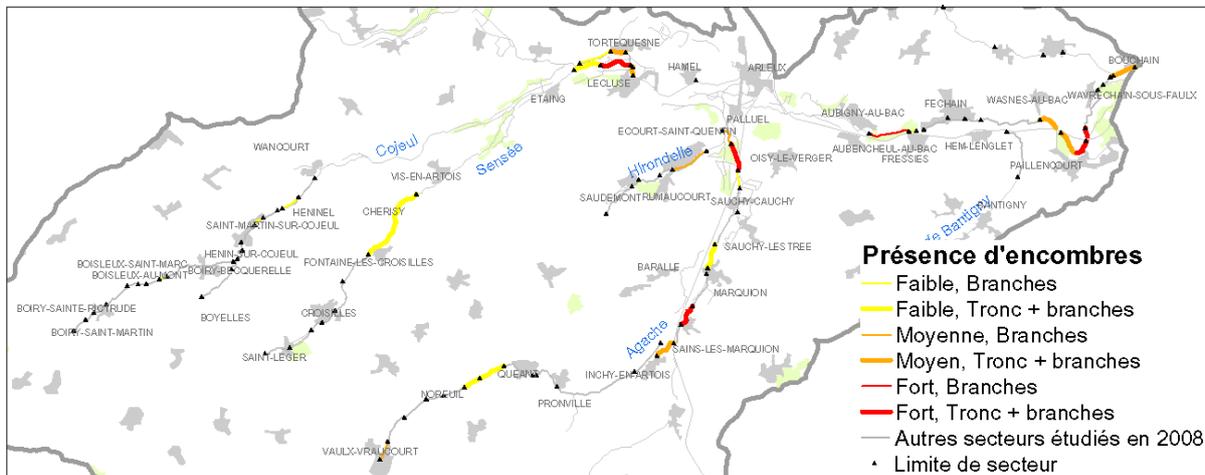
Classiquement, deux types de risques sont liés à la présence d'encombres :

- Un **risque d'inondation**, en raison de l'augmentation du niveau de l'eau qu'il engendre à l'amont, et qui se traduit par un risque accru uniquement si l'occupation du sol de la zone concernée est sensible à l'inondation. Cependant, le plus souvent, les encombres se forment dans des endroits peu sensibles à une aggravation de quelques décimètres du niveau de l'eau et où la végétation est abondante (friches, forêts) ; leur présence n'y est donc pas dommageable. Il existe aussi un risque lors de la rupture de ces encombres. En France, les volumes de bois concernés sont généralement faibles, et l'incidence d'une rupture est donc limitée aux quelques dizaines de mètres situés à l'aval.
- Un **risque d'érosion**, qui diffère fortement d'une rivière à l'autre en fonction de la taille des accumulations de bois, de l'âge de la forêt riveraine et de la position de l'encombre dans le cours d'eau. Ces processus s'observent le plus souvent dans des secteurs où la berge est fragilisée et lorsque les écoulements se concentrent dans un chenal limité. Ils peuvent avoir des conséquences graves en menaçant par exemple les infrastructures dans les zones urbanisées. Le cas le plus habituel est celui des voies de communication parfois mises à mal lors des crues.

La présence ou la conservation d'encombres dans un cours d'eau présente cependant plusieurs intérêts :

- Un **intérêt hydraulique** en raison du laminage des cours d'eau induit par le stockage d'un certain volume d'eau (diminution du débit maximum atteint et de la vitesse de montée des eaux, débordement éventuellement induit). L'encombre réduit ainsi la vitesse d'écoulement et augmente les temps de transfert.
- Un **intérêt de diversification physique du milieu** (habitats). Les modifications hydrauliques induites par un encombre créent une mosaïque de combinaisons des trois variables physiques (hauteur d'eau, vitesse du courant et granulométrie du substrat) classiquement utilisées pour décrire les habitats aquatiques. A une échelle plus globale, les encombres participent à la diversification des formes alluviales : succession de mouilles et de seuils dans les petits cours d'eau, création d'îles ou de bras secondaires dans les cours d'eau plus larges. De ce fait, les encombres sont aujourd'hui reconnus comme augmentant la qualité des habitats aquatiques en complexifiant et en diversifiant le milieu (plus les habitats sont hétérogènes et complexes, plus la richesse des communautés augmente).
- Un **intérêt trophique** : les encombres servent de piège ou de filtre pour les particules détritiques dérivantes (feuilles, tiges, troncs), éléments utilisées ensuite par les invertébrés benthiques comme source de nourriture ou lieu de ponte. Ces invertébrés sont souvent à la base de chaînes alimentaires aboutissant au poisson et aux oiseaux.

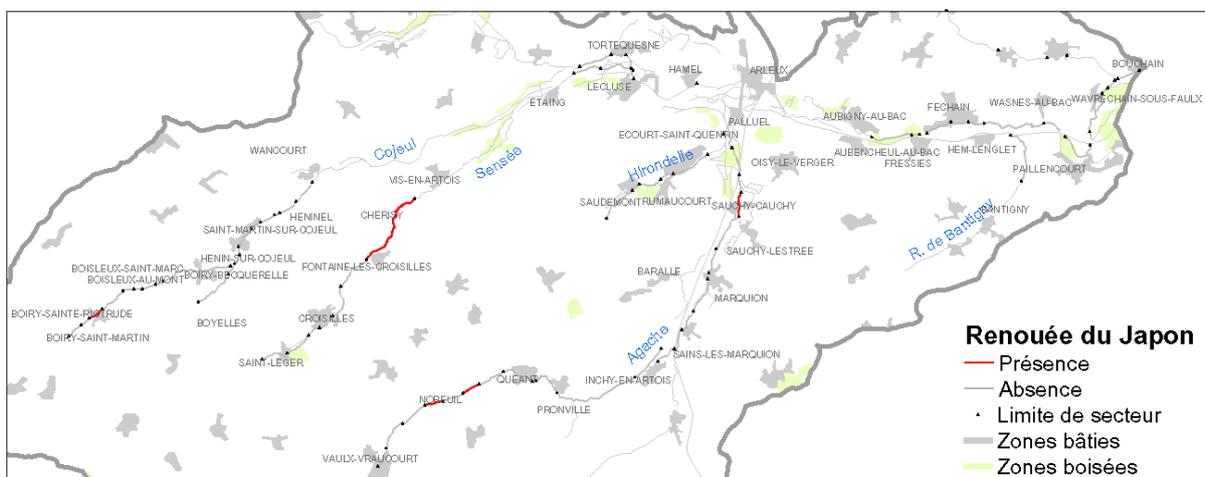
En résumé, on peut dire que les encombres présentent un intérêt écologique certain et un risque souvent faible, à la fois en terme d'inondation et d'érosion. Il convient donc de développer de nouveaux principes de gestion, prenant en compte le fonctionnement écologique des cours d'eau (dans lequel les encombres jouent un rôle important) et pas seulement orienté vers le maintien de la capacité d'écoulement du lit.



Les encombres sont globalement peu nombreux sur le territoire analysé. 7 secteurs sont faiblement encombrés ; seuls 7 secteurs, répartis sur la moitié aval de la Sensée et de l'Agache, sont moyennement encombrés, et 6 le sont fortement.

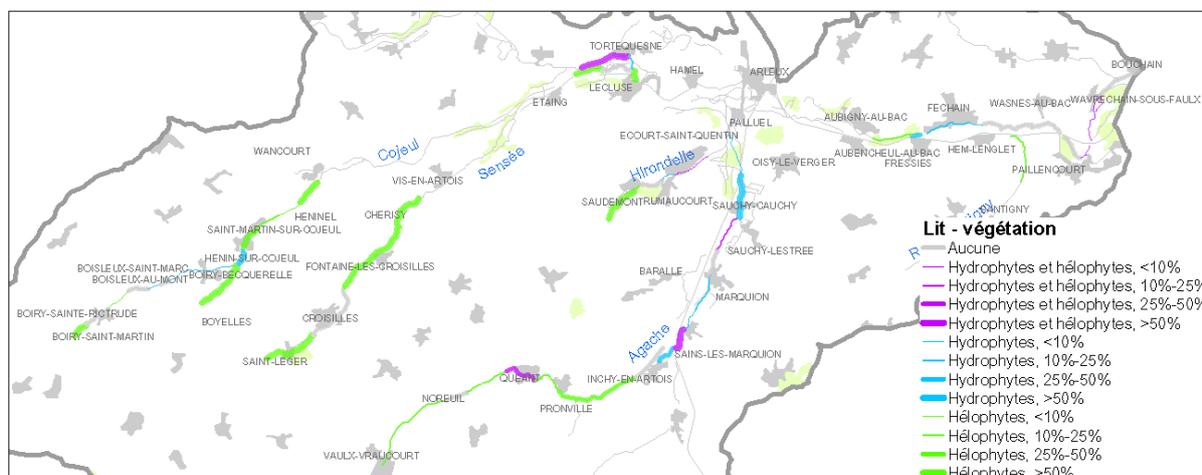
Les données arbres instables, absence d'entretien et présence d'encombres sont logiquement bien corrélées. L'âge moyen des peuplements est en revanche assez peu lié à ces paramètres : les encombres ne correspondent pas seulement à des débris végétaux mais également souvent à des déchets d'origine anthropique (par exemple palettes, carcasses de véhicules, ...).

5.5.1.3 Espèces exotiques envahissantes



La seule espèce exotique envahissante relevée sur les berges est la Renouée du Japon. Des taches de quelques m² à quelques dizaines de m² chacune sont présentes sur 5 secteurs différents. Au total, environ 120 m² de berges seulement sont colonisés, ce qui correspond à moins de 70 mètres linéaires soit une très faible proportion.

5.5.1.4 Végétation du lit mineur



Les végétaux aquatiques et semi-aquatiques profitent de la charge en nutriments présents dans l'eau (nombreux rejets, agriculture intensive) et de la luminosité importante (absence de ripisylve).

Les plantes héliophytes (végétaux supérieurs semi-aquatiques, de type roseaux) sont présentes dans les lits mineurs sur la majorité des secteurs, principalement sur les parties amont de chaque cours d'eau ; leur présence importante dans le fond des lits s'explique par le faible débit des cours d'eau en étiage (exemple ci-contre).

Les hydrophytes (végétaux supérieurs aquatiques, tels que nénuphars et potamots) sont présentes plus ponctuellement (1/3 des secteurs) mais couvrent souvent une partie importante du lit ; on en trouve surtout sur l'Agache à partir d'Inchy-en-Artois, et ponctuellement sur le Cojeul amont puis la Sensée aval.

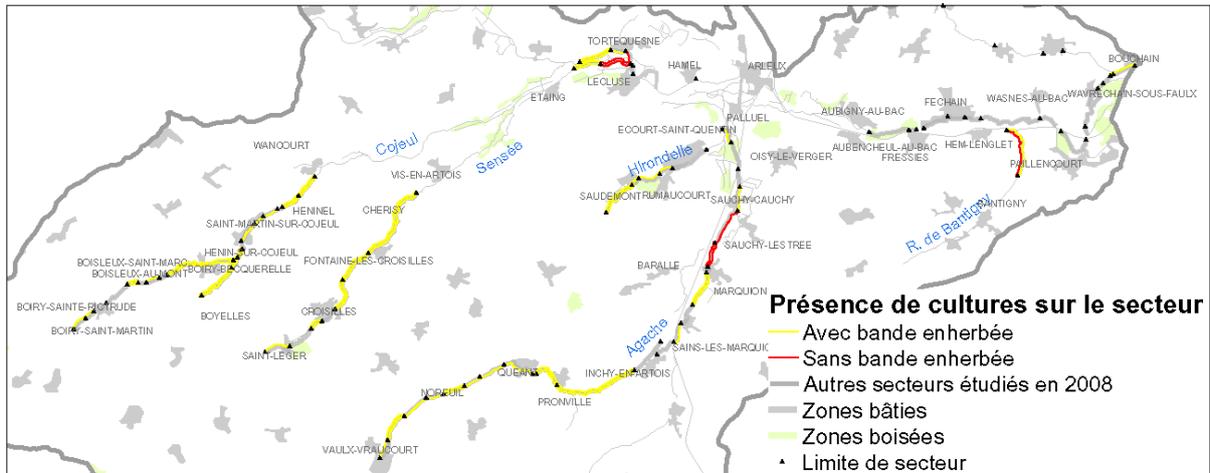


5.5.2 Occupation du sol des rives

La carte présentant l'occupation des sols à l'échelle du bassin versant (cf. Figure 2) laisse d'emblée présumer un fort impact des pratiques agricoles (passées et actuelles) sur le milieu. Les nombreuses petites agglomérations présentes au long de chacun des cours d'eau font également craindre une pression en termes de pollution physico-chimique des cours d'eau.

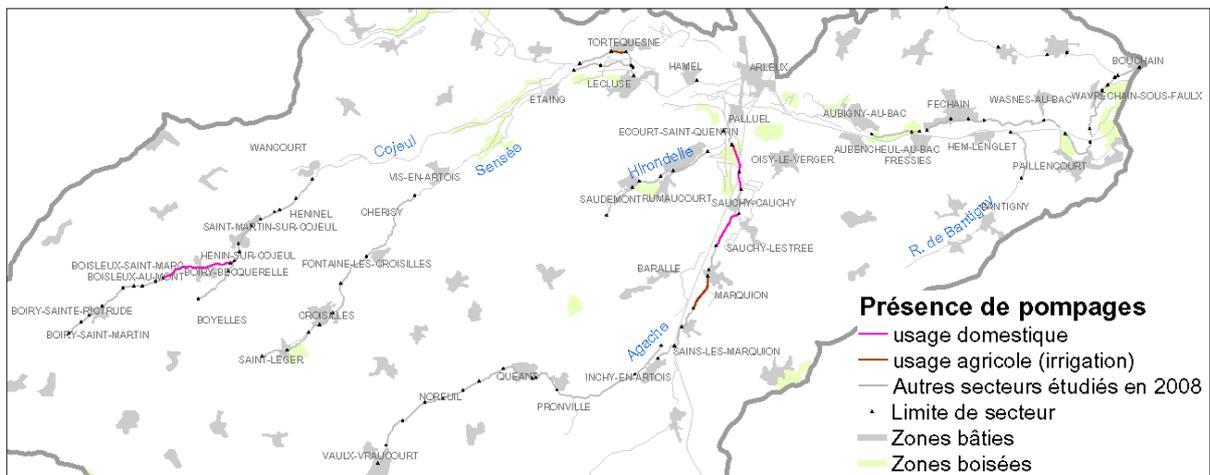
Les paragraphes qui suivent font état de l'occupation des sols des rives des cours d'eau investigués.

5.5.2.1 Cultures



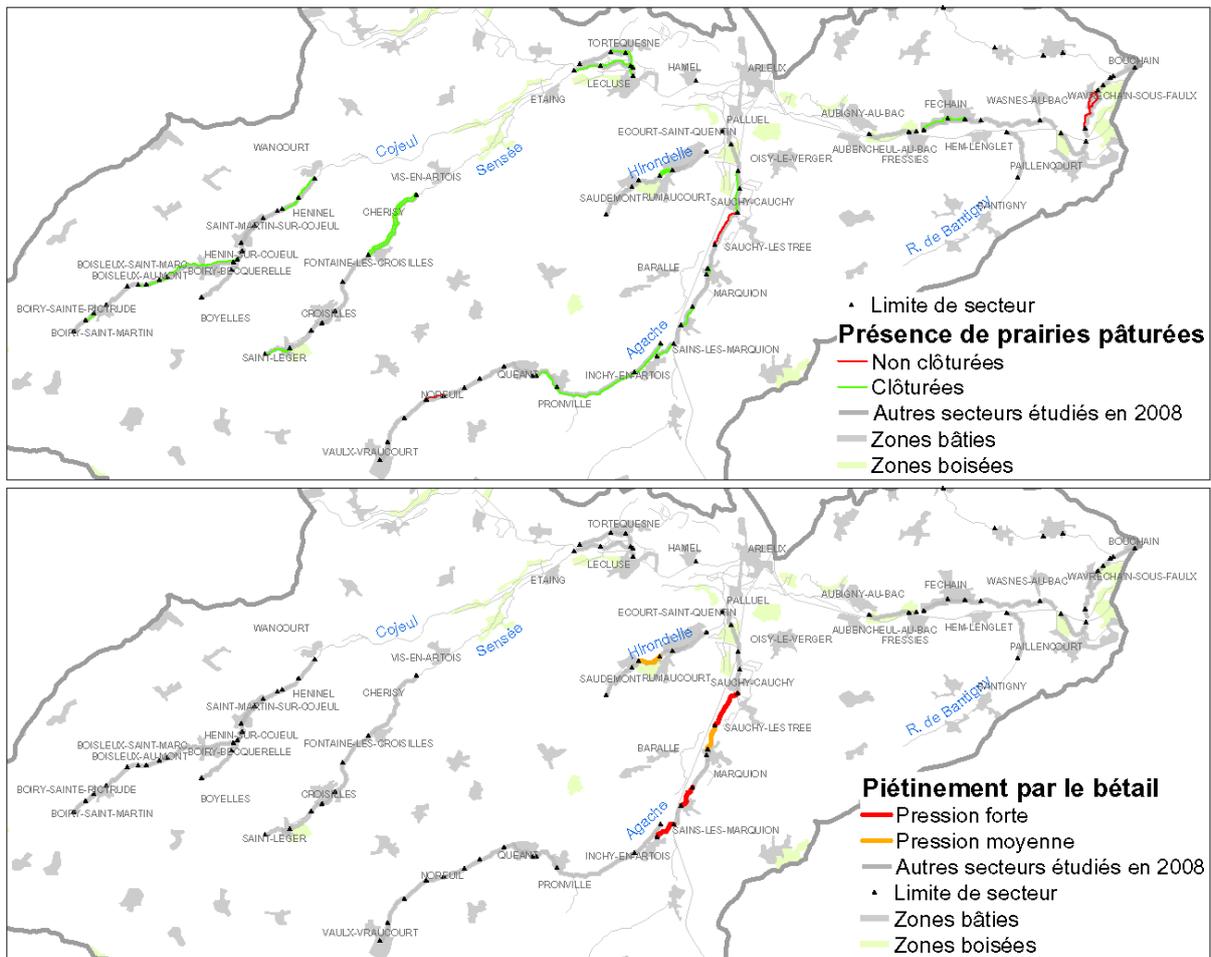
Les cultures sont omniprésentes au long des cours d'eau, à l'exception des traversées d'agglomérations, et de la partie aval de l'Agache et surtout de la Sensée.

Une bande enherbée (largeur environ 5m) est laissée entre la limite cultivée et le cours d'eau, excepté sur 5 secteurs (rive gauche et/ou droite). Si ce type de dispositif permet une atténuation de l'impact des activités agricoles, il ne le compense évidemment pas complètement.



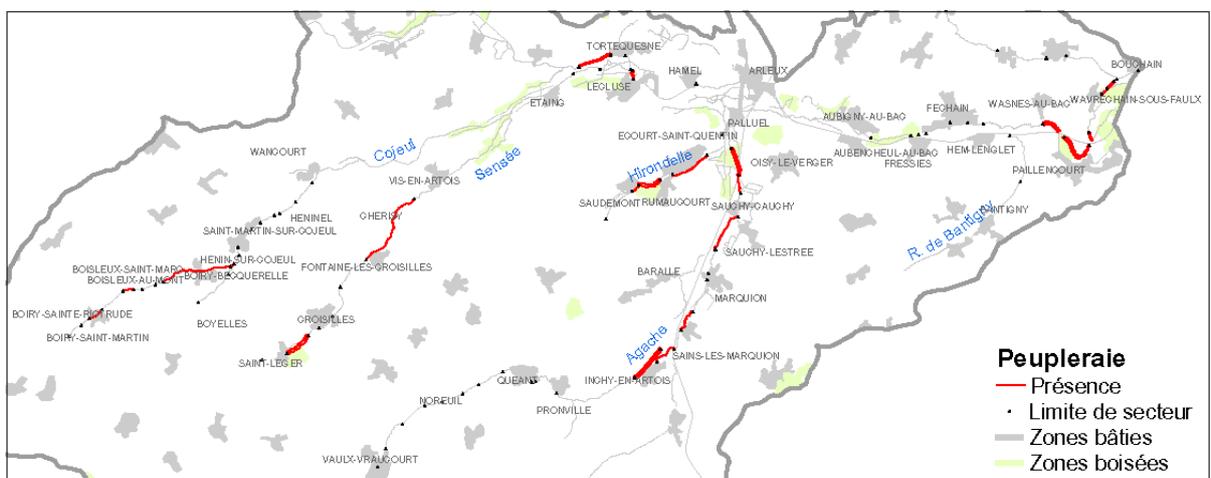
Quelques pompages placés directement dans les cours d'eau ont été relevés : sur l'Agache (3 à usage domestique et 1 à usage d'irrigation agricole), sur le Cojeul (1, à usage domestique) et la Sensée (1, à usage d'irrigation agricole).

5.5.2.2 Prairies pâturées



Les prairies pâturées présentes au long des cours d'eau sont presque toujours clôturées. Le piétinement des berges par le bétail qui a été relevé est le plus souvent localisé et serait assez simple à résorber.

5.5.2.3 Peupleraies



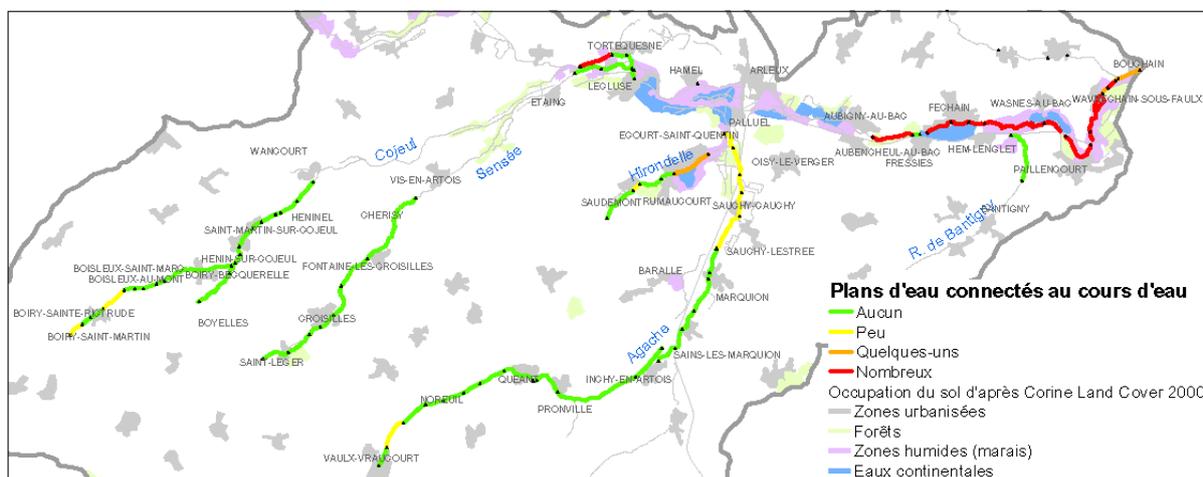
Des plantations de peupliers sont présentes sur plusieurs secteurs. Ce type de culture est pratiqué jusqu'à la berge et prend alors la place d'une ripisylve équilibrée. Les essences cultivées ne sont

pas adaptées au maintien des berges : leur enracinement superficiel rend les individus sensibles aux chablis et fragilise les berges vis-à-vis de l'érosion.

Installées en substitution à des prairies ou des boisements humides, elles présentent un intérêt écologiquement nettement moindre du fait de plusieurs paramètres :

- l'ombrage, défavorable aux espèces herbacées souvent diversifiées dans les prairies des lits majeurs,
- la monospécificité et le caractère équiennes des plantations (une seule variété d'espèce, âges des individus identiques), entraînant une faible diversité des habitats pour la faune notamment,
- l'importante quantité d'eau consommée par les arbres, provoquant ainsi une forte diminution du taux d'humidité du sol : les conditions écologiques moins rigoureuses entraînent une banalisation des cortèges d'espèces.

5.5.2.4 Plans d'eau

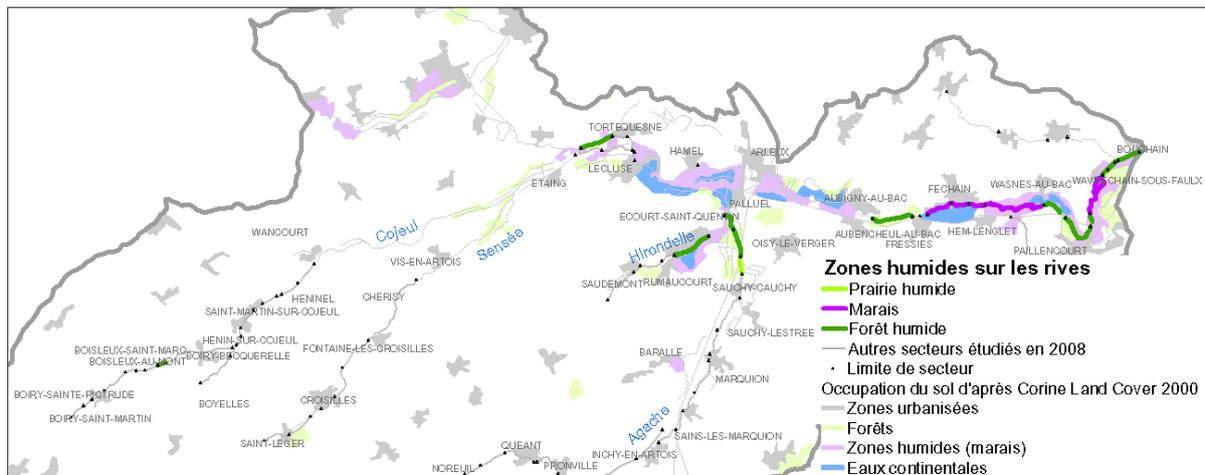


Les étangs sont rares sur les parties amont mais particulièrement nombreux sur les derniers km aval de la Sensée. Ils sont tous placés en parallèle (impact moindre qu'en série). Leur usage principal est généralement les loisirs (chasse et pêche surtout).

Les plans d'eau peuvent provoquer deux types de perturbations sur les cours d'eau dans lesquels leur trop-plein se rejette :

- perturbation physico-chimique : par le rejet d'eau de température plus élevée (perturbation de l'habitat de certaines espèces de poissons par exemple), chargée en nutriments (pisciculture intensive et extensive) et en matières en suspensions lors des vidanges (colmatage des substrats en aval, perturbation de la vie aquatique en général),
- perturbation biologique : contamination et banalisation des peuplements pisciaires autochtones par les individus élevés ou se développant spontanément dans les plans d'eau (espèces d'eau stagnante ou de faible courant).

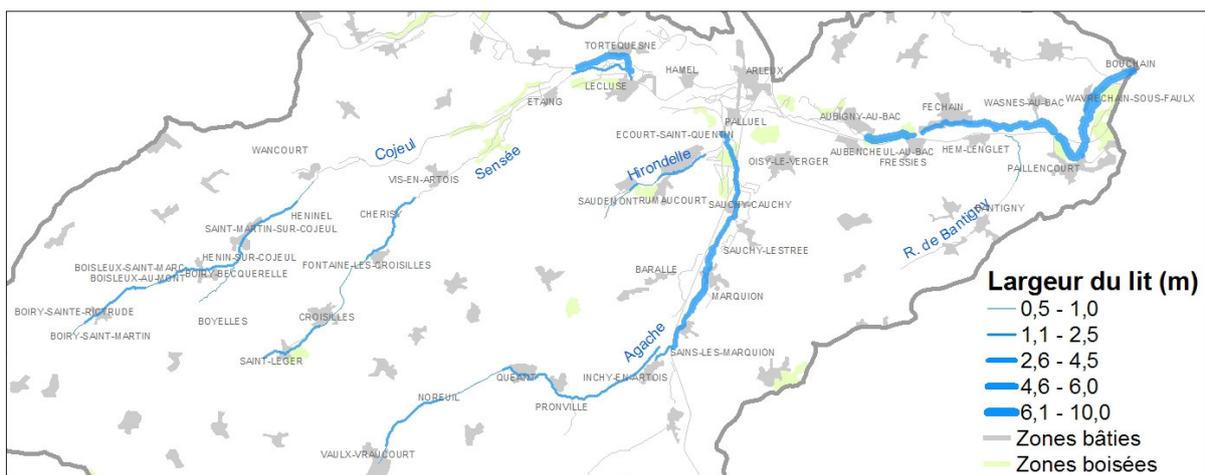
5.5.2.5 Espaces remarquables liés à l'eau



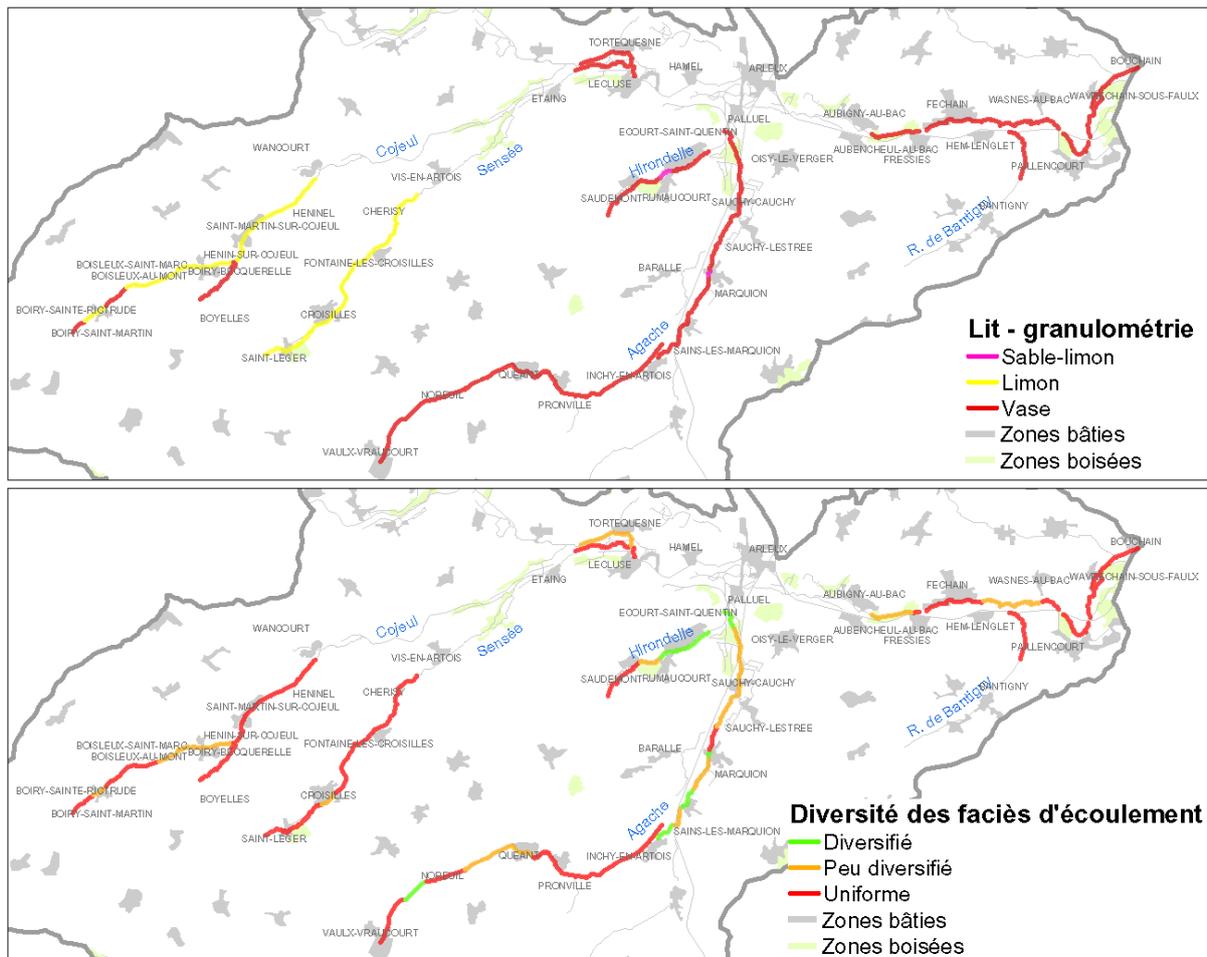
De nombreuses zones humides en relation avec le cours d'eau ont été relevées lors des prospections sur les parties aval de la Sensée et de l'Agache. Ce type d'espace présente plusieurs atouts : ils accueillent généralement des cortèges d'espèces végétales et animales spécifiques à des conditions rigoureuses (engorgement du sol...), peu communes, disposent d'une capacité de rétention de l'eau et de soutien d'étiage, permettent un tamponnement des crues (expansion sans dommages, infiltration facilitée)... Ce sont des milieux à préserver mais également à gérer. Plusieurs sites ont d'ores et déjà fait l'objet d'études spécifiques.

5.5.3 Morphologie du lit mineur et des berges

5.5.3.1 Largeur, granulométrie et faciès d'écoulement du lit mineur

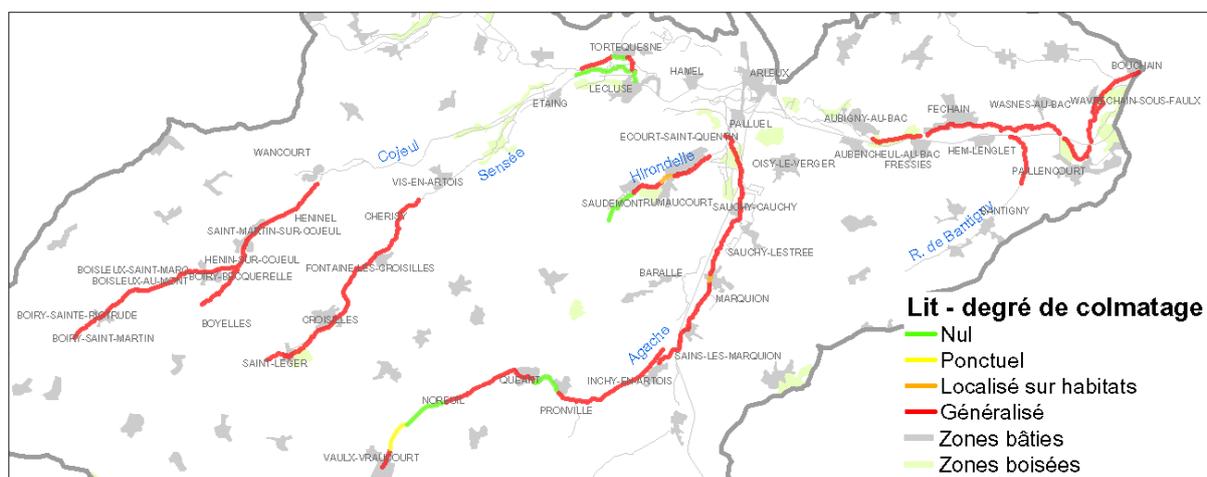


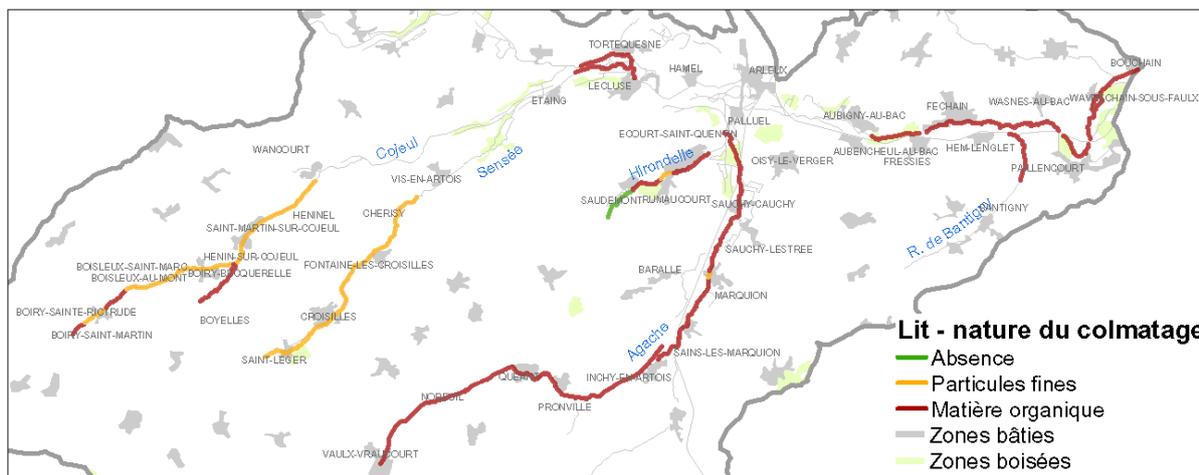
La largeur du lit varie entre 50 cm et 10 m à l'aval. Les parties les plus étroites ne sont pas toujours situées sur les secteurs les plus amont, et le lit est souvent surdimensionné au vu des écoulements constatés sur le terrain et de la végétation présente (hélrophytes en particulier).



Le lit mineur offre une très faible qualité d'habitat physique. La granulométrie est au mieux de la dimension des limons (parties amont de la Sensée et du Cojeul), et le plus souvent de type vase. Les écoulements sont presque toujours uniformes ou peu diversifiés, avec un régime d'écoulement lentique. Le cours d'eau le moins dégradé de ce point de vue est l'Agache, dont quelques secteurs offrent encore une bonne diversification.

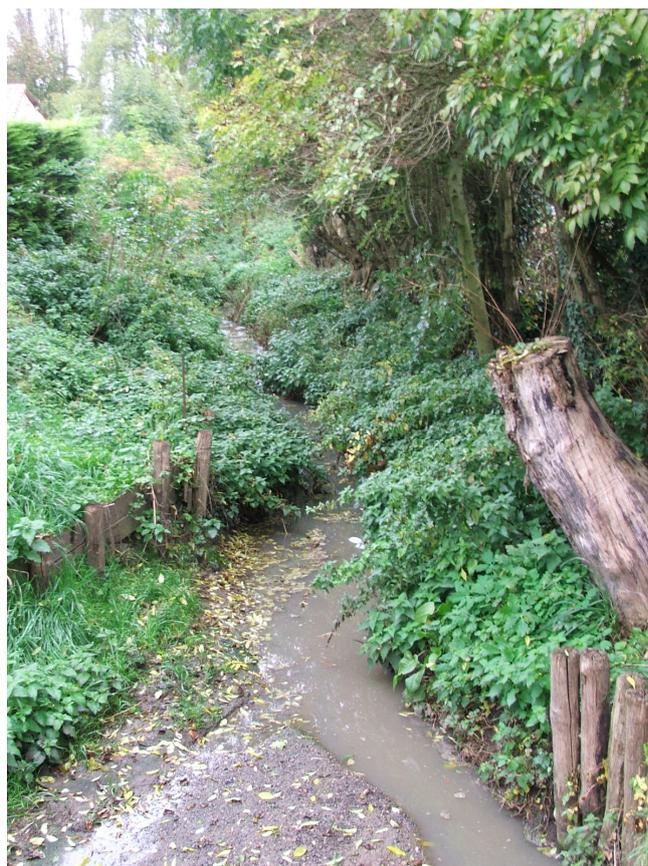
5.5.3.2 Colmatage



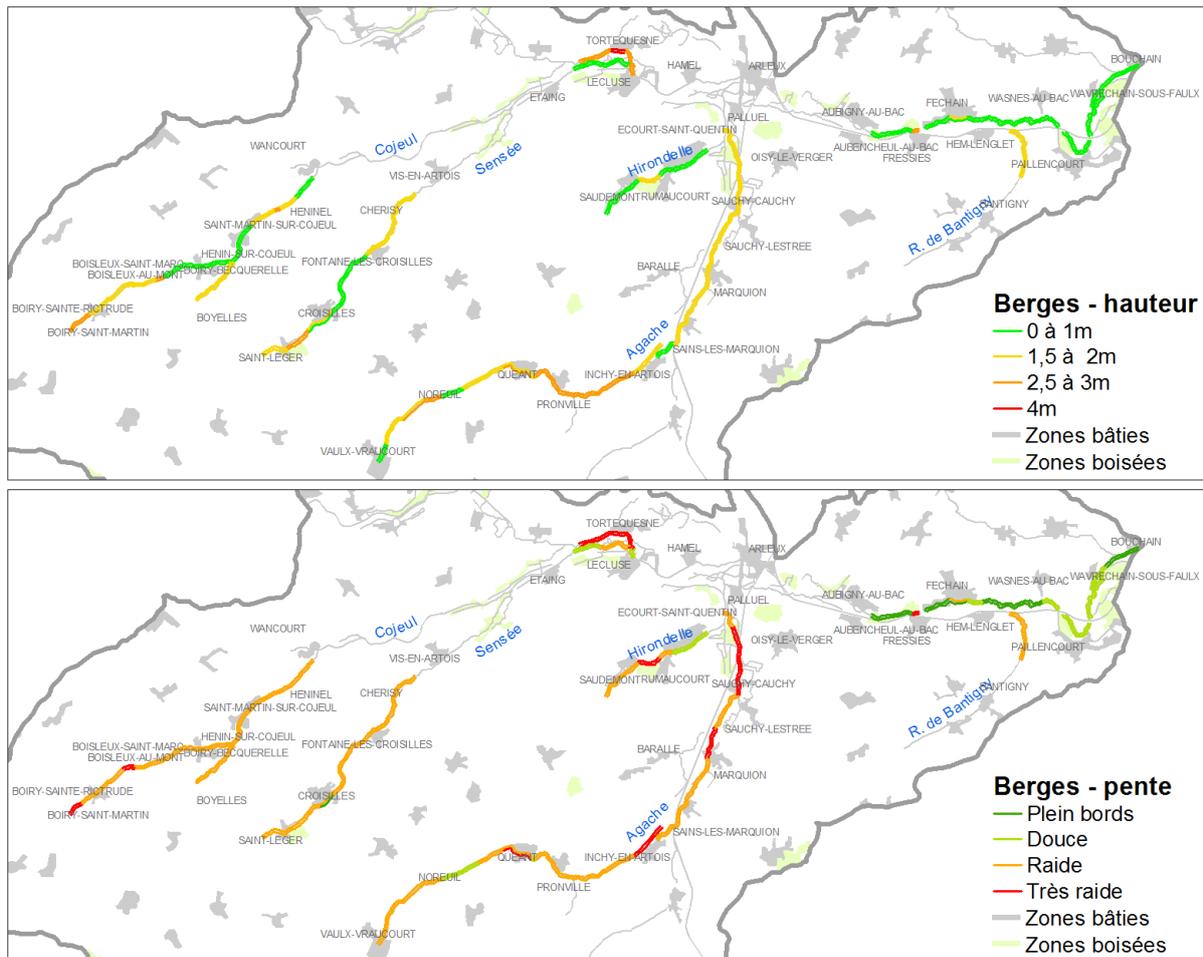


Le fond du lit mineur constitue l'interface entre le substrat et l'eau courante. La faune qui s'y développe (faune benthique) a notamment des fonctions autoépuratrices (filtration de l'eau...) et trophiques (nourriture pour les poissons et les oiseaux aquatiques en particulier).

Les lits mineurs sont colmatés sur la totalité du linéaire (lorsqu'il y a présence d'eau dans le lit), par les matières organiques (vases) ou par les matières minérales fines (limon). L'interface substrat/eau est donc fortement perturbée et offre peu d'habitats propices à la faune et la flore.

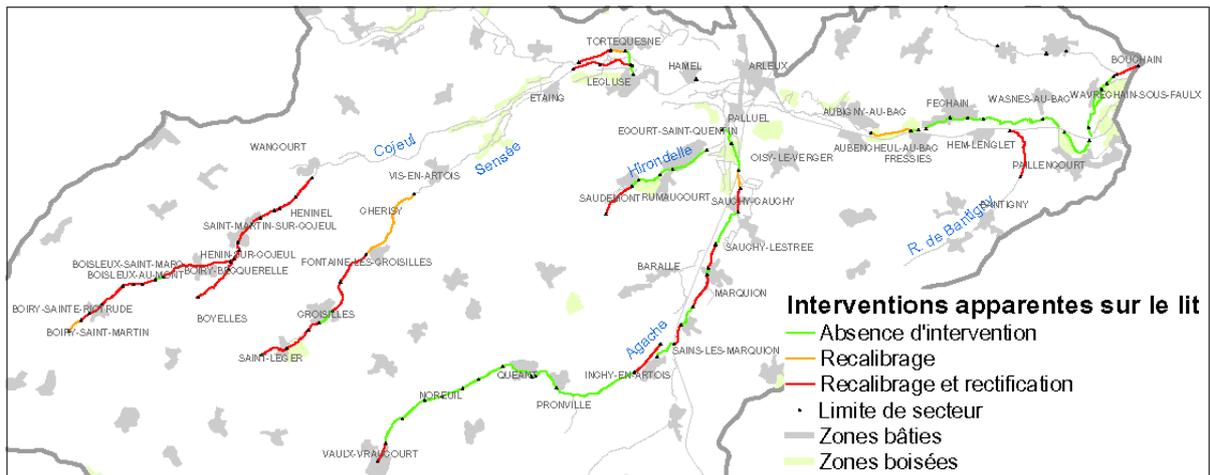


5.5.3.3 Hauteur et pente des berges, interventions humaines apparentes (recalibrage...)



La plupart des secteurs amont (et la quasi-totalité du linéaire de l'Agache) ont des berges hautes (plus de 1,5m) et raides. Cette forme n'est généralement pas d'origine naturelle, mais fait suite à des interventions à vocation hydraulique visant à améliorer la valeur agronomique des terres voisines :

- curage et recalibrage : approfondissement et élargissement du lit mineur, ayant aussi pour effet de gommer une partie des sinuosités et de la diversité des formes des berges et du fond,
- rectification : remplacement du cours naturel sinueux par un tracé rectiligne.

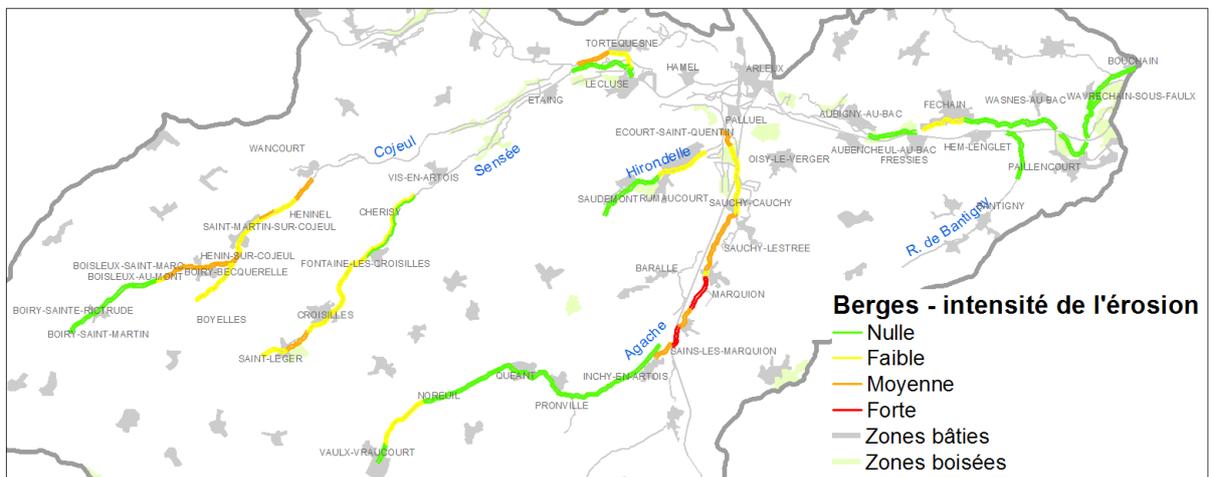
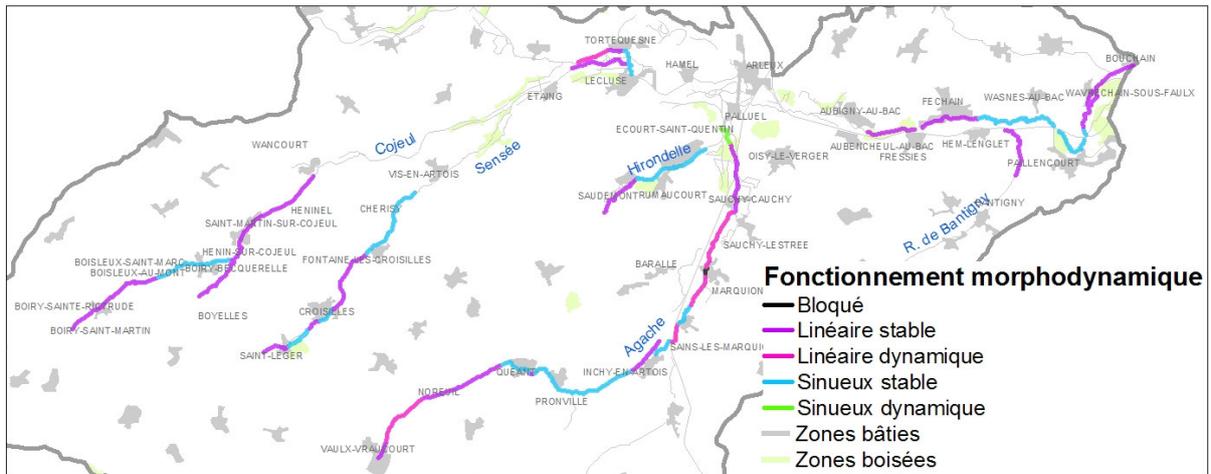


La dégradation de la morphologie du lit et des berges suite à des travaux de curage/recalibrage et de rectification, notamment dans des secteurs à forte emprise agricole est observée sur plus de la moitié du linéaire parcouru (40 km sur 78). Les cours d'eau s'y apparentent souvent à des fossés drainants. Les parties les moins affectées sont la moitié amont de l'Agache puis son cours aval par intermittence, l'Hirondele excepté son premier secteur amont ainsi que l'aval de la Sensée.

Cette dégradation est également due aux aménagements « sauvages » de berges, à un manque d'entretien de la ripisylve, à un manque total de ripisylve (berges non tenues) ou à la présence de terriers de ragondins, espèce exotique indésirable assez courante sur les secteurs prospectés.



5.5.3.4 Morphodynamique et érosion



Le fonctionnement morphodynamique est la façon dont le régime des écoulements modèle le lit et les berges. Ce modelage se fait par le biais des phénomènes érosion/sédimentation. Il ne témoigne pas en lui-même d'un dysfonctionnement mais fait partie de la vie normale du cours d'eau ; il est source de diversité d'habitats pour la faune et la flore : écoulements, granulométrie, atterrissements, profils de berges variés... Les phénomènes peuvent être toutefois perturbés par les interventions humaines : le surdimensionnement des lits par rapport au débit peut limiter ou modifier la capacité de l'eau à modifier les berges et le fond et à restaurer une diversité de milieux ; un tracé rectiligne conduira à une érosion latérale en continu et/ou à une incision du lit (effondrements de berges, colmatage du fond par les fines...).

Ces phénomènes ne sont que très localement complètement bloqués sur les secteurs prospectés (uniquement sur l'Agache dans la traversée de Marquion). Le fonctionnement morphodynamique est jugé relativement stable (selon un tracé linéaire pour 2/3 des secteurs concernés et sinueux pour 1/3) sur la grande majorité du cours : 87 % du linéaire des secteurs. Ceci résulte du faible débit et du surdimensionnement des lits.

Le fonctionnement sinueux dynamique, source de la plus grande diversité d'habitats (érosion dans les concavités de méandres, dépôts dans les convexités) n'existe que sur 760 m à l'aval de

l'Agache. Sur 8,5 km, un fonctionnement linéaire dynamique est observé. Ces secteurs sont principalement ceux de l'Agache.

L'érosion peut être localement d'intensité moyenne tout au plus sur les secteurs jugés stables. Les seuls secteurs où elle est forte sont des secteurs rectilignes recalibrés/rectifiés de l'Agache. Elle s'exerce principalement dans les méandres pour les secteurs sinueux, et de façon latérale ou sur le fond du lit (incision) pour les secteurs linéaires. Dans ce second cas, elle conduit généralement à une aggravation des dysfonctionnements morphologiques, et rarement à une amélioration de la diversité des habitats et à une « récupération naturelle » du milieu.

5.5.3.5 Ouvrages hydrauliques

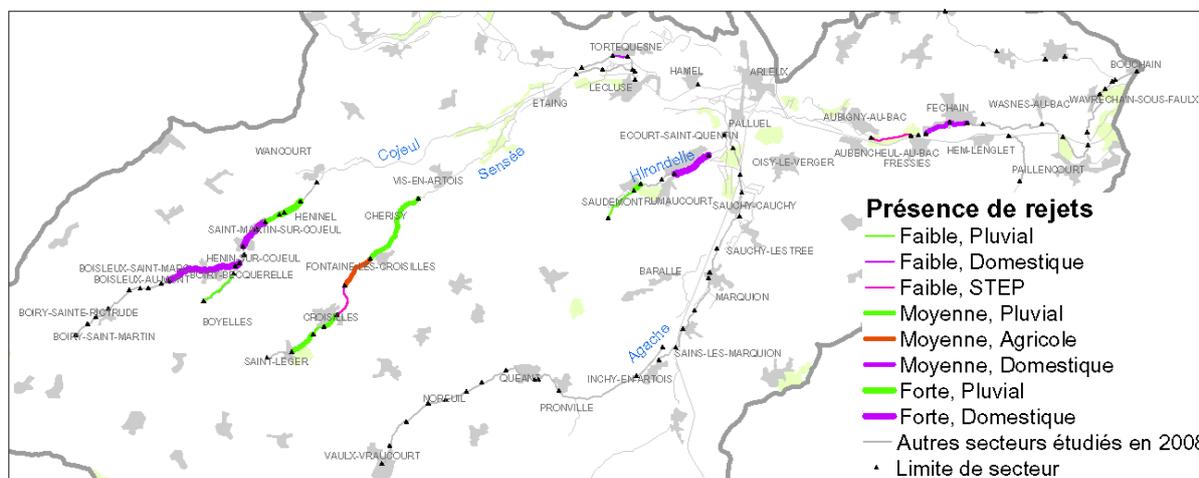
Citée dans les études antérieures et plans de gestion des cours d'eau du territoire, la problématique des ouvrages hydrauliques (seuils ou barrages) infranchissables est très peu développée sur le territoire du présent état des lieux : un seul ouvrage, jugé franchissable en hautes eaux, a été recensé. Il est placé sur l'Agache au niveau de Sains-les-Marquions (secteur Aga15).

On note par ailleurs la présence de très nombreuses buses et de passages en siphon qui limitent voire interdisent la libre circulation des poissons. (Aucun poisson n'a par ailleurs été vu lors des prospections).



5.5.4 Sources de pollution

5.5.4.1 Rejets dans les cours d'eau

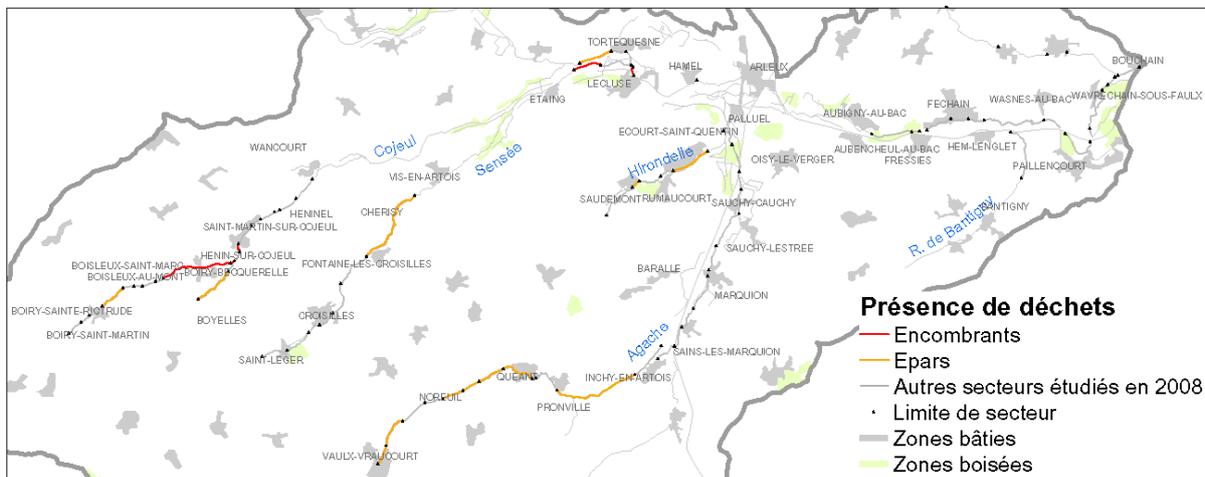


Les analyses physico-chimiques permettent de quantifier la qualité chimique des eaux mais bien souvent, une simple analyse visuelle permet d'affirmer qu'elle est un frein considérable à l'implantation de la faune (poissons en particulier) et à l'atteinte du bon état écologique en général. On dénombre encore beaucoup de rejets directs dans le cours d'eau, d'origine domestique ou industrielle, et de nombreux témoignages de riverains attestent du déficit en terme d'assainissement sur le territoire ; le problème est d'autant plus important lors de forts épisodes pluvieux (déversement direct des réseaux d'assainissement par les déversoirs d'orages). Les tronçons les plus concernés par des rejets à caractère polluant évident sont le Cojeul amont, la Sensée amont, l'Hirondelle aval et la Sensée aval.





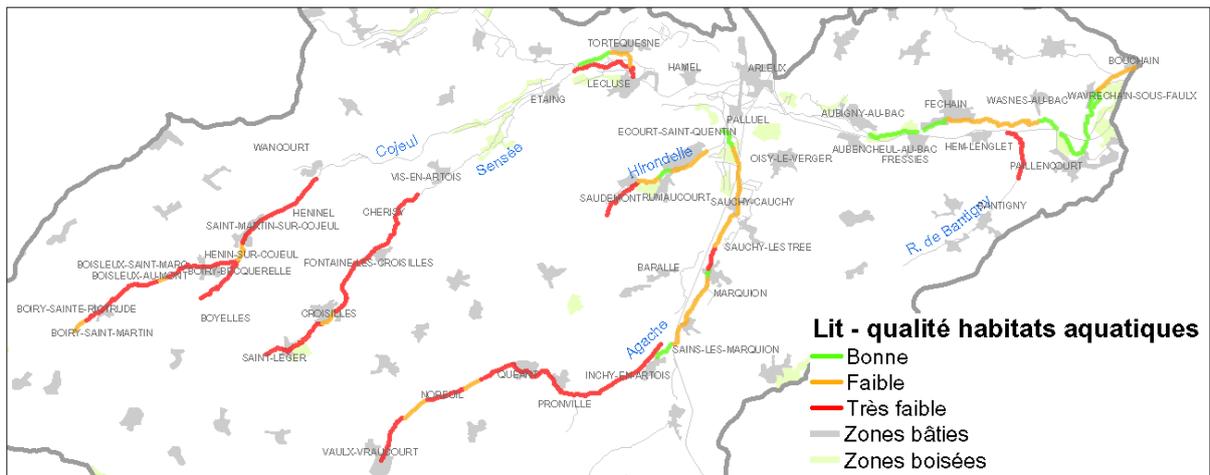
5.5.4.2 Déchets



Les déchets ont un impact négatif triple : ils sont source de pollution pour le milieu, leur accumulation crée des encombrés modifiant les écoulements, enfin ils incitent les riverains et usagers à considérer le cours d'eau comme un dépotoir ou un collecteur d'ordures.

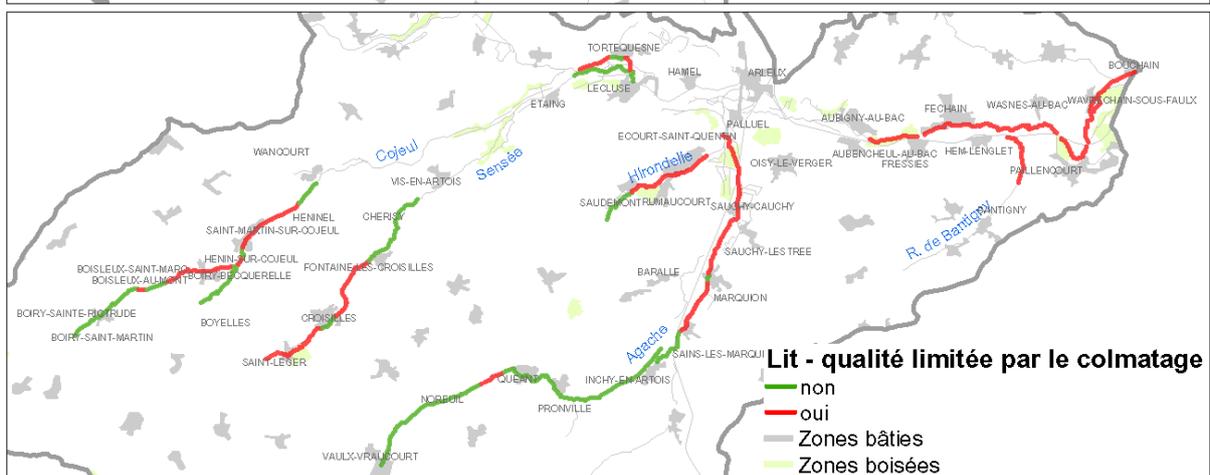
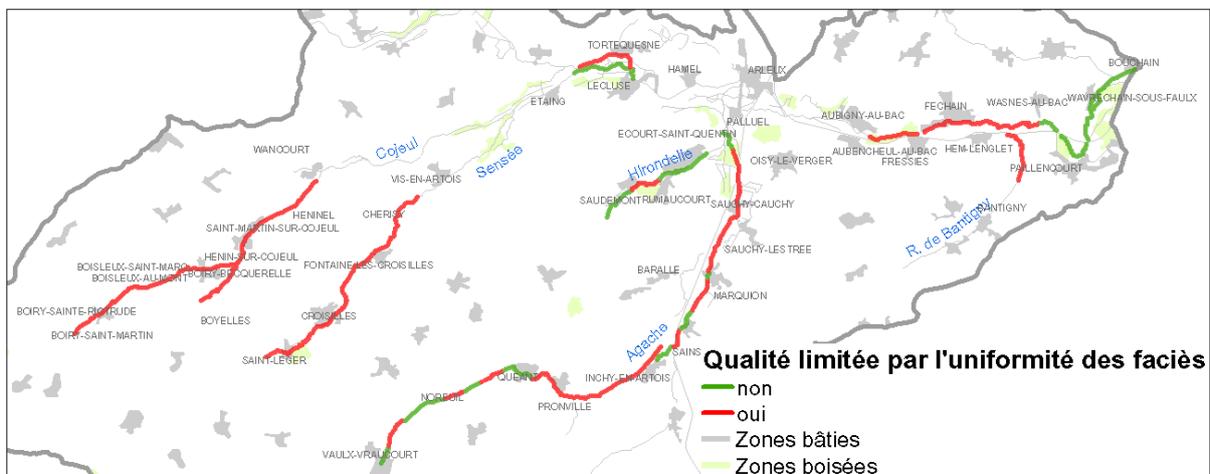
Des déchets épars ont été relevés sur 13 secteurs, principalement dans les parties amont. Sur 4 secteurs des déchets encombrants ont été notés.

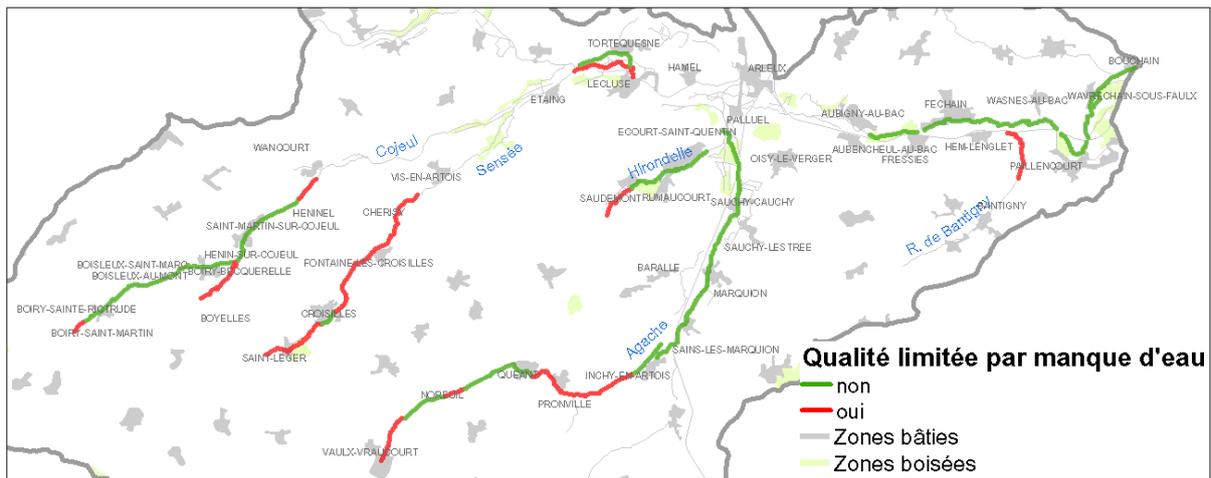
5.5.5 Synthèse sur la qualité des milieux



La qualité des habitats aquatiques est évaluée principalement pour les poissons, considérés comme de bons intégrateurs des différents paramètres de milieu par leur position au sommet de la chaîne alimentaire aquatique. En lien avec les différents dysfonctionnements évoqués précédemment, cette qualité est jugée très faible à faible sur la majorité du linéaire.

Différents facteurs se complètent géographiquement et cumulent leurs effets, aboutissant à ce constat négatif généralisé :

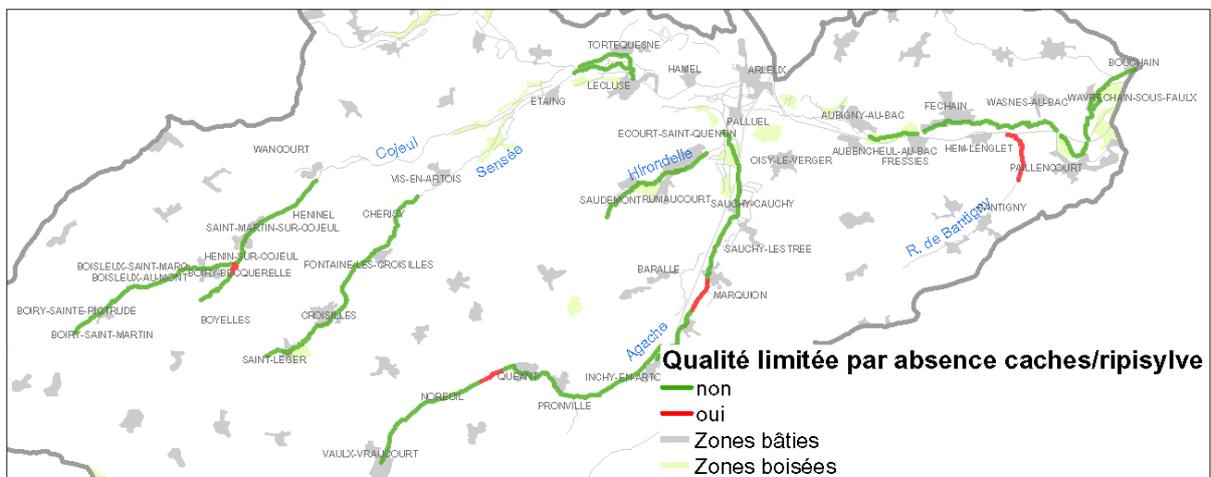




Ce sont l'uniformité des faciès, le colmatage et le faible débit qui constituent les facteurs limitants les plus importants, comme cela a été évoqué.



La pollution apparente ne se limite malheureusement pas aux seuls secteurs où ont été relevés des rejets. La forte charge en nutriments et autres produits polluants en provenance de l'agriculture, des effluents domestiques et industriels a un impact plus étendu.



A noter enfin que la dégradation importante de la ripisylve (absence, discontinuité) est un facteur aggravant majeur de l'ensemble des facteurs évoqués de par son rôle de filtre des polluants en provenance du bassin versant, son rôle dans l'autoépuration des eaux du cours d'eau lui-même

(support pour les micro-organismes, assimilation directe), sa fonction d'habitat (aquatique, aérien et d'interface), son rôle de stabilisation des berges (lutte contre l'érosion linéaire et le colmatage) et l'ombrage qu'elle porte (limitation de la photosynthèse et des proliférations végétales dans les lit mineur).

Le programme d'actions à mettre en œuvre dans la Partie 5 de l'étude devra donc s'attacher à résorber ces dysfonctionnements, à travers des opérations pilotes dans un premier temps (interventions sur la morphologie, le débit ?) ou généralisées d'emblée lorsque cela sera possible (restauration de ripisylve, programme d'assainissement...).

6 ANALYSE CLIMATOLOGIQUE : PLUVIOMETRIE

La pluviométrie du bassin-versant de la Sensée est analysée sur la base de deux lots de données :

- Des relevés des valeurs de précipitations effectués de 1990 à 2008 par Météo France sur le poste de Wancourt.
- Des relevés de précipitations sur les postes de Bouchain, Achiet-le-Grand, Epinoy, Marquion, Wancourt, Pronville, Douchy-les-Ayettes et St Léger. Ceux-ci s'étalent sur la période d'octobre 2005 à mai 2008 et sont constitués par des relevés Météo France et par des relevés par l'Institution Interdépartementale de la Vallée de la Sensée.

La première série de données étant de longue durée, elle permet d'analyser l'évolution des précipitations dans le temps. La seconde série de données offre un réseau de mesures dense mais une chronique de courte durée sur l'ensemble du bassin-versant superficiel de la Sensée. Il permet d'observer la répartition spatiale des pluies.

⚠ L'unité de temps employée dans les analyses n'est pas l'année calendaire, mais l'année hydrologique. Une année hydrologique est comprise entre deux périodes d'étiages consécutifs (du 1^{er} septembre de l'année n-1 au 31 août de l'année n). Ainsi, l'année hydrologique 2008 a commencé le 1^{er} septembre 2007 et s'est finie le 31 août 2008.

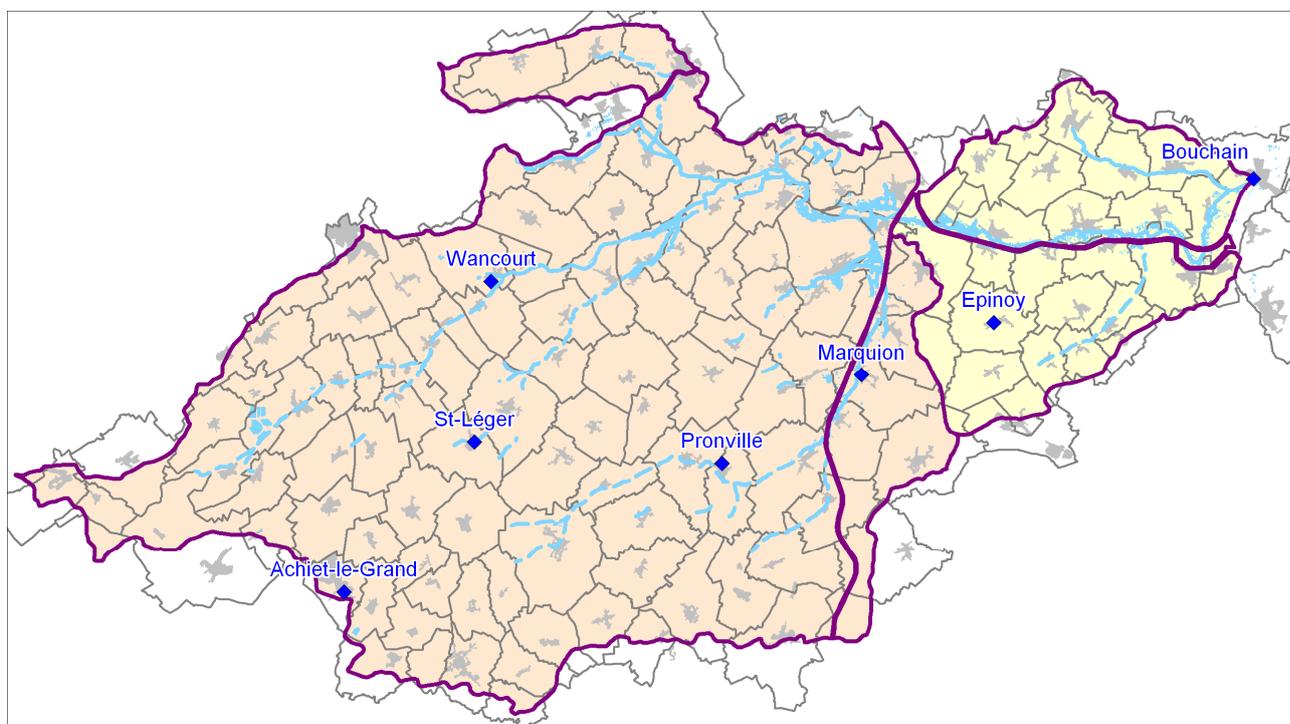


Figure 20 Localisation des pluviomètres

6.1 ANALYSES STATISTIQUES 1990-2008

Les précipitations relevées au poste de Wancourt sont comprises entre 468 mm/an (en 1990) et 1066 mm/an (en 2001). **La moyenne annuelle est de 744 mm** sur la période de 1990 à 2008 (années hydrologiques).

La Figure 21 présente les valeurs mensuelles et les valeurs mensuelles moyennes de la pluviométrie au poste de Wancourt sur la période 1990-2008.

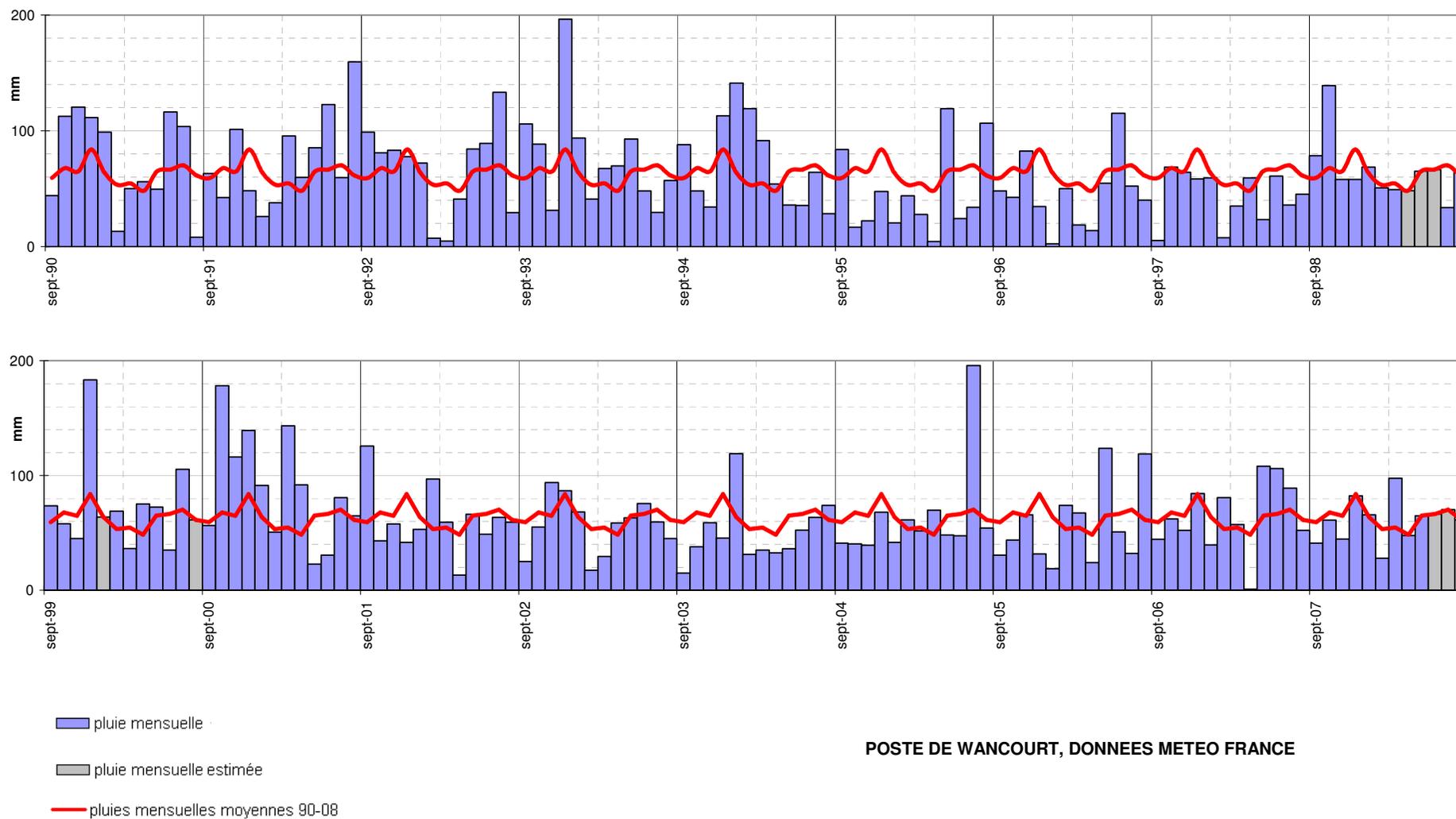


Figure 21 Pluviométrie mensuelle, années hydrologiques 1991-2008, poste de Wancourt

Une analyse statistique des valeurs de pluviométrie a été effectuée sur les valeurs annuelles relevées de 1990 à 2008. Les périodes de retour des évènements humides et secs sont présentées dans le Tableau 5. L'année hydrologique 2003, malgré sa réputation de sécheresse, présente une période de retour comprise entre 2 et 5 ans avec une pluie nette totale de 678 mm, ce qui ne lui confère pas un caractère exceptionnel.

A ce jour, les 3 ans de mesure effectués par l'Institution Interdépartementale de la Vallée de la Sensée s'étalent entre fin 2005 et fin 2008. Elles ont eu lieu au cours des années hydrologiques 2006, 2007 et 2008, c'est-à-dire au cours d'années moyennes du point de vue de la pluviométrie, 2007 étant légèrement humide.

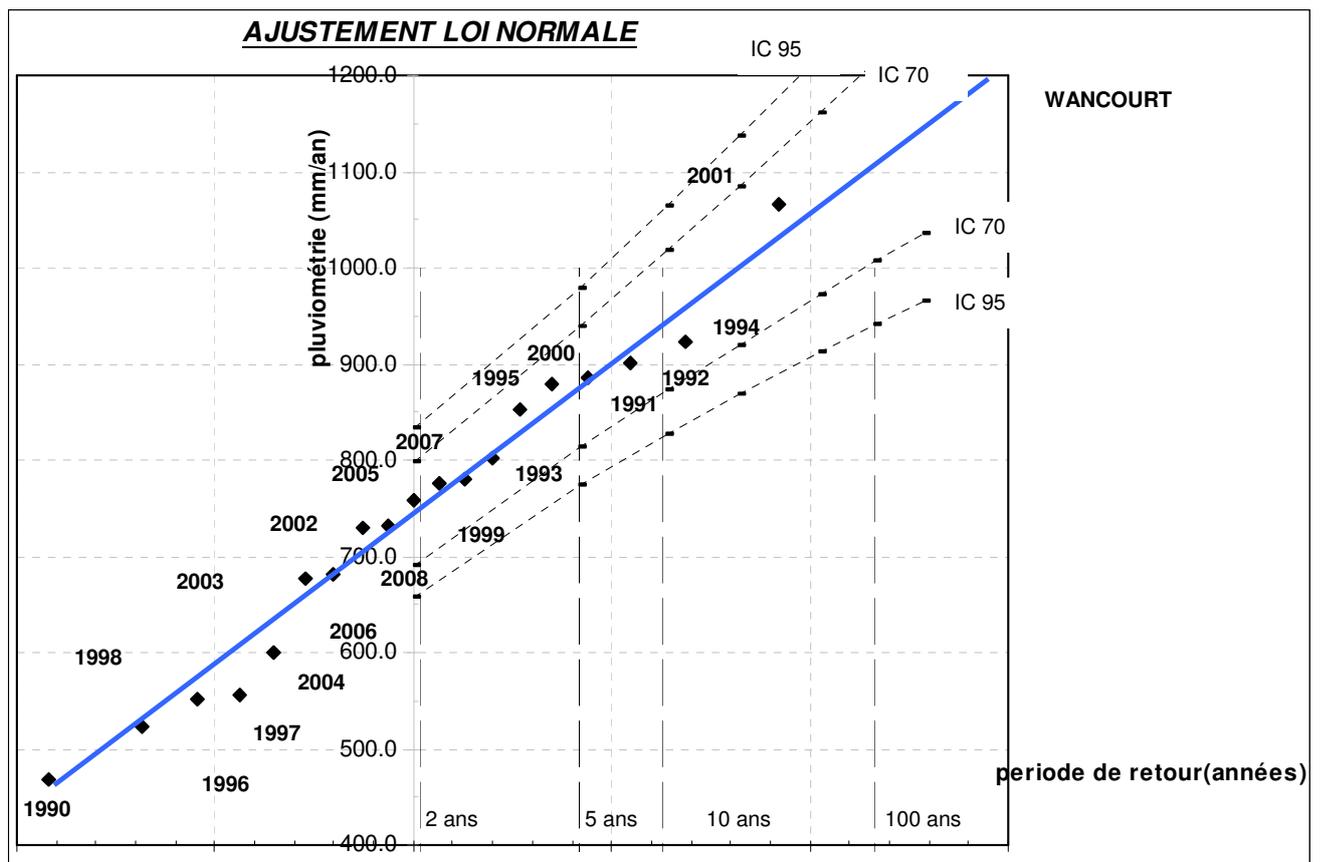


Figure 22 Ajustement statistique à une loi normale pour l'évènement pluvieux

Période de retour	Valeur des précipitations (mm/an)	
	Evènement sec	Evènement humide
2 ans	740	740
5 ans	610	880
10 ans	540	950
20 ans	490	1000
50 ans	420	1070
100 ans	380	1110

Tableau 5 Période de retour théorique (loi normale) des évènements pluviométriques

6.2 REPARTITION DE LA PLUVIOMETRIE SUR LE BASSIN-VERSANT

Les mesures effectuées d'octobre 2005 à mai 2008 nous permettent d'analyser la répartition spatiale des précipitations sur les années hydrologiques 2006 (1 sept. 2005 au 31 août 2006) et 2007 (1 sept. 2006 au 31 août 2007) : Figure 23 et Figure 24.

Les valeurs de précipitations annuelles s'étalent entre 800 et 600 mm pour 2006 et entre 900 et 700 mm pour 2007. On distingue un gradient pluviométrique sud-ouest/nord-est pour les deux années d'observations. Le long de ce gradient, on observe les faits suivants :

- Le maximum de précipitations se retrouve sur la crête topographique au sud-ouest.
- Les valeurs de précipitations baissent rapidement vers St Léger, puis doucement en direction de la vallée de la Sensée.
- La vallée de la Sensée est moins arrosée et semble connaître de moins grandes variations interannuelles. Cette observation serait à confirmer sur une chronique plus longue.

On retiendra qu'on observe un dénivelé de 100 à 200 mm de pluie annuelle le long d'un axe sud-ouest/nord-est, la ligne de crête au sud du bassin-versant étant la plus arrosée.

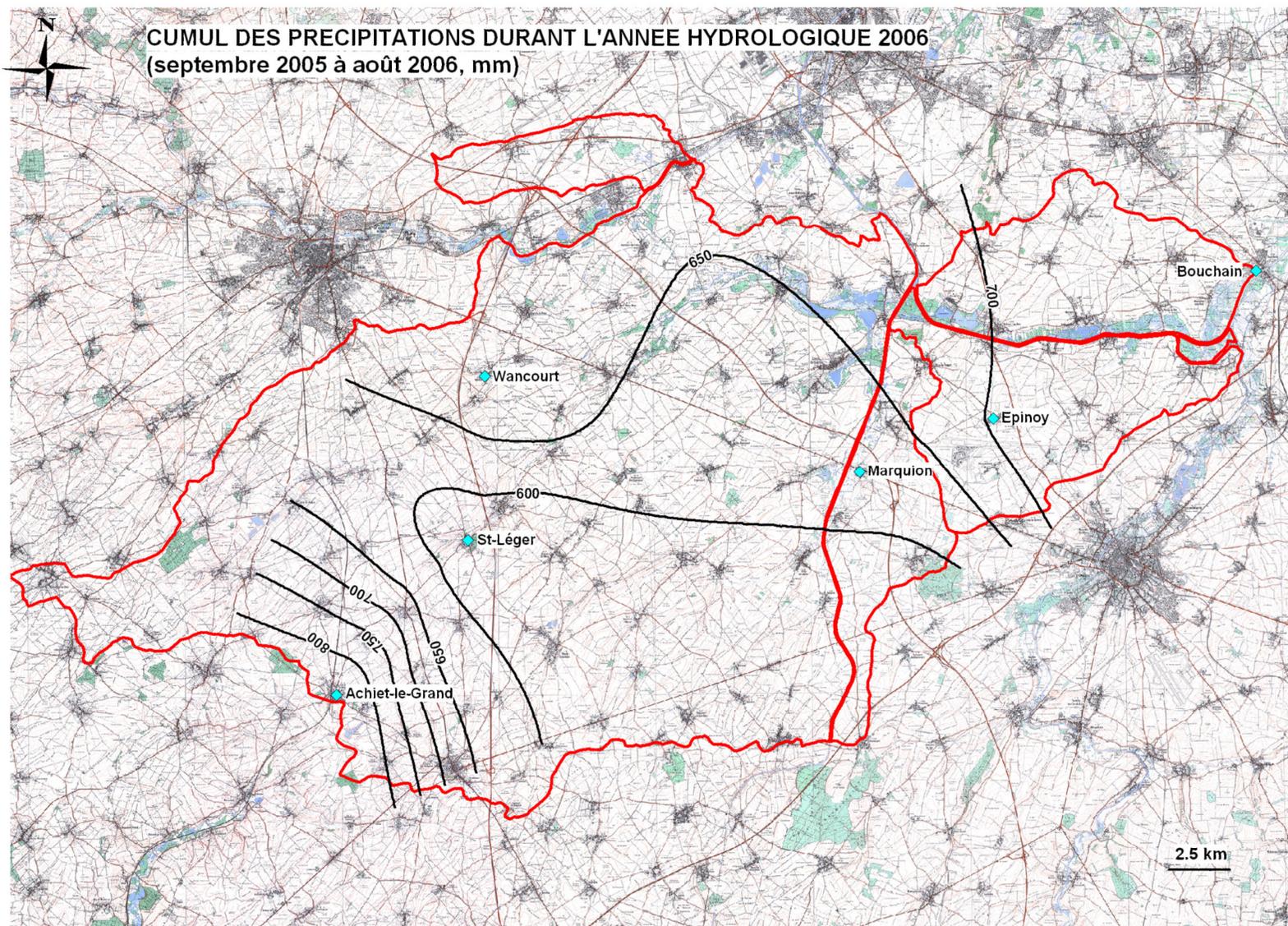


Figure 23 Répartition spatiale du cumul des précipitations sur l'année hydrologique 2006

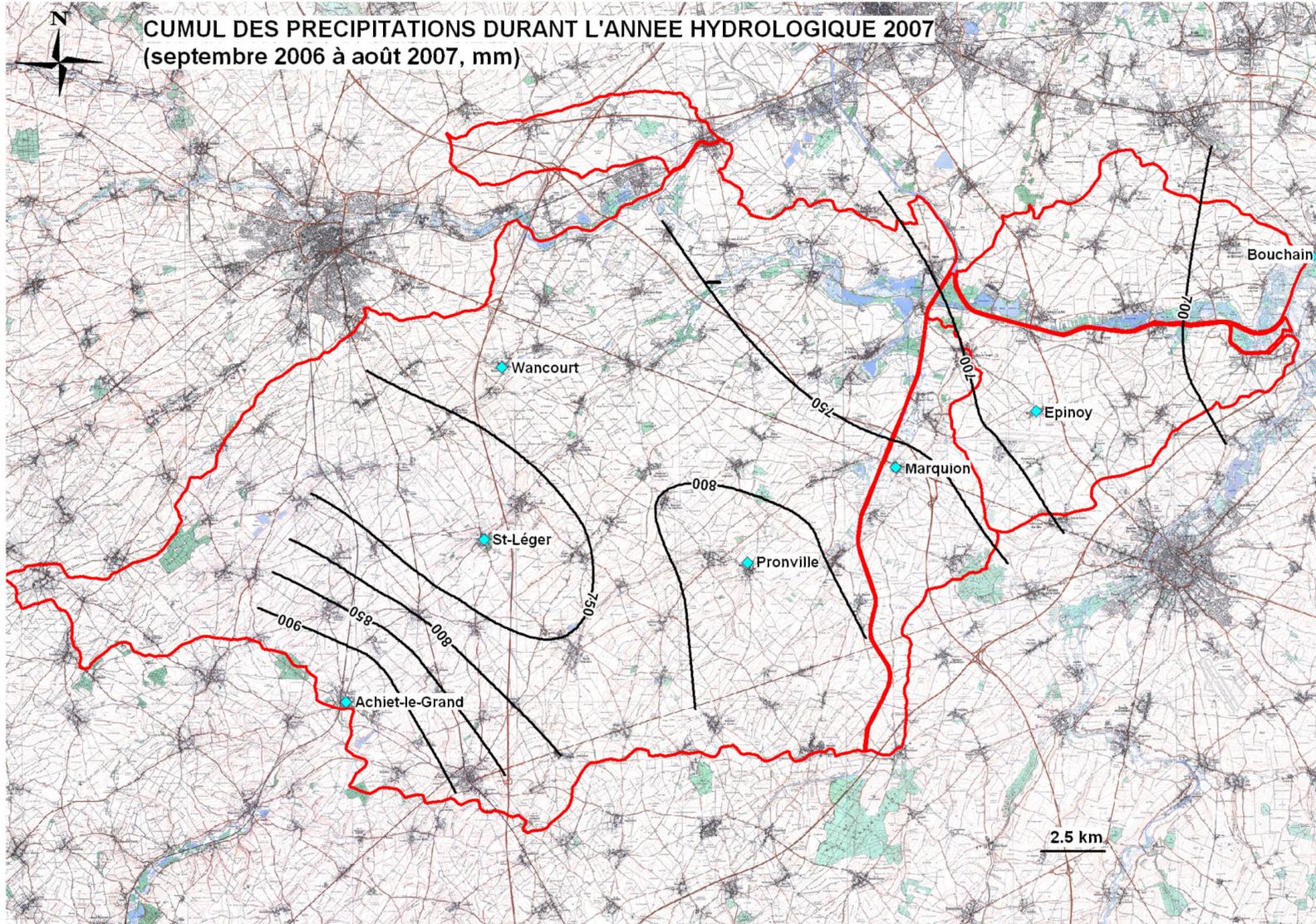


Figure 24 Répartition spatiale du cumul des précipitations sur l'année hydrologique 2007

6.3 PLUIES UTILES

La compréhension des principes de base du bilan hydrique étant nécessaire, la partie qui suit s'attache à en expliquer les grandes lignes.

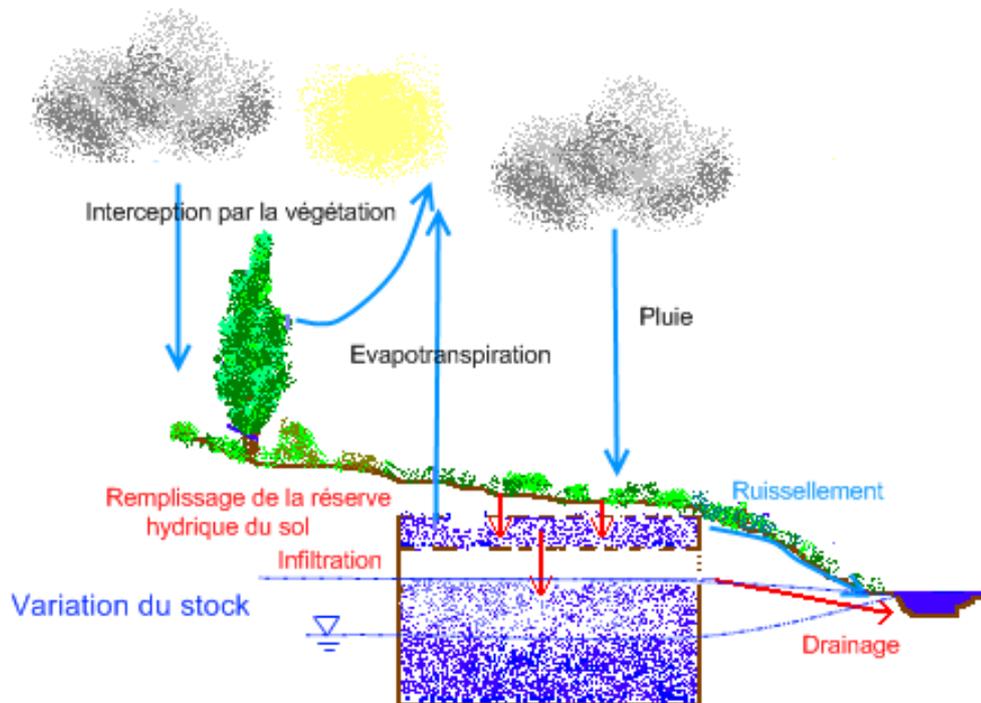


Figure 25 Principe du bilan hydrique

Avant d'atteindre la surface du sol, une partie des précipitations est interceptée par la végétation. La pluie qui atteint la surface du sol s'infiltré dans la zone non saturée du sol. L'eau contenue dans le sol peut être mobilisée par la végétation (évapotranspiration), stockée dans la zone non saturée du sol, ruisseler à la surface du sol ou s'infiltrer vers la zone saturée où elle sera mobilisée dans les écoulements souterrains.

Pour cerner les différents éléments de ce cycle, on définit les termes suivants :

- ➔ **Pluie nette**: sa valeur est connue au travers des **données pluviométriques**. Il s'agit de la pluie qui atteint le sol soit directement, soit par égouttage de la végétation, soit par écoulement le long des troncs.
- ➔ **Pluie utile** : Portion des précipitations qui contribue à la recharge des réserves en eau du sol. C'est la différence entre la pluie et la quantité d'eau évaporée (ETP).
- ➔ **Pluie efficace** : Une partie de la pluie utile sert à reconstituer la réserve en eau des sols (réserve hydrique). La pluie efficace est égale à la pluie utile diminuée de cette fraction servant au remplissage de la réserve hydrique. Elle est génératrice des écoulements superficiels et/ou de la recharge de l'aquifère.
- ➔ **La réserve hydrique** est localisée dans la tranche superficielle du sol. Elle correspond à la quantité d'eau dont la végétation peut disposer pour assurer son alimentation en eau en l'absence de précipitation. Sa valeur dépend de la capacité de rétention et de l'épaisseur du sol.

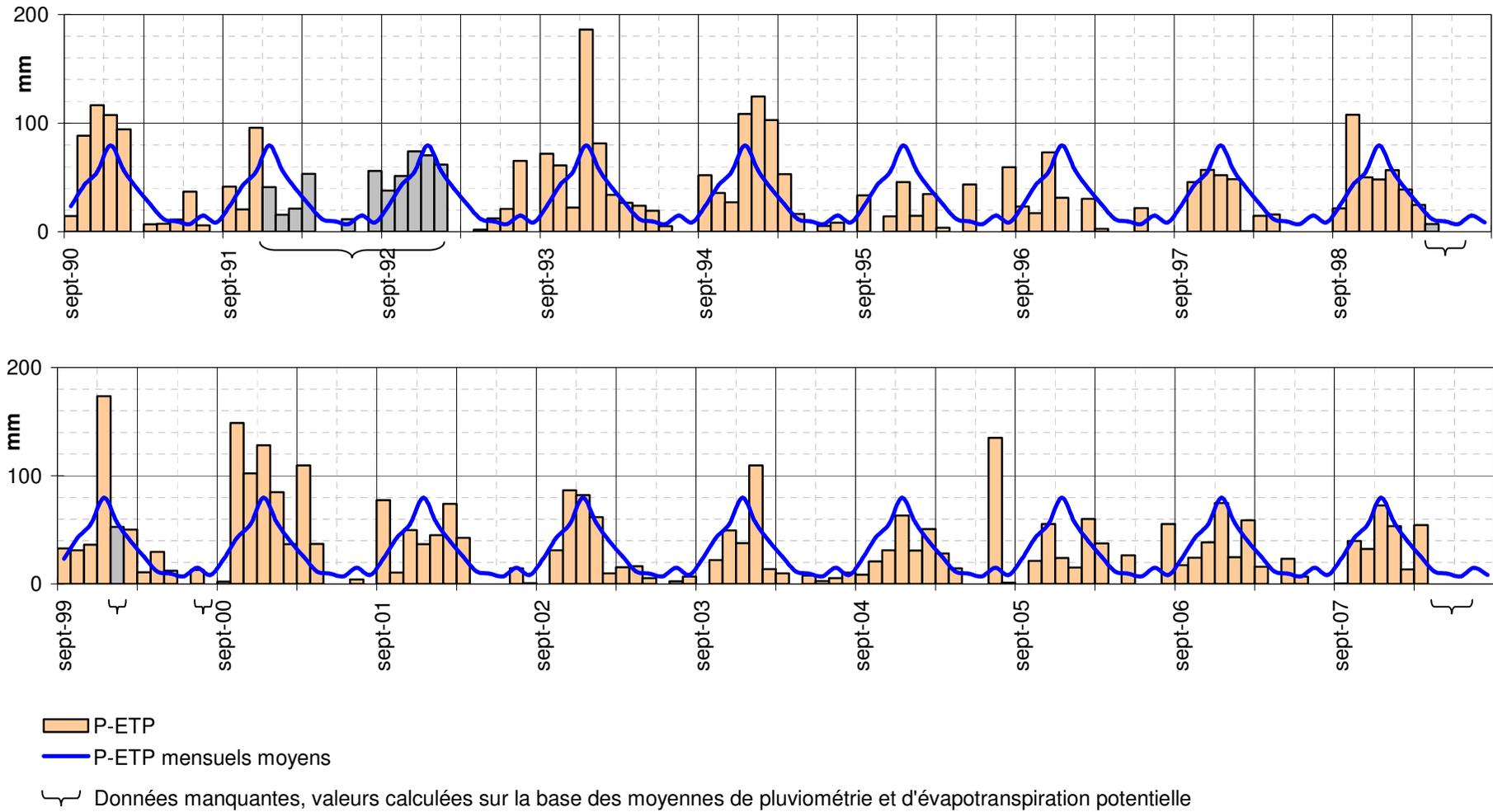


Figure 26 Pluie utile, années hydrologiques 1991-2008, poste de Wancourt

Sur le poste de Wancourt, nous disposons de valeurs d'évapotranspiration potentielle fournies par Météo France. Celles-ci permettent de déterminer les valeurs de pluie utile sur cette période (Figure 26). **Les pluies utiles atteignent en moyenne 367 mm/an, soit 48% des précipitations brutes.**

▪ **Répartition annuelle**

Comme le montre la Figure 27, la répartition des pluies utiles au cours d'une année hydrologique moyenne est différente de celle des pluies brutes mesurées :

- ➔ **D'avril à septembre**, les pluies utiles sont faibles, la majeure partie des précipitations étant directement évaporées,
- ➔ **D'octobre à mars**, les pluies utiles sont fortes, voire très fortes en décembre.

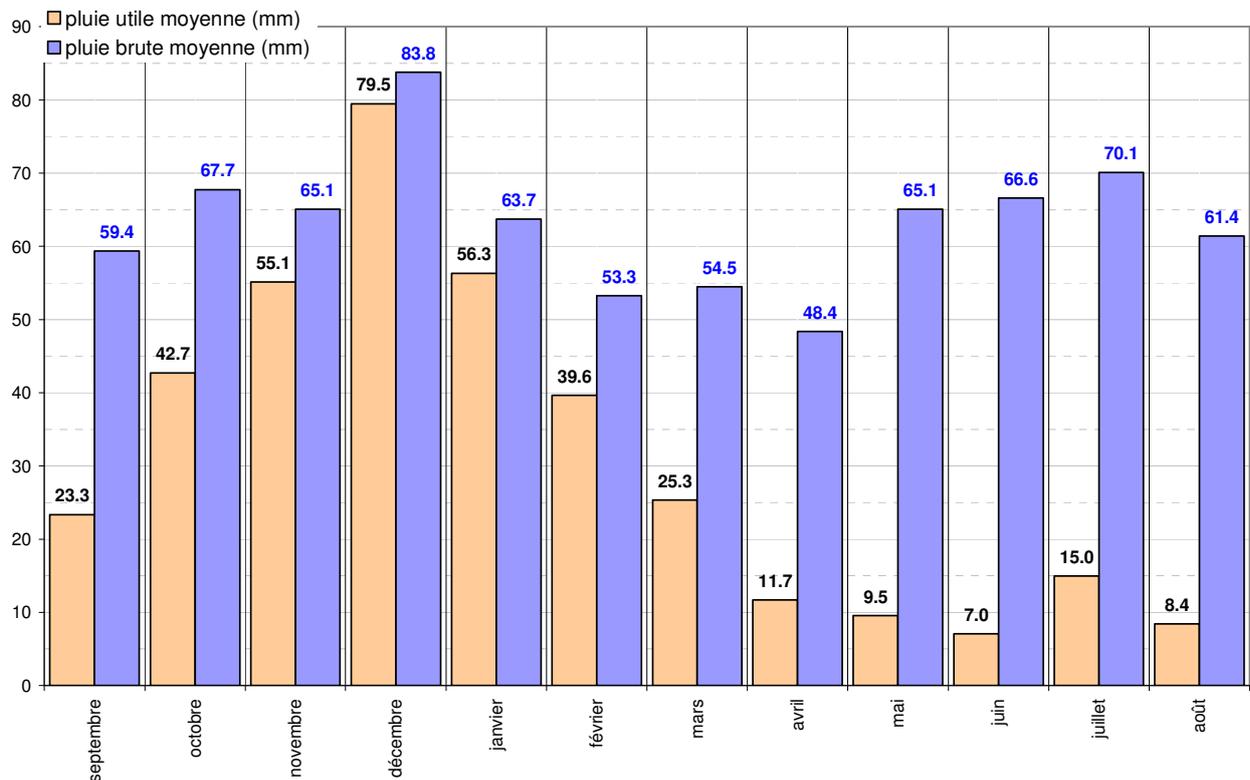


Figure 27 Répartition annuelle des pluies brutes et utiles

- Répartition pluriannuelle

Sur la période de 1990 à 2008, il apparaît **six séries pluriannuelles de tendances différentes** par rapport à la moyenne (Figure 28):

Période	Tendance
1990-1992	Moyenne
1993-1994	Excédentaire
1995-1997	Déficitaire
1998-2001	Excédentaire
2002-2004	Déficitaire
2005-2008	Moyenne

Tableau 6 Tendances de répartition pluriannuelle des pluies utiles

On retrouve ces tendances sur la Figure 28. Les remontées de nappe signalées dans les questionnaires concordent avec les deux périodes excédentaires de 1993-1994 et 1998-2001. L'analyse hydrogéologique du chapitre 8 fera référence à l'étiage de l'année hydrologique 1998 (hiver 1997) et les hautes eaux 2001 (printemps 2001). Celles-ci se situent à la fin d'une période de pluviométrie déficitaire pour l'hiver 1997 et excédentaire pour 2001.

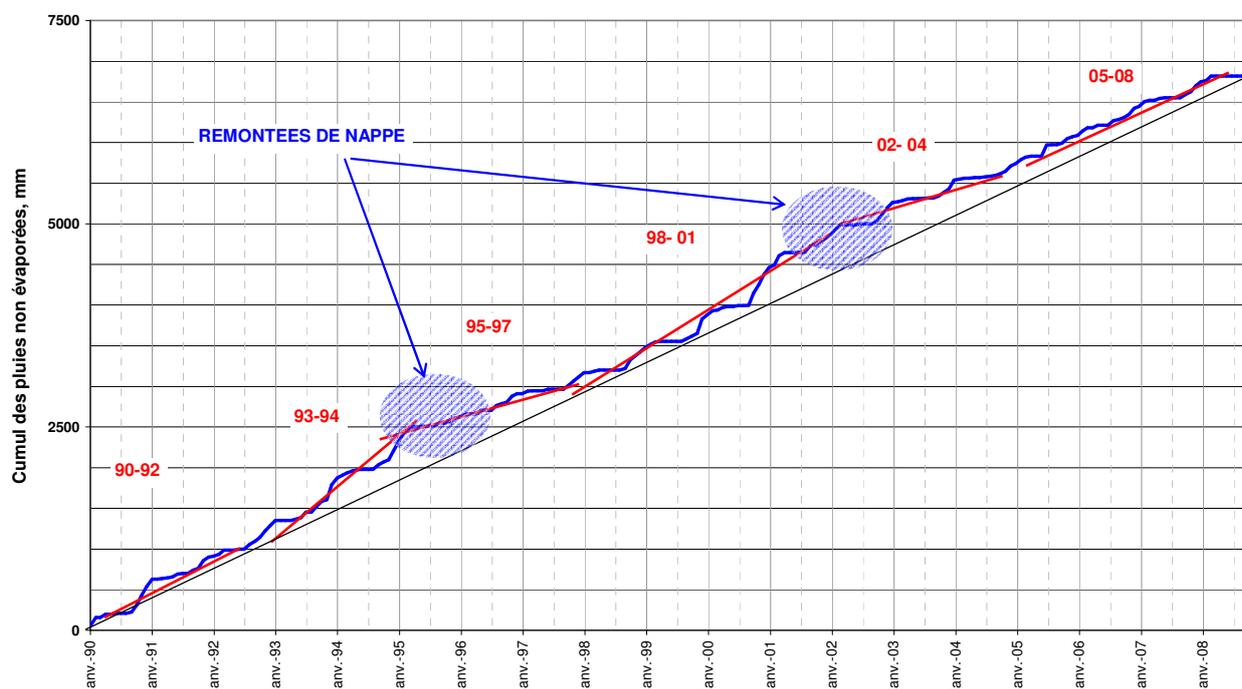


Figure 28 Cumul des pluies utiles sur la période 1990-2008, comparaison avec le cumul moyen

6.4 EVOLUTION DU TAUX REMPLISSAGE DE LA RESERVE UTILE, PLUIES EFFICACES

Un paramètre important pour la détermination de la pluie efficace est la valeur de la réserve utile maximale du sol (RU_{max}) : il s'agit de la valeur maximale que peut atteindre la réserve hydrique du sol. Au-delà de cette valeur, le sol ne peut plus stocker d'eau.

La valeur de RU_{max} est en pratique difficile à déterminer et spatialement hétérogène.

Aucun des organismes contactés (Agence de l'Eau Artois Picardie, Chambre d'Agriculture du Nord-Pas-De-Calais, Institut Supérieur d'Agronomie de Lille, Institut National de la Recherche Agronomique) n'a pu nous fournir de valeurs mesurées de la RU_{max}. Cependant, la Chambre d'Agriculture du Nord-Pas-De-Calais se base empiriquement sur une valeur de 2 mm/cm de sol., Les sols des plateaux étant épais, l'enracinement des plantes peut aller jusqu'à 1.2 m de profondeur. Ainsi, on aboutirait à une valeur de RU max de 240 mm.

Ce paramètre conditionne les volumes infiltrés vers la nappe phréatique et le ruissellement, c'est pourquoi la phase de modélisation devra permettre de déterminer plus précisément les valeurs de RU_{max} et leur localisation. A ce stade de l'étude, il a uniquement été possible de tester des hypothèses de RU_{max}. **Les réactions des niveaux piézométriques aux différents points de mesure aux pluies efficaces calculées indiqueraient des valeurs de RU_{max} comprises entre 100 et 200 mm** (Figure 29). La part des ruissellements devra également être déterminée sur la base de la modélisation car elle est également directement dépendante du type de sol et des pentes topographiques.

La Figure 29 présente les valeurs de pluies efficaces calculées pour des valeurs de RU_{max} de 100 et 200 mm. Les calculs ont été exécutés sur les années hydrologiques 1995 à 2008. 1994 étant une année de hautes eaux piézométriques, l'hypothèse de début de calcul d'un taux de remplissage maximal de la réserve hydrique des sols au 1 sept. 1994 est cohérente.

Les valeurs annuelles moyennes de pluies efficaces sur la période considérée sont de 198 mm si l'on considère une RU_{max} de 100 mm et de 112 mm pour une RU_{max} de 200 mm, soit respectivement 27% et 15% des précipitations brutes moyennes.

Elles se répartissent de la manière suivante :

- ➔ **D'avril à novembre**, les pluies efficaces sont inexistantes ou faibles (< 20 mm/mois).
- ➔ **De décembre à mars**, il y a des pluies efficaces (> 20 mm/mois). Pour une valeur de RU_{max} de 200 mm, cette période se réduit à janvier - mars.

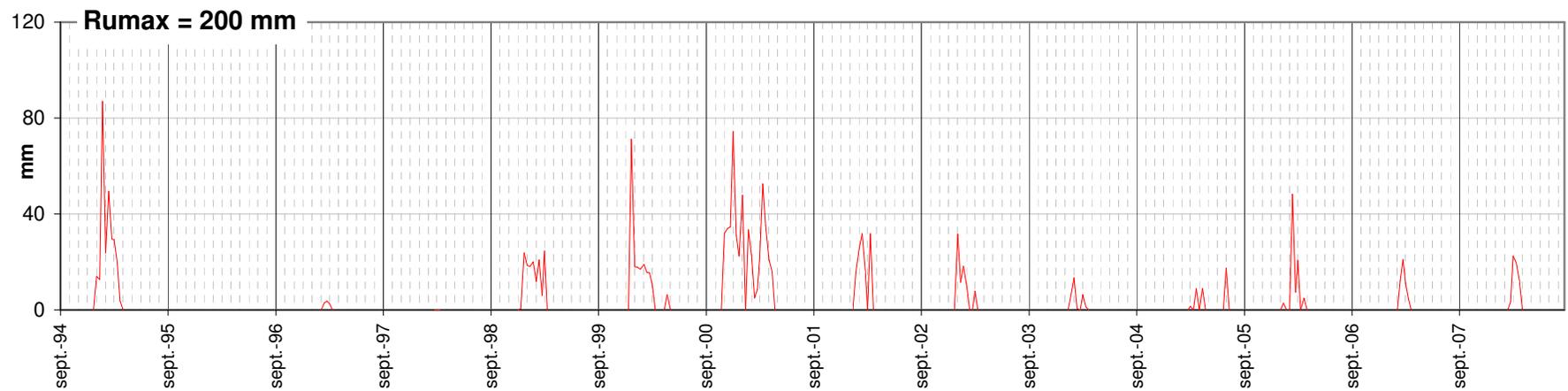
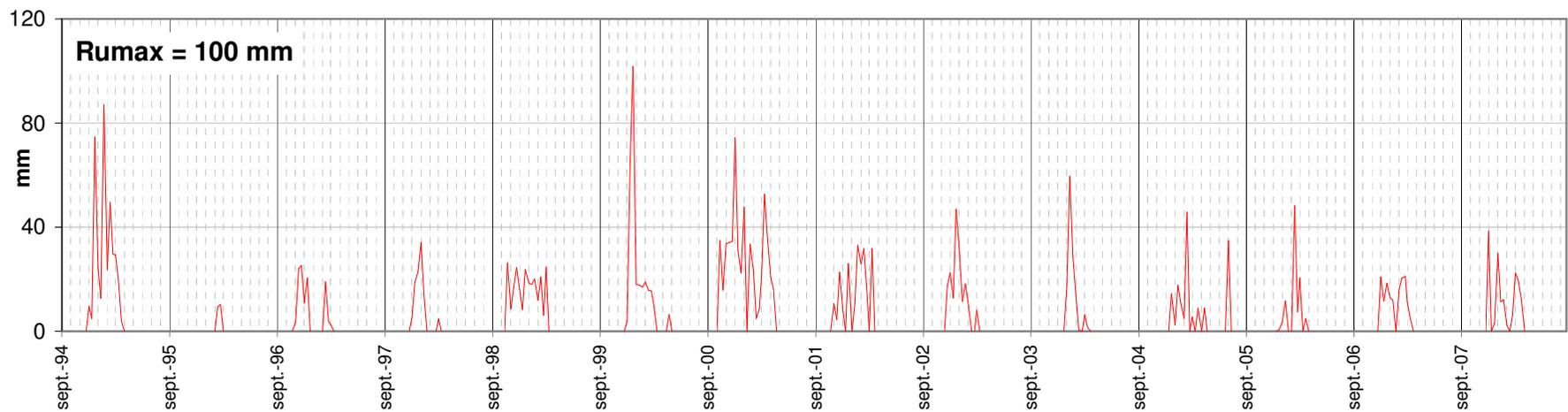


Figure 29 Valeurs de la pluie efficace pour les années hydrologiques 1995 à 2008. Deux hypothèses sont faites sur la valeur de la réserve hydrique mobilisable maximale des sols : 100 mm et 200 mm

6.5 SYNTHÈSE

L'analyse de la pluviométrie a été faite sur la base des données collectées sur l'ensemble du bassin-versant superficiel de la Sensée. Ainsi, nous ne disposons pas de données brutes sur la zone du bassin-versant hydrogéologique située en aval du territoire du SAGE de la Sensée.

Les informations importantes issues de cette analyse sont :

- **La pluviométrie brute moyenne est de 744 mm/an**
- **La pluie utile moyenne est de 367 mm/an, soit 48% de la pluie brute**
- **La pluie efficace moyenne est comprise entre 198 mm/an et 112 mm/an, pour des valeurs de R_{Umax} comprises entre 100 et 200 mm respectivement.**
- **La pluviométrie présente un gradient décroissant du sud-ouest vers le nord-est, sa dénivelée atteint 200 mm.**

7 ANALYSE HYDROLOGIQUE

L'analyse hydrologique consiste à caractériser les différents régimes hydrologiques du bassin versant de la Sensée (crues, étiages) à partir des données de débit et de hauteur d'eau relevées aux stations hydrométriques du bassin versant. Des méthodes analytiques et/ou statistiques peuvent être adoptées.

7.1 RAPPEL DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES EXISTANTES DU BASSIN VERSANT

Les stations hydrométriques mesurant les débits (et les hauteurs d'eau) du bassin versant de la Sensée sont cartographiées sur la figure suivante.

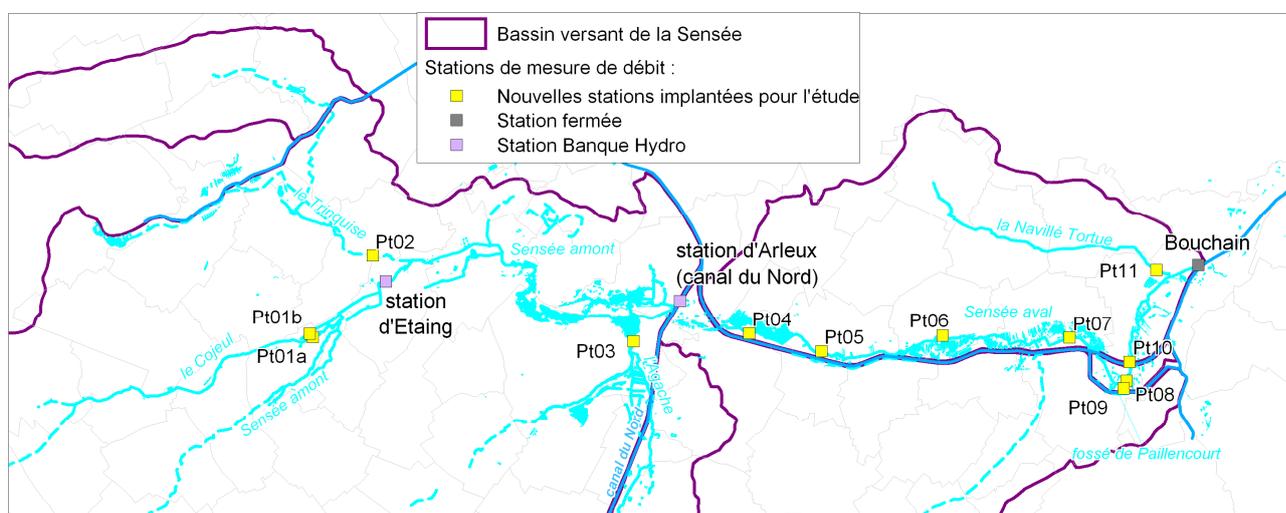


Figure 30 Localisation des stations hydrométriques du bassin versant

La station d'Etaing sur la Sensée, ouverte depuis 1991, est la seule station du bassin versant de la Sensée suivie par la DIREN. C'est à Etaing qu'existe la plus longue série de données hydrométriques (17 ans de mesures).

La station d'Arleux sur le canal du Nord, installée en 2004, est une station particulière, puisque non située sur une rivière naturelle. Elle est soumise aux fluctuations des bassinées réalisées à l'écluse de Palluel en amont et est exploitée uniquement en débit moyen journalier. Aucune analyse statistique ne peut être menée sur cette station.

Les 11 stations hydrométriques implantées pour l'étude sur la Sensée et ses affluents (Cojeul, Trinquise, Agache, fossé de Paillencourt et Navillé-Tortue) fonctionnent depuis septembre 2005. Un peu plus de trois années de mesures sont donc disponibles pour l'exploitation hydrologique, qui ne peut donc être statistique.

7.2 TEMPS DE CONCENTRATION

Le temps de concentration est défini comme le temps nécessaire à une particule d'eau pour parcourir le plus long chemin hydraulique (L) depuis la limite du bassin jusqu'à l'exutoire.

Plusieurs expressions du temps de concentration existent dans la littérature, et ont été appliquées à chacune des stations hydrométriques du bassin versant de la Sensée, y compris les nouvelles stations implantées pour l'étude :

- Formule de Giandotti : $T_c = \frac{0,4\sqrt{S \times 100} + 0,0015 L}{0,8\sqrt{I \times L}}$ ou $T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 L}{0,8\sqrt{Z_{\text{moy}} - Z_{\text{min}}}}$
- Formule de Passini : $T_c = 0,108 \frac{(S \times L)^{1/3}}{\sqrt{I}}$
- Formule de Ventura : $T_c = 0,127 \sqrt{\frac{S}{I}}$
- Formule de Kirpich : $T_c = 32,5 \cdot 10^{-5} \times \left(\frac{L}{1000}\right)^{0,77} \times I^{-0,385}$
- Formule de Johnstone & Cross : $T_c = 5,66 \sqrt{\frac{L}{I}}$
- Formule de Bransby : $T_c = \frac{14,6}{60} \times L \times S^{-0,1} \times I^{-0,2}$

où :

- T_c : temps de concentration (h)
- S : surface du bassin versant intercepté (km²)
- L : plus long chemin hydraulique jusqu'à l'exutoire (km)
- I : pente moyenne du bassin versant intercepté (m/m)
- Z_{moy} (Z_{min}) : altitude moyenne (minimum) du bassin versant (mNGF)

Les valeurs de pente moyenne des bassins versant ont été calculées à partir du MNT issu de la base de données PPige (Plateforme Publique de l'Information Géographique) du Nord-Pas-de-Calais (courbes de niveaux espacées de 2 mNGF).

Il n'est toutefois pas possible d'évaluer la pente moyenne du profil en long issu de ce MNT sur la Sensée aval (cf. graphique ci-dessous), puisque ce profil est très accidenté en raison de son artificialisation notamment. Un semis de points plus fin serait nécessaire pour mener le calcul.

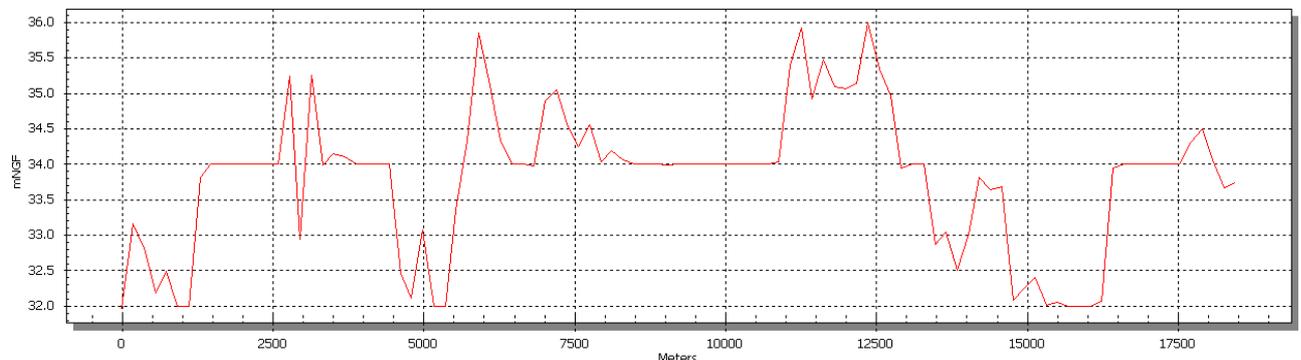


Figure 31 Profil en long de la Sensée aval, des marais du Haut-Pont à Bouchain

Les résultats (temps de concentration en heures), calculés sur les stations de la Sensée amont et des affluents de la Sensée (Cojeul, Trinquise, Agache, fossé de Paillencourt et Navillé-Tortue) sont synthétisés dans le tableau suivant. Les temps de concentration retenus sont les moyennes des différentes formules de calcul utilisées.

	Sensée amont		Affluents Sensée amont			Affluents Sensée aval	
	Sensée à Etaing	Sensée à Arleux	Pt01 Cojeul à Rémy	Pt02 Trinquise à Sailly-en-O.	Pt03 Agache à Ecourt-St-Q.	Pt09 : fossé de Paillencourt à Paillencourt	Pt11 : Navillé-Tortue à Wavrechain
Passini	43	61	29	16	37	3	14
Ventura	35	58	25	14	34	3	13
Giandotti1	15	18	11	8	14	3	9
Giandotti2	24	31	17	17	19	5	11
Kirpich	10	12	8	5	9	1	4
Johnstone & Cross	10	12	9	6	10	1	6
Bransby	16	19	15	8	15	1	6
Temps de concentration (h)	22	30	16	11	20	2	9

Tableau 7 Temps de concentration aux différentes stations hydrométriques

7.3 ANALYSE DES MESURES A LA STATION D'ETAING SUR LA SENSÉE

La station d'Etaing, avec 17 années de mesures, est la seule station du bassin versant pour laquelle des analyses statistiques des débits peuvent être menées pour caractériser le régime hydrologique de la Sensée.

7.3.1 Débits classés

Le régime d'écoulement d'une rivière peut être décrit par sa courbe des débits classés, qui représente la distribution de fréquence des débits de la rivière. Ce type de courbe, présenté sur la figure ci-après, donne en ordonnée la valeur du débit moyen journalier qui est atteint ou dépassé pendant le nombre de jours par an indiqué en abscisse.

Sur le graphique ci-dessous, nous comparons la courbe des débits classés de la Sensée à Etaing (la seule disponible sur le bassin versant) avec les mêmes courbes pour cinq autres bassins versants voisins de la Sensée. Afin de comparer des grandeurs homogènes sur des cours d'eau dont les surfaces de bassin versant sont différentes, le débit indiqué en ordonnée est un débit spécifique en litres/seconde/km².

A titre d'exemple, le débit spécifique de 10 l/s/km² (soit 3 m³/s) n'est dépassé sur la Sensée à Etaing que 30 jours par an en moyenne.

L'analyse de ces courbes permet de comparer les différents régimes d'écoulement de ces six rivières.

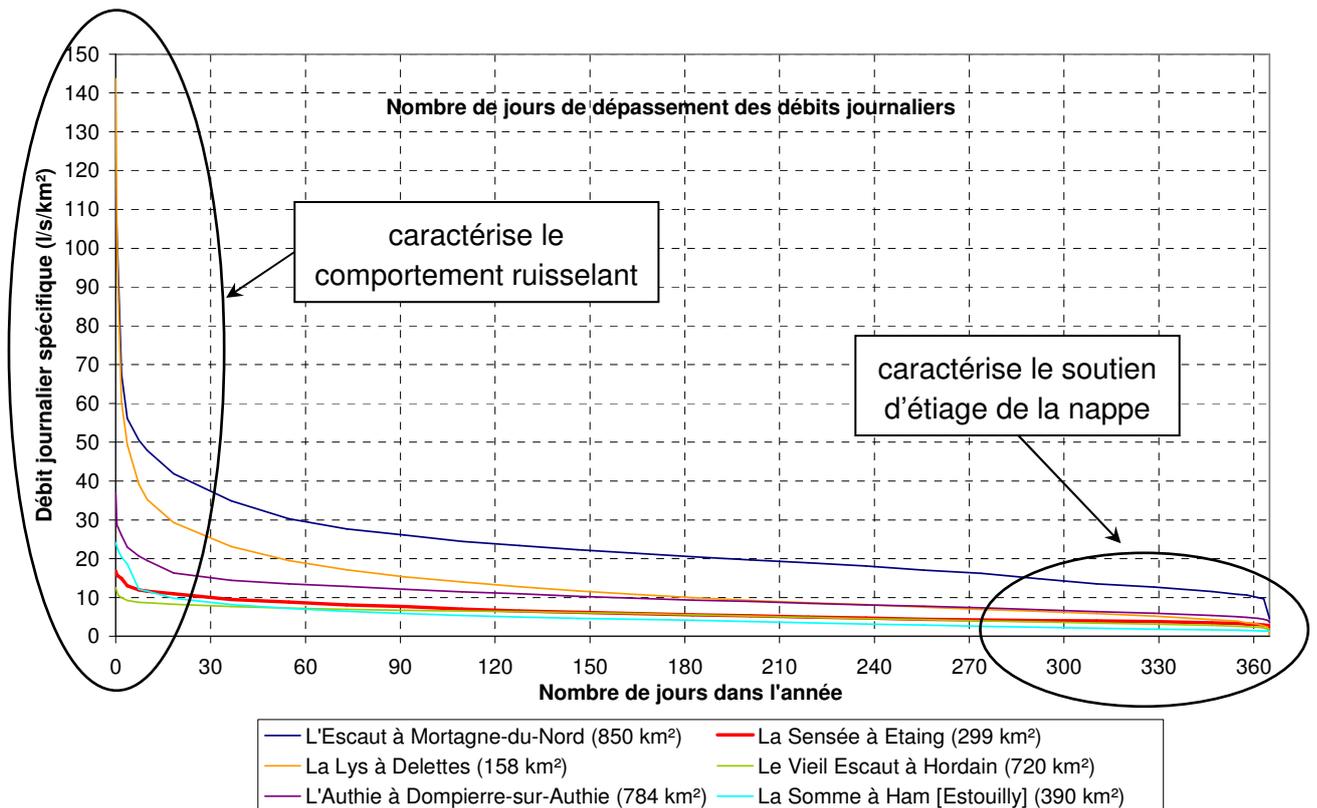


Figure 32 Comparaison des courbes des débits classés de plusieurs cours d'eau voisins de la Sensée

La partie gauche de la courbe (débits de crue) traduit le comportement ruisselant des cours d'eau, c'est-à-dire leur réaction à la pluviométrie. Plus la pente de la courbe est importante, plus le bassin versant du cours d'eau est dit « ruisselant ». On constate donc sur le graphique ci-dessus que **la Sensée et surtout le Vieil Escaut sont très peu ruisselants**, tandis que l'Escaut et la Lys sont des rivières qui réagissent fortement à la pluviométrie.

La partie située à droite de la courbe (débits d'étiage) caractérise l'importance du soutien de nappe à l'étiage : plus la pente est faible dans cette partie de la courbe, plus le cours d'eau aura tendance à s'approcher d'une valeur asymptotique issue du soutien d'étiage par la nappe d'accompagnement du cours d'eau. On observe que les courbes sont très rectilignes sur plus de la moitié de l'année pour la Sensée, le Vieil Escaut et la Somme, pour qui l'influence de la nappe est donc prolongée (par opposition à l'influence du ruissellement).

La valeur atteinte par cette asymptote traduit l'importance quantitative du soutien de nappe à l'étiage. **La rivière est fortement soutenue par la nappe (supérieur à 2 l/s/km²), pour la Sensée et l'Authie notamment.**

7.3.2 Analyse statistique des crues

On réalise un ajustement statistique des débits de pointe maximaux instantanés annuels mesurés à la station d'Etaing. Il s'agit de chercher la loi probabiliste de distribution de ces débits, afin de calculer la période de retour des crues historiques.

Les 5 lois d'ajustement les plus couramment utilisées en hydrologie ont été testées :

- loi de Gumbel, proposée dans la Banque Hydro ;
- loi de Gauss (ou loi normale) ;
- loi de Galton (ou loi log-normale), proposée dans la Banque Hydro ;
- loi de Fréchet,
- loi Pearson III (ou loi Gamma incomplète).

Il s'avère que la **loi de Galton** fournit les résultats les plus satisfaisants, c'est-à-dire que l'écart entre la courbe d'ajustement statistique et la série de points de mesures est minimal.

La figure page suivante présente l'ajustement statistique réalisé sur les débits maximaux instantanés annuels à la station d'Etaing sur la Sensée :

- ◆ Les débits caractéristiques sont calculés pour les périodes de retour 2, 5, 10 et 20 ans. L'ajustement étant réalisé sur une série de 14 valeurs seulement, les incertitudes sont très importantes pour des périodes de retour supérieures à 30 ans. **Le débit de crue décennal est évalué à 3,8 m³/s**. Les indices de confiance à 70 et 95 % (resp. IC70 et IC95) de ces valeurs sont par ailleurs précisés.
- ◆ La période de retour des principales crues observées à Etaing pendant la période d'ouverture de la station est également calculée. La plus forte crue, dont le pic est survenu le 26 décembre 1999 (tempête), est de période de retour 27 ans. Deux autres crues, en juillet 2005 (dû à un phénomène orageux concentré) et mars 1995, sont décennales. Les autres débits maximaux annuels n'excèdent pas la période de retour 3 ans. On remarque en particulier que la crue la plus importante survenue pendant les 3 années de mesures réalisées en phase 2 est celle du 04 août 2008 (orage d'été), dont la période de retour vaut 2 ans.
- ◆ La droite d'ajustement statistique est ensuite présentée sur le même graphique que les points représentant les débits maximaux annuels mesurés. L'échelle des débits est logarithmique et les indices de confiance sont également tracés.

STATION : **Etaing**
 nombre d'années : **14**
 à partir de : **21/06/1992**
 jusqu'à : **04/08/2008**

Débits caractéristiques selon la loi log-normale (Galton) :

PERIODE DE RETOUR (ans)	DEBITS (m ³ /s)	IC à 70% (m ³ /s)	IC à 95% (m ³ /s)
2	2.6	(2.3 – 3.0)	(2.1 – 3.2)
5	3.3	(2.9 – 3.8)	(2.6 – 4.2)
10	3.8	(3.2 – 4.3)	(2.9 – 4.8)
20	4.2	(3.5 – 4.8)	(3.1 – 5.3)

Période de retour des crues les plus importantes (selon la loi de Galton) :

DATE	DEBITS (m ³ /s)	T (années)
26/12/1999	4.4	27
04/07/2005	3.9	11
28/03/1995	3.8	11
03/02/1994	2.9	3
27/09/1995	2.8	3
04/08/2008	2.6	2

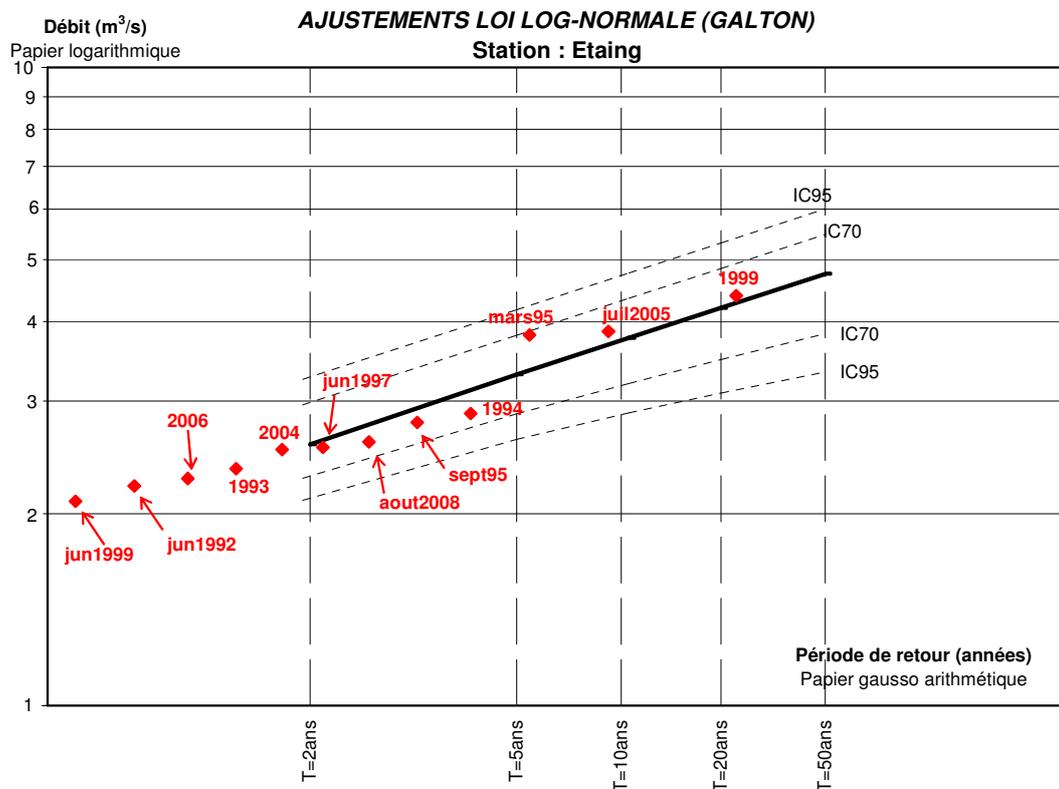


Figure 33 Ajustement statistique selon une loi de Galton des débits de la Sensée à Etaing

7.3.3 Etiages

Les étiages de la Sensée peuvent être caractérisés à la station hydrométrique d'Etaing par la connaissance du débit moyen minimal annuel calculé sur 30 jours consécutifs (nommé VCN30). Il s'agit d'un débit exprimé en m³/s.

Ce débit correspond, pour chaque année, au plus petit des 365 débits journaliers moyens calculés sur 1 mois (moyenne glissante). On obtient donc une valeur par année hydrologique, comme récapitulé dans le tableau suivant.

Année	Dates	Q (m ³ /s)	Période de retour
1998	13 aou. – 11 sept.	0.874	10 ans
1997	23 oct. – 21 nov.	0.883	9 ans
2006	29 juil. – 27 aou	0.982	6 ans
1992	16 juil. – 14 aou.	1.050	4 ans
1999	17 dec. – 15 jan.	1.050	4 ans
2005	14 juil. – 12 aou	1.130	3 ans
2007	01 sept. – 30 sept.	1.140	3 ans
2004	30 sept. – 29 oct.	1.230	2 ans
1996	31 aou. – 29 sept	1.290	2 ans

Tableau 8 Période de retour des débits moyens minimaux annuels calculés sur 30 jours VCN30

La série des VCN30 peut être ajustée statistiquement à l'aide d'une loi de Galton (couramment utilisée en étiage). Les périodes de retour associées aux épisodes d'étiage (dernières colonne du tableau ci-dessus), ainsi que les débits caractéristiques peuvent ainsi être calculés. Ces derniers sont consignés dans le tableau ci-dessous. L'ajustement étant réalisé sur une série de 14 valeurs seulement, les débits caractéristiques sont calculés pour les périodes de retour 2, 5, 10 et 20 ans.

Période de retour	VCN30 (m ³ /s)	Intervalle de confiance à 95 %
2 ans	1.30	1.08 – 1.57
5 ans	1.00	0.77 – 1.19
10 ans	0.87	0.64 – 1.06
20 ans	0.78	0.54 – 0.96

Tableau 9 VCN30 caractéristiques d'étiage

On observe ainsi que **la plus forte sécheresse observée sur 30 jours consécutifs depuis l'ouverture de la station d'Etaing (1992) s'est produite entre mi-août et mi-septembre 1998, et qu'elle avait une période de retour de 10 ans.** Les étiages de nov. 1997 et août 2006 ont respectivement une période de retour de 9 et 6 ans. Les autres étiages sont moins sévères qu'un étiage quinquennal.

Le débit décennal d'étiage non dépassé pendant 30 jours est estimé à 0,9 m³/s environ.

On remarque enfin, que sur la période de la campagne de mesures de la partie 2 de l'étude (sept-2005 à aujourd'hui), le plus fort étiage observé est de période de retour 6 ans.

On peut par ailleurs s'intéresser au VCN3, débit moyen minimal annuel calculé sur 3 jours consécutifs, pour caractériser une situation d'étiage sévère sur une courte période (3 jours). Il apparaît sur la Sensée à Etaing que **les épisodes courts ont toujours lieu pendant la période d'étiage plus longue (30 jours) identifiée plus haut**. En outre, la période de retour associée aux étiages « courts » est similaire à celle calculée pour les étiages « longs ».

7.3.4 Débits de référence et débits réglementaires

Plusieurs débits sont pris comme valeurs de référence pour définir un régime d'étiage ou fixer un seuil réglementaire. En voici quelques uns, dont les valeurs ne peuvent être indiquées qu'à Etaing sur la Sensée :

- Débit réservé : Débit minimal qui doit être maintenu en aval d'un ouvrage ou d'une prise d'eau, en application de l'article L.432-5 du Code de l'environnement. Depuis 1984 (loi Pêche), il vaut $1/10^{\text{e}}$ du module.
A Etaing, $Q_{\text{res}} = 0,183 \text{ m}^3/\text{s}$
- Le QCN3, débit seuil minimal annuel non dépassé pendant 3 jours consécutifs, sert à définir le débit d'étiage de crise (DCR), qui est défini dans le SDAGE Seine-Normandie⁴ comme le débit moyen journalier en dessous duquel les besoins indispensables ne sont plus garantis pour l'alimentation en eau potable, pour la vie humaine et animale, ceux relatifs à la survie des espèces les plus intéressantes et à l'activité économique. Il correspond au QCN3 vicennal.
A Etaing, $Q_{\text{CN3}20} = 0,725 \text{ m}^3/\text{s}$
- Le débit caractéristique d'étiage (DCE) correspond au débit journalier moyen au dessous duquel l'écoulement ne descend que dix jours par an.
A Etaing, $DCE = 0,979 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Le débit de référence légal, défini au titre 2 de la nomenclature figurant dans les décrets n°93742 et 93743 du 29 mars 1993, pris en application de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, est le débit mensuel d'étiage de fréquence 1/5 (une année sur cinq), désigné par le sigle QMNA 5ans (de récurrence 5).
A Etaing, $Q_{\text{MNA5}} = 1,03 \text{ m}^3/\text{s}$
- Le Module permet de caractériser l'écoulement d'une année moyenne. Il s'agit de la moyenne des moyennes annuelles des débits moyens mensuels (calculés à partir du débit moyen journalier).
A Etaing, $m = 1,83 \text{ m}^3/\text{s}$

⁴ Il est défini dans le SDAGE Seine-Normandie un réseau de points stratégiques, où sont fixées plusieurs valeurs seuils de débits, dont le DCR. Il n'existe pas d'équivalent dans le SDAGE Nord – Pas-de-Calais.

- Le débit caractéristique de crue (DCC) correspond au débit journalier moyen au dessus duquel l'écoulement ne monte que dix jours par an.
A Etaing, DCC = 3,48 m³/s.

7.4 ANALYSE DES NOUVELLES STATIONS IMPLANTEES POUR L'ETUDE

Les 11 stations hydrométriques implantées en phase 2 de l'étude ont permis, pendant un peu plus de trois ans (de septembre 2005 à aujourd'hui), de caractériser l'évolution spatiale des débits de la Sensée et de ses affluents.

7.4.1 Rappel du contexte hydrologique des 3 ans de mesure

Comme évoqué dans la note de synthèse des 3 ans de mesures faisant l'objet de la partie 2 de l'étude, la période sur laquelle ont été réalisées ces mesures peut être caractérisée de la façon suivante :

□ Pluviométrie

Les moyennes mensuelles pluviométriques ont été contrastées, avec des mois très pluvieux (mai 2006, août 2006), des périodes plus longues de pluviométrie importante (mai à août 2007), un mois très déficitaire (avril 2007), des déficits prolongés sur plusieurs mois (nov. 2005 à janvier 2006).

En moyenne annuelle, la pluviométrie de 2006 et 2007 est plutôt moyenne (100-110% des moyennes annuelles). La fin 2005 (oct-déc) est plutôt moins pluvieuse que la moyenne, et le début de 2008 est plutôt plus humide que la moyenne (120 %).

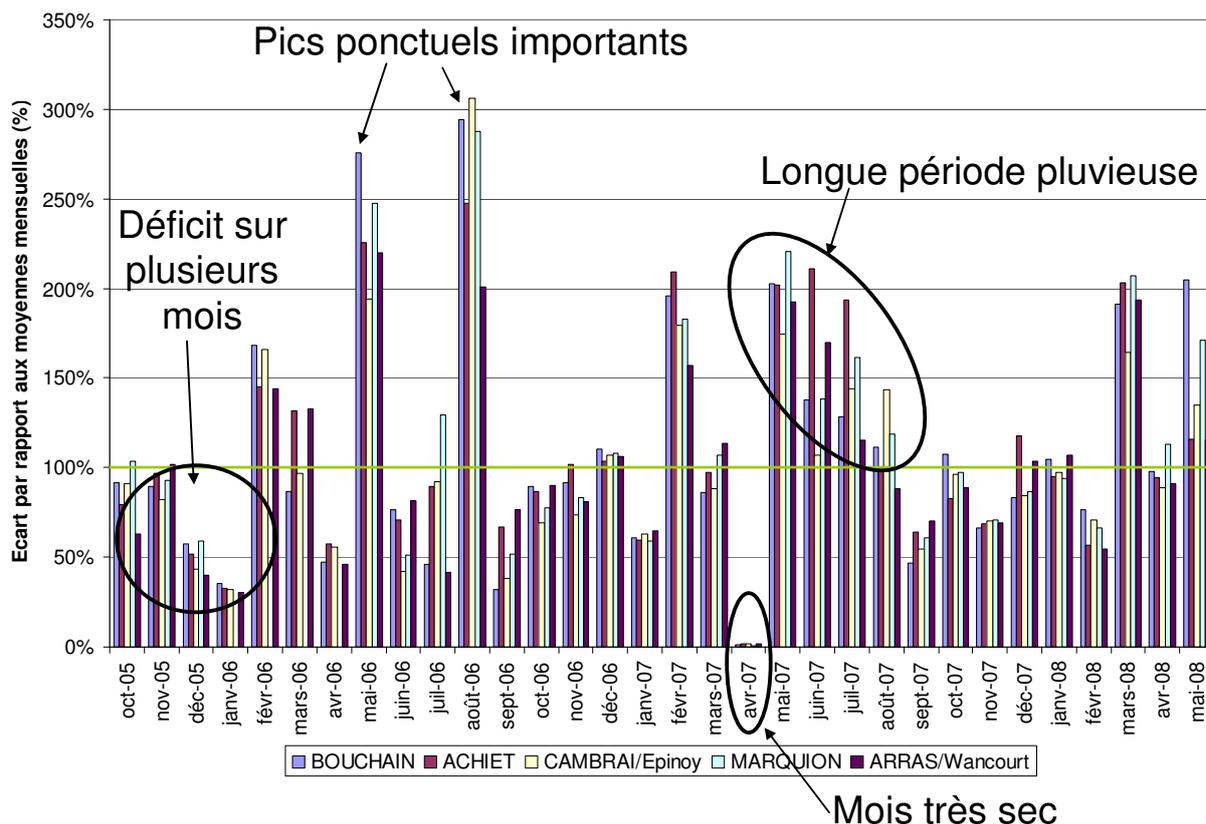


Figure 34 Précipitations mensuelles sur les 3 années de mesure

□ Piézométrie

Les mesures piézométriques réalisées sur les piézomètres déjà existants indiquent que les mesures ont débuté en période de nappes basses. Ces dernières ont ensuite progressivement remonté sur les 3 ans de mesures. L'amplitude relevée sur les 3 années analysées atteint 70% en moyenne de l'amplitude moyenne de la nappe de la craie sur l'ensemble des piézomètres.

En 38 ans d'observations (graphique ci-dessous), la nappe de la craie subit en effet des oscillations d'amplitude et de période à peu près régulières. Les cycles observés durent de 6 à 9 ans (7 ans en moyenne).

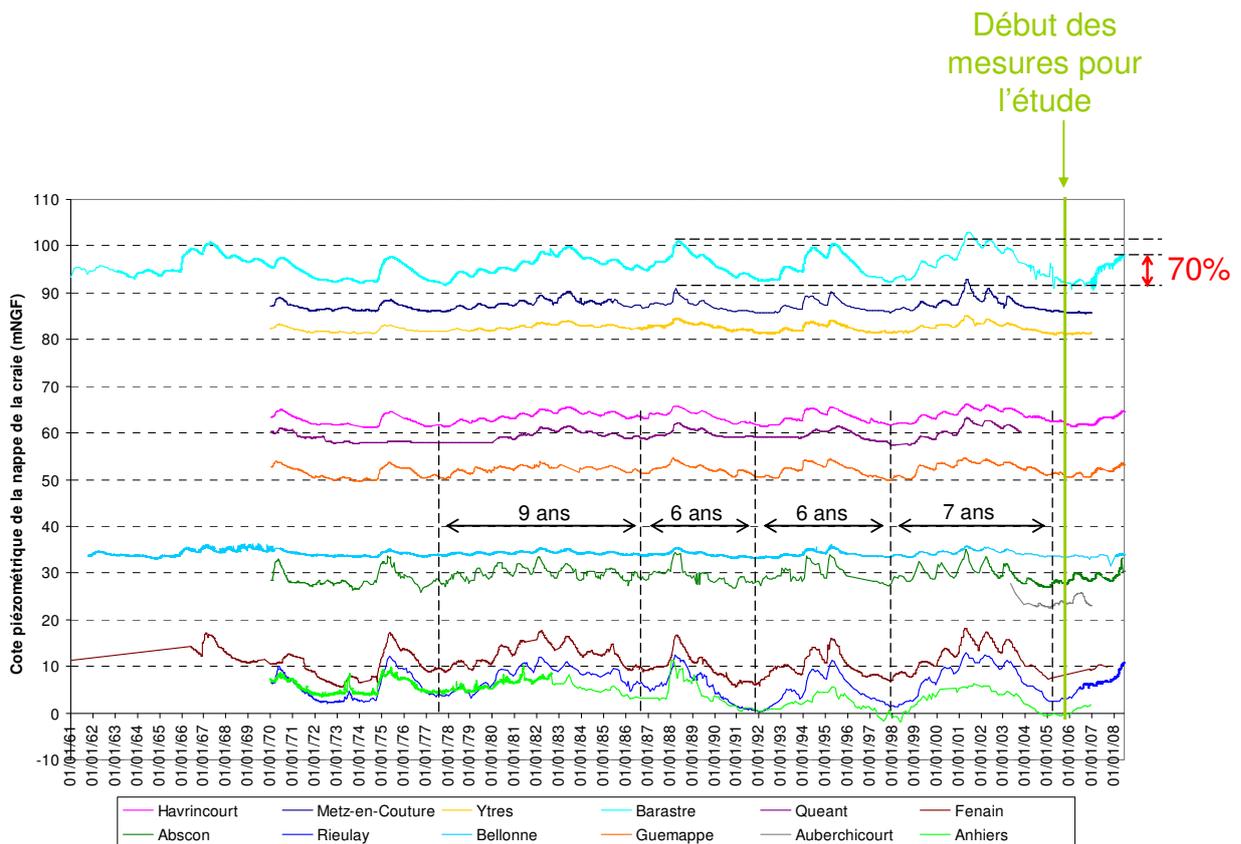


Figure 35 Piézométrie des 3 années de mesures

□ Hydrométrie

Sur les 17 ans d'ouverture de la station hydrométrique d'Etaing, les débits de la Sensée à Etaing (graphique ci-dessous) suivent globalement les oscillations de nappe. Les événements pluviométriques de faible durée, même intenses, ne suffisent pas à gonfler de façon significative les débits de la Sensée. Pour observer une forte augmentation des débits, il faut donc qu'une longue période de pluviométrie importante survienne en période de nappe haute, ce qui n'a pas été observé sur les 3,5 ans de mesures.

L'analyse statistique des crues réalisée au paragraphe 7.3.2 indique par ailleurs que la plus forte crue observée sur la période est de période de retour 2 ans (en août 2008).

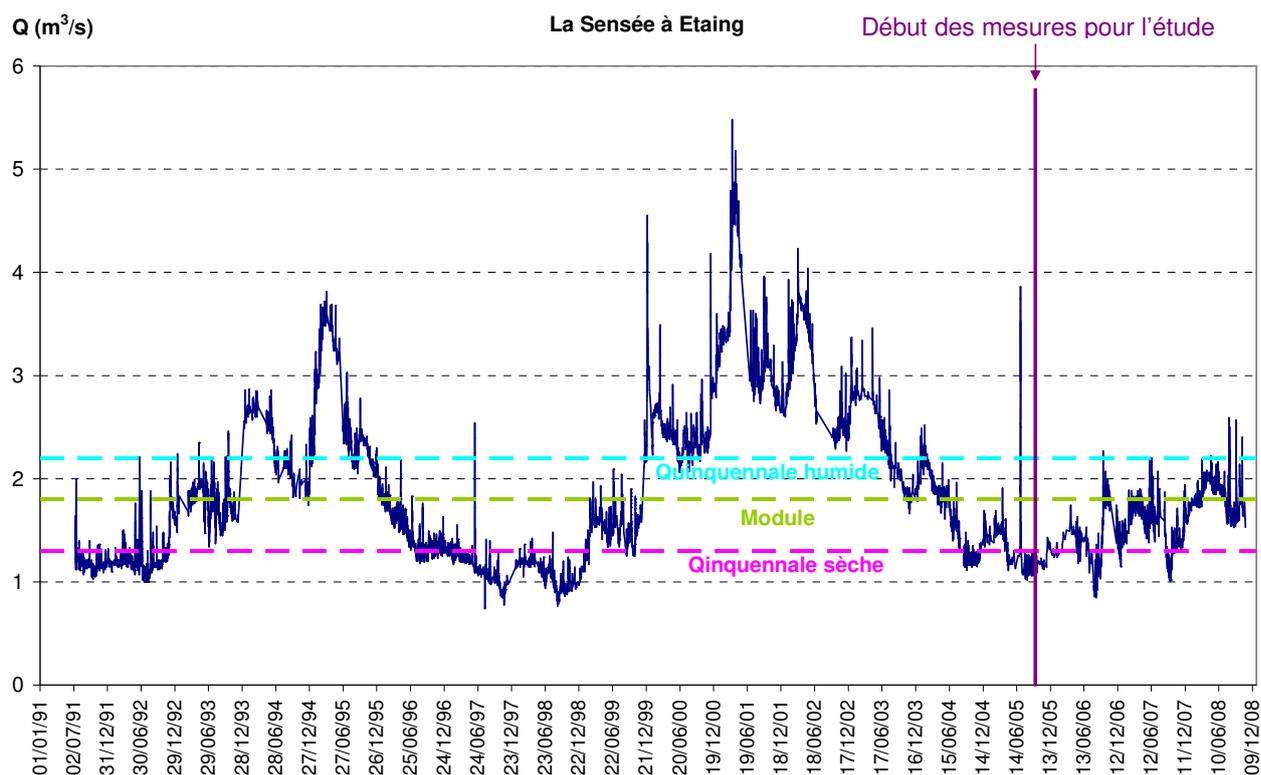


Figure 36 Hydrogramme de la Sensée à Etaing

7.4.2 Profil en long des débits sur la Sensée

Les profils en long des débits de la Sensée sont tracés sur le graphique ci-dessous pour plusieurs conditions hydrologiques rencontrées à la station d'Etaing à partir de septembre 2005 :

- 2 régimes hydrologiques plutôt secs (quinquennale sèche) : avec et sans précipitations préalables (18/01/06 et 12/07/06),
- 2 régimes hydrologiques « normaux » (médiane) : avec et sans précipitations préalables (03/12/07 et 17/12/07),
- 2 régimes hydrologiques plutôt humides (entre médiane et quinquennale humide, une situation quinquennale humide n'ayant pas été rencontrée depuis 2005) : avec et sans précipitations préalables (30/08/06 et 13/09/06).

Les débits à Arleux sont ceux mesurés sur le canal du Nord, comprenant les bassinées de l'écluse de Palluel (bassinées à retrancher en théorie, mais données non fournies par le Service de la Navigation). A Bouchain, en l'absence de mesures, les débits de la Sensée au Pré-Piton et de la Navillé-Tortue sont sommés.

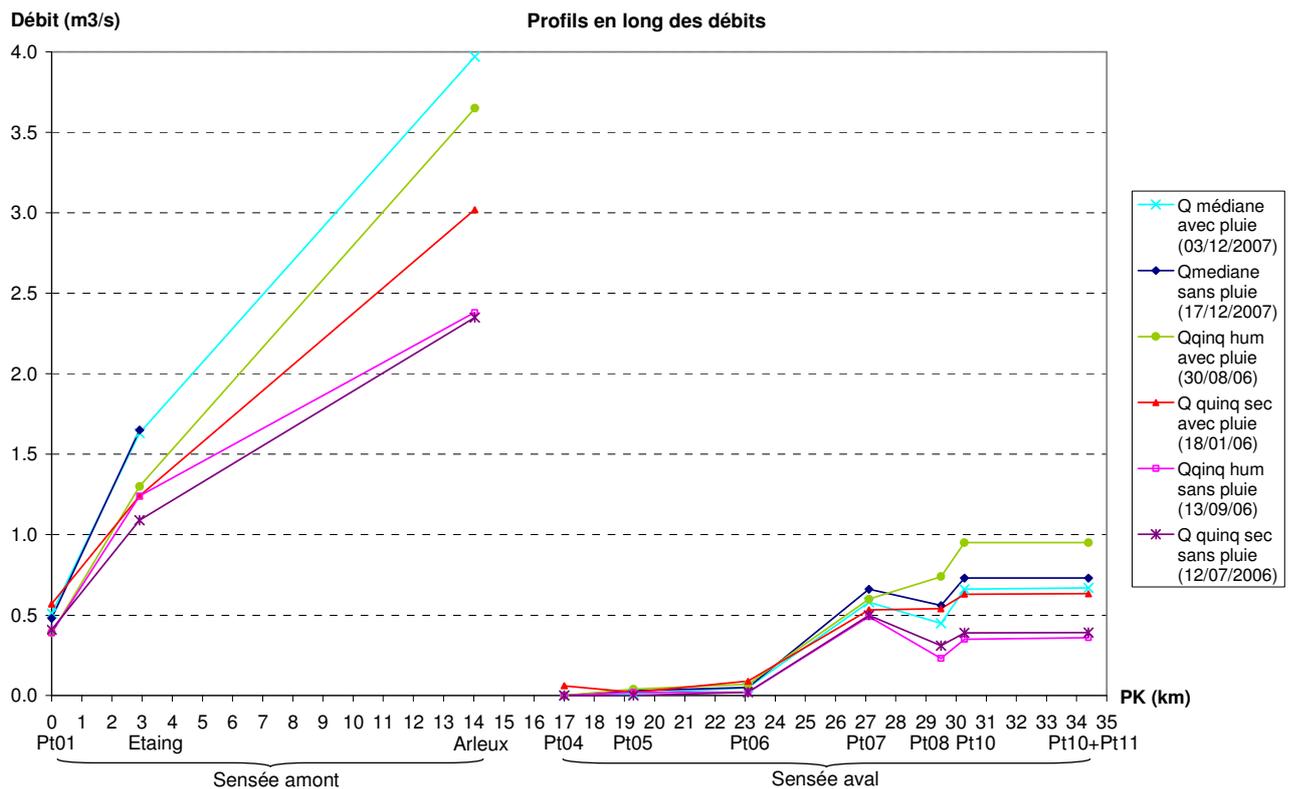


Figure 37 Profils en long des débits pour plusieurs régimes hydrologiques

On remarque tout d'abord que les débits sur la partie supérieure de la Sensée aval sont très faibles, voire nuls, dans toutes les configurations hydrologiques observées. Les débits sont presque toujours nuls à Brunémont (Pt04), toujours inférieurs à 50 l/s à Aubigny (Pt05), et inférieurs à 100 l/s à Féchain (Pt06).

Par ailleurs, les régimes hydrologiques avec et sans précipitations préalables ne se traduisent pas par des réponses débitmétriques distinctes du profil en long. Le type de pluies observées préalablement aux mesures de débit (10 à 20 mm pendant 24h), et donc le ruissellement qui s'en suit, ne jouent donc pas un rôle prépondérant dans le profil en long des débits. Cette observation est cohérente avec les conclusions du paragraphe « 7.3.1 Débits classés ».

Toutefois, pour comparer les débits aux différentes stations hydrométriques, toutes choses étant égales par ailleurs, il est nécessaire de considérer le profil en long des débits spécifiques, c'est-à-dire des débits par unité de surface du bassin versant intercepté. C'est l'objet du graphique suivant.

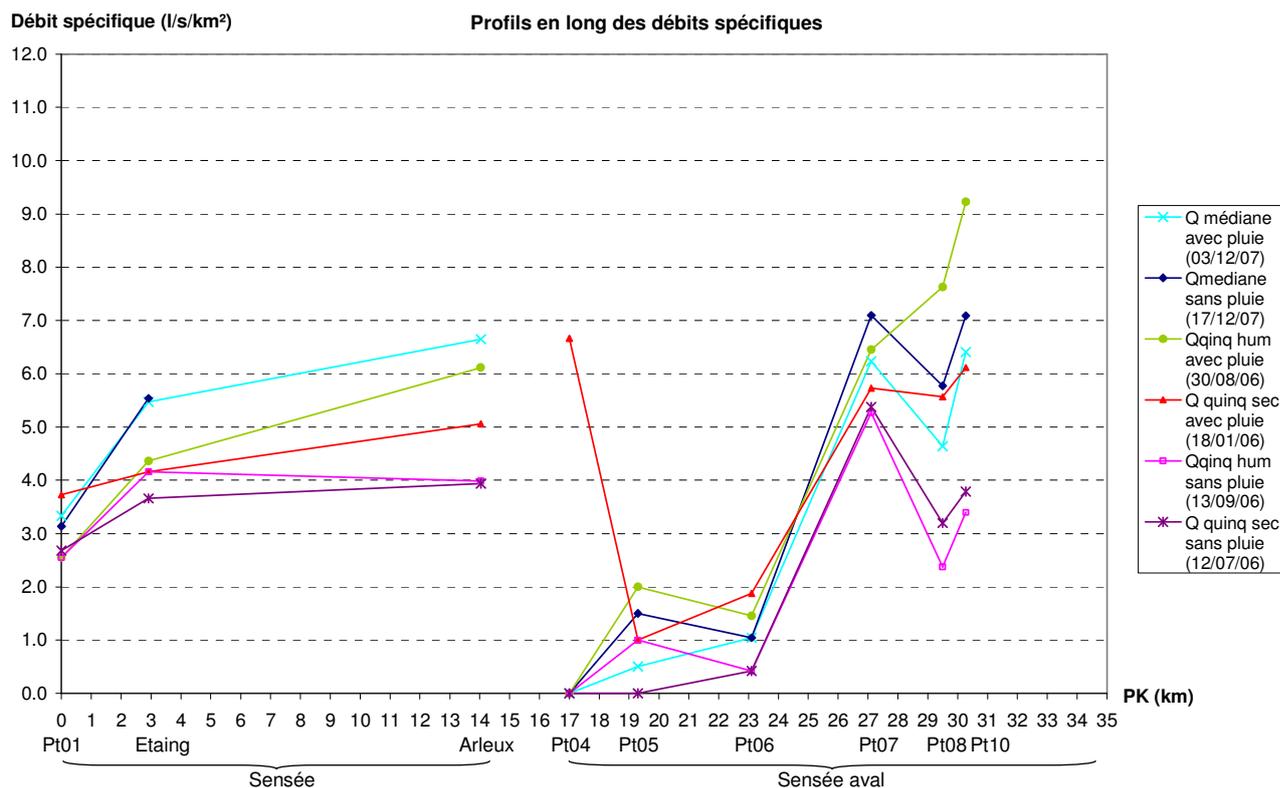


Figure 38 Profil en long des débits spécifiques

Ce graphique permet de constater le très fort apport de débit qui survient :

- **entre le Pt06 (Féchain) et le Pt07 (Wasnes-au-Bac)** : les débits sont en moyenne multipliés par plus de 10 entre ces deux points, alors que la surface du bassin versant interceptée est à peine doublée.
- **entre le Pt08 (Paillencourt) et le Pt10 (Pré-Piton)** : les débits croissent de 24 % en moyenne sur la Sensée (apport du fossé de Paillencourt retranché), alors que la taille du bassin versant intercepté n'augmente que de 1% hors bassin versant du fossé de Paillencourt.

Ces forts écarts du débit spécifique étant observés dans toutes les configurations hydrologiques (même en l'absence de ruissellement), ils ne peuvent s'expliquer que par le drainage de la nappe.

La nappe alimente donc fortement la rivière Sensée sur ces deux tronçons. De plus, sur le tronçon [Pt08-Pt10], ce n'est pas l'affluent rive droite, le fossé de Paillencourt, qui contribue à ce phénomène.

A l'inverse, on remarque sur le graphique ci-dessus la perte de débit spécifique qui survient **entre le Pt07 (Wasnes) et le Pt08 (Paillencourt)** : les débits perdent 17 % de leur valeur en moyenne alors que la taille du bassin versant augmente de 4 %. Cette chute de débit ne peut s'expliquer par des questions de mesure, vu qu'aucun bras parallèle n'est à signaler au droit du Pt08 ; tout le débit est donc bien mesuré par la station hydrométrique. Trois explications (non exclusives l'une de l'autre) sont possibles à ce phénomène :

- **soit la Sensée est drainée par la nappe sur ce tronçon,**
- **soit les marais de Chanteraine et de l'Enclos du Château jouent un fort rôle d'écêtement des débits en permanence,**

- soit le champ captant de Wasnes-au-Bac, situé en aval immédiat du Pt07, rabat fortement la nappe, ce qui impacterait sur les débits de la Sensée. Une analyse complémentaire portant sur ce point est menée dans le chapitre 7.

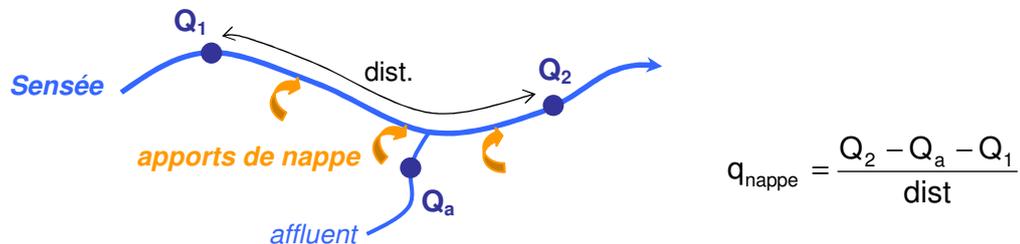
La possibilité d'un écrêtement des débits par le siphon du marais Chantraine est écartée, vu que les écarts de cotes entre Pt07 et Pt08 sont peu changeants. La modélisation hydraulique permettra d'apporter des éléments de réponse et de trancher ces hypothèses.

Entre le Pt05 (Aubigny-au-Bac) et le Pt06 (Féchain), les variations de débit spécifique peuvent être positives ou négatives. Ce comportement ne trouve pas d'explication simple, ni dans la piézométrie, ni dans la pluviométrie ou le régime hydrologique. Le débit absolu (en m³/s) est quant à lui toujours croissant (ou constant dans un cas) entre ces deux points.

Enfin, on note que la valeur du débit surfacique du Pt04 le 18/01/06 semble aberrante. Elle correspond à un débit mesuré de 56 l/s, alors qu'aucun écoulement n'a été observé plusieurs semaines avant et après ce jour. Des rejets artificiels pourraient en être la cause.

7.4.3 Première estimation des débits linéaires d'apport de nappe sur la Sensée

Dans les trois configurations hydrologiques évoquées ci-dessus (plutôt sec, médiane et plutôt humide), et sans apport pluviométrique préalable, la différence de débit entre un point de mesure et celui situé en amont immédiat est rapportée au linéaire de rivière séparant ces deux points. L'apport des affluents dont le débit est mesuré est au préalable retranché du débit aval (voir schéma ci-dessous).



Ainsi, en théorie, et en première estimation, on obtient le débit d'apport de la nappe par unité de linéaire de Sensée. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant.

Attention, il s'agit ici de trois valeurs prises arbitrairement, qui ne constituent pas en elles-seules une généralité. Les valeurs du tableau ci-dessous doivent donc être considérées comme des ordres de grandeur.

Tronçon de Sensée	Débits linéaires d'apport de nappe (l/s/km)			
	plutôt sec	médiane	plutôt humide	Moyenne
[Etaing ; Arleux]	73		58	65
[Pt04 Brunémont – Pt05 Aubigny]	0	13	9	7
[Pt05 Aubigny – Pt06 Féchain]	5	5	0	4
[Pt06 Féchain – Pt07 Wasnes]	120	152	117	130
[Pt07 Wasnes – Pt08 Paillencourt]	-79	-42	-109	-77
[Pt08 Paillencourt – Pt10 Pré-Piton]	52	155	129	112

Tableau 10 Première estimation des débits linéaires d'apport de nappe sur la Sensée

C'est sur le tronçon [Pt06 – Pt07] que l'alimentation de la Sensée par la nappe est la plus importante ; le nappe apporte à la rivière de l'ordre de 130 l/s/km de rivière. Comme évoqué dans le paragraphe précédent, la nappe est aussi très productive entre Pt08 et Pt10 (112 l/s/km, avec une forte disparité en régime sec).

On retrouve également dans ce tableau les pertes de débit observées entre Pt07 et Pt08. Elles s'élèvent à -77 l/s/km environ. Le débit absolu entre Pt07 et Pt08 chute de 100 à 260 l/s selon les situations hydrologiques. Ce chiffre est à comparer aux 54 l/s moyens (1 716 681 m³/an) pompés dans la nappe via le forage de Wasnes. Pour quantifier l'importance de l'impact de ce prélèvement sur les débits de la Sensée, la répartition temporelle de ces pompages pourra être affinée.

Enfin, la nappe semble très peu drainée entre Pt04 et Pt06, où les débits nappe – rivière sont en moyenne de l'ordre de 5 l/s/km. Sur la Sensée amont, le drainage de la nappe par la rivière est moyen par rapport au reste du bassin versant (65 l/s/km).

La modélisation hydrologique qui sera réalisée en Phase 4 devrait permettre de valider ou d'invalider ces ordres de grandeur.

7.5 ENSEIGNEMENTS DE L'ANALYSE HYDROLOGIQUE

Le régime hydrométrique de la Sensée à Etaing est essentiellement dépendant du régime hydrogéologique de la nappe de la craie. Le bassin versant réagit relativement peu aux ruissellements comparativement aux autres bassins versant voisins (cf. courbe des débits classés). Le soutien de la nappe en étiage s'élève à 2 l/s/km² en moyenne à Etaing.

Les épisodes les plus extrêmes mesurés à la station d'Etaing depuis son ouverture en 1992 sont :

- une crue de période de retour 27 ans lors de la tempête de décembre 1999, et deux autres crues décennales (juill. 2005 et mars 1995) ;
- deux étiages de période de retour 10 et 9 ans en 1998 (fin d'été) et 1997 (tardif).

Malgré des épisodes pluvieux contrastés, les débits de la Sensée étant fortement tributaires des alimentations de la nappe de la craie, les trois ans de mesures réalisés en phase 2 de l'étude n'ont pas permis d'observer de périodes de très hautes eaux (crue de période de retour 2 ans maximum

en août 2008). Des basses eaux ont cependant été observées en début de campagne, lors de l'été d'août 2006, de période de retour 6 ans.

Néanmoins, la campagne de mesures réalisée a permis d'établir des profils en long des débits de la Sensée, mettant en exergue plusieurs éléments de compréhension du fonctionnement hydrologique du bassin versant.

L'absence d'alimentation de la Sensée aval se traduit par des débits très faibles, voire nuls, jusqu'à Féchain.

Mais entre Féchain (Pt06) et Wasnes-au-Bac (Pt07) d'une part, et entre Paillencourt (Pt08) et le Pré-Piton (Pt10) d'autre part, on constate un apport de débit très important : respectivement 130 l/s/km de rivière et 112 l/s/km, provenant du drainage de la nappe par la Sensée.

Entre ces deux tronçons, c'est-à-dire entre Wasnes (Pt07) et Paillencourt (Pt08), on observe à l'inverse une diminution du débit de la Sensée, de -42 à -109 l/s/km selon les configurations hydrologiques. Une analyse plus fine pourra permettre de déterminer si ce phénomène est imputable à des causes physique (drainage par la nappe), morphologique (rôle tampon des marais) ou anthropique (prélèvement de Wasnes), le « ou » n'étant pas exclusif.

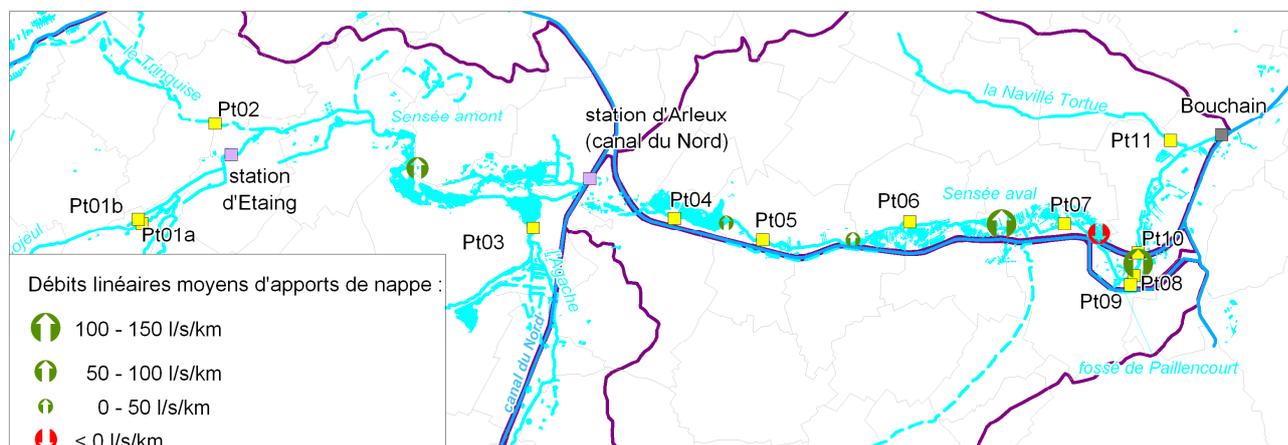


Figure 39 Apports linéaires de nappe vers la Sensée

8 ANALYSE HYDROGEOLOGIQUE

L'analyse hydrogéologique concerne le bassin-versant qui supporte l'ensemble des écoulements souterrains impliquant la rivière de la Sensée et ses affluents. Ce bassin-versant hydrogéologique de la Sensée a été déterminé sur la base de mesures piézométriques d'échelle régionale (cf. 8.3.1). Il s'étend grossièrement de Bapaume aux environs d'Orchies et figure un polygone d'axe sud-ouest/nord-est de 23 km sur 55 km.

8.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE

8.1.1 Stratigraphie

Sur le territoire concerné par l'étude, les principales formations affleurantes sont : la craie Sénon-turonienne (64%) et les sables et argiles Tertiaires (36%) (cf. Figure 40).

La description suivante se limite aux formations situées dans les quatre-vingt premiers mètres sous la surface du terrain naturel car elles sont le siège des écoulements souterrains principaux.

De haut en bas, on trouve :

- **Limons**

Les limons sont des dépôts éoliens (loess) sur les plateaux et des limons de lavage au pied des pentes et talwegs. Ils présentent jusqu'à 25 m d'épaisseur sur les plateaux du sud du territoire.

- **Alluvions modernes**

Ce sont des dépôts fluviaux hétérogènes, composés de sables, cailloutis de silex et de craie, dépôts limoneux et tourbe. La tourbe se présente sous forme de lentilles.

- **Dépôts tertiaires**

Ils subsistent sous forme de buttes ou collines (massif de Bellonne et colline d'Oisy-le-Verger). Ils se sont déposés au cours d'une phase de transgression marine sur le substratum crayeux sous-jacent. Les dépôts les plus anciens de cette série sont les argiles de Louvil avec à leur base des sables fins. Ils sont surmontés par des séries sableuses puis éventuellement argileuses.

- **Craie sénonienne**

Il s'agit d'une craie blanche qui peut atteindre une cinquantaine de mètres d'épaisseur. On la retrouve au contact avec les limons ou les dépôts tertiaires.

- **Craie turonienne**

Elle consiste en une craie grise à silex. Sa limite avec la craie sénonienne est difficile à établir.

- **Marnes du Turonien moyen**

Marnes gris-bleu (« Dièves bleues ») dont l'épaisseur varie entre 40 et 20 mètres.

Ces couches surmontent les assises marneuses du Turonien inférieur (20 à 40 mètres de puissance), marno-crayeuses du Cénomanién (20 mètres d'épaisseur au maximum) avant d'atteindre les terrains primaires qui comprennent notamment les terrains houillers.

Les Figure 41 à Figure 43 présentent des profils géologiques du bassin-versant hydrogéologique de la Sensée. La localisation de ces coupes et leur légende sont présentées sur la Figure 40. La couche des marnes du Turonien moyen n'est pas représentée jusqu'à sa limite inférieure.

Ces coupes ont été faites sur la base des sondages recensés à la Banque du Sous Sol (BSS) gérée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM). Elles s'appuient également sur la lecture des cartes géologiques au 1/25 000° de la région.

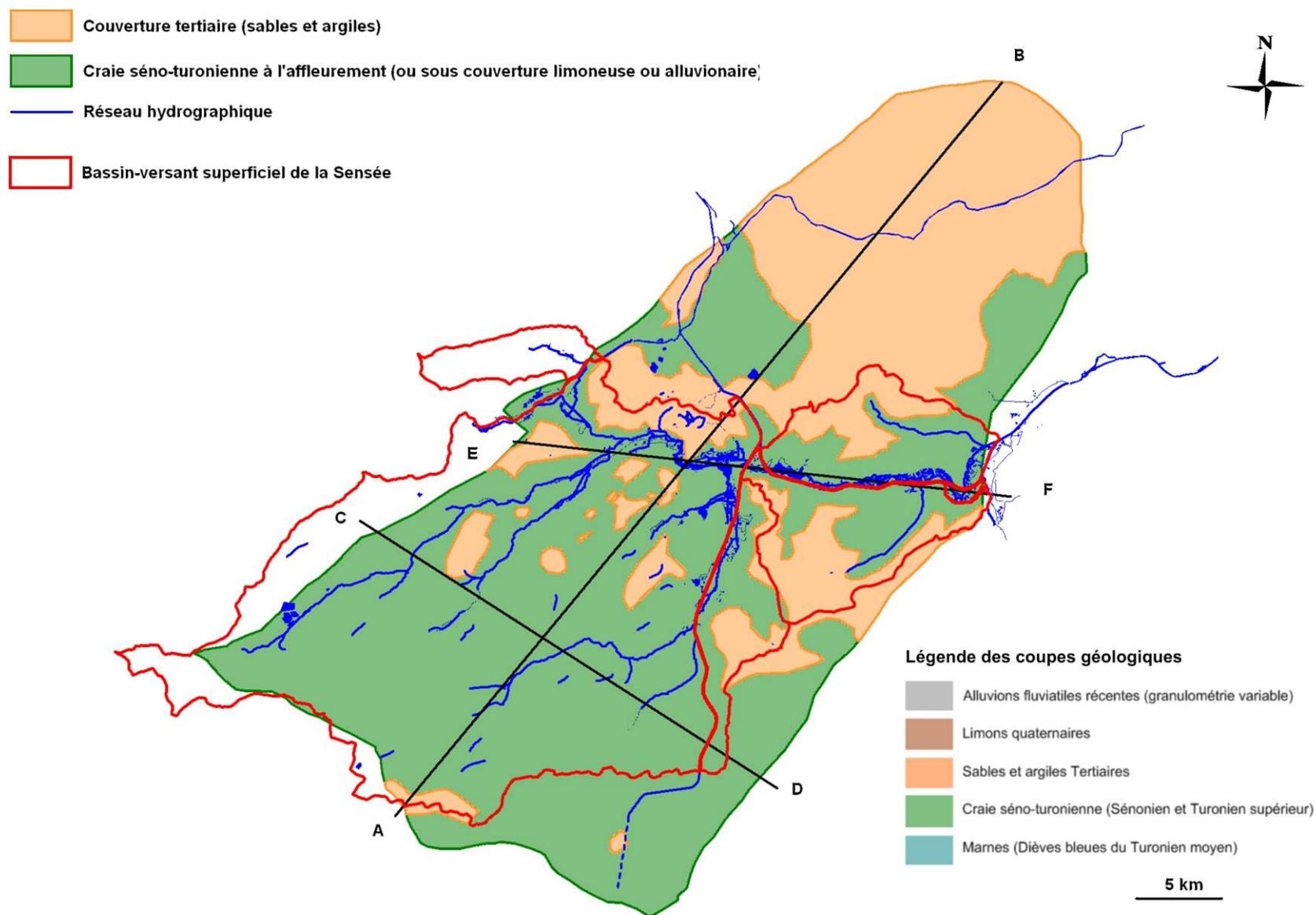


Figure 40 Carte géologique schématique du bassin-versant hydrogéologique. Localisation des profils géologiques

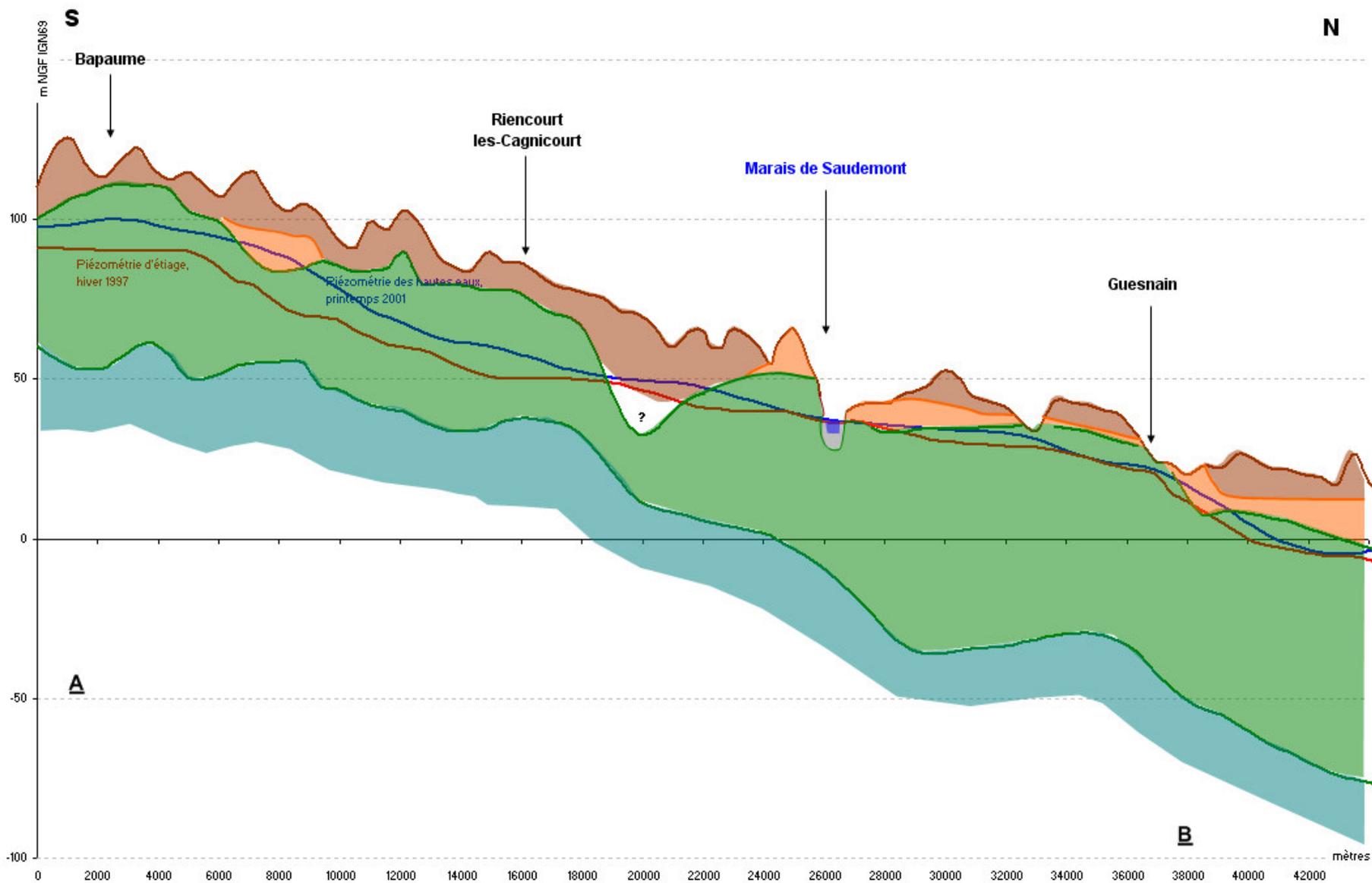


Figure 41 Coupe géologique A - B, figuré de la piézométrie de hautes eaux 2001 et de la piézométrie d'étéage 1997

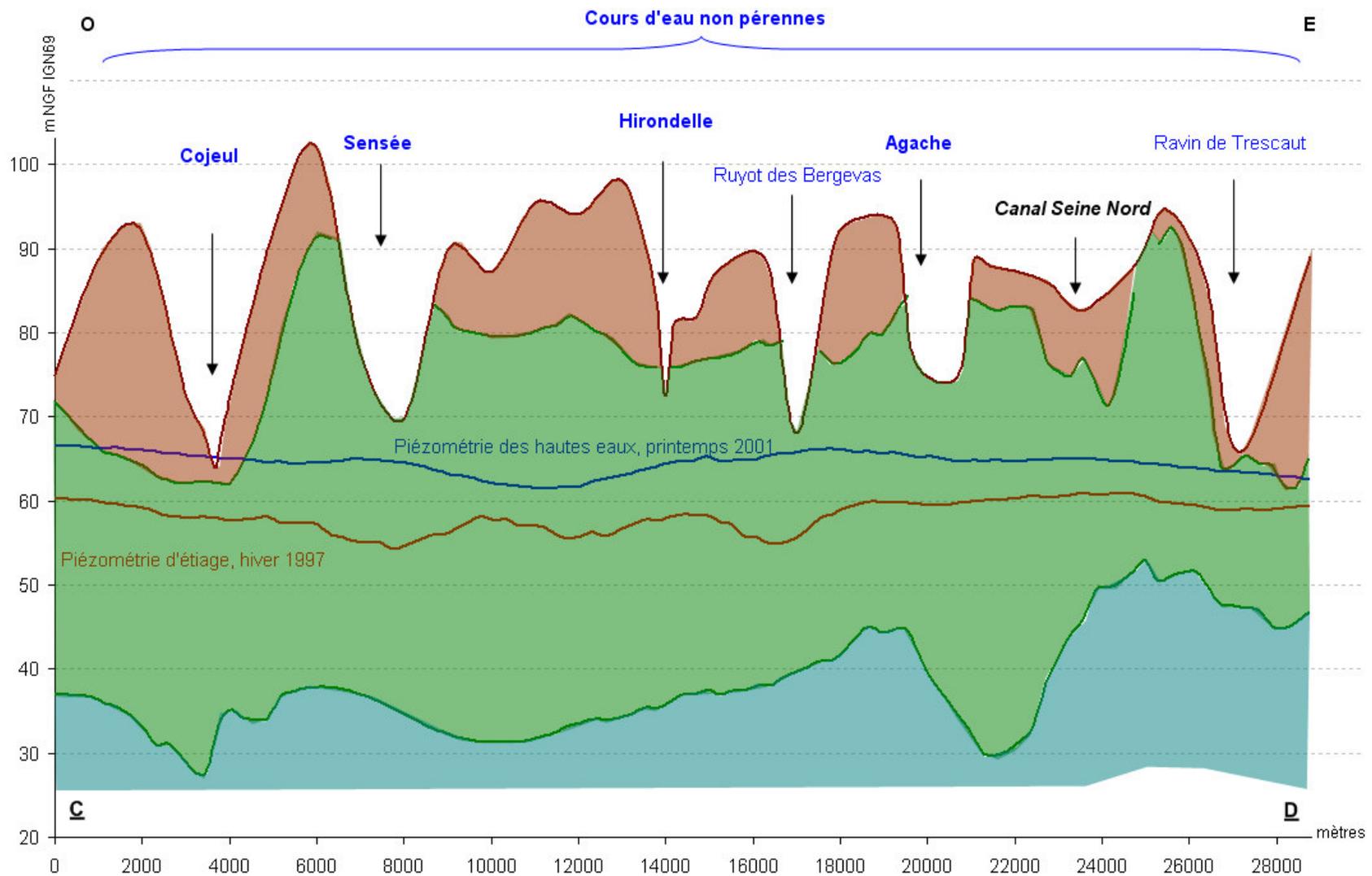


Figure 42 Coupe géologique C - D, figuré de la piézométrie de hautes eaux 2001 et de la piézométrie d'étéage 1997

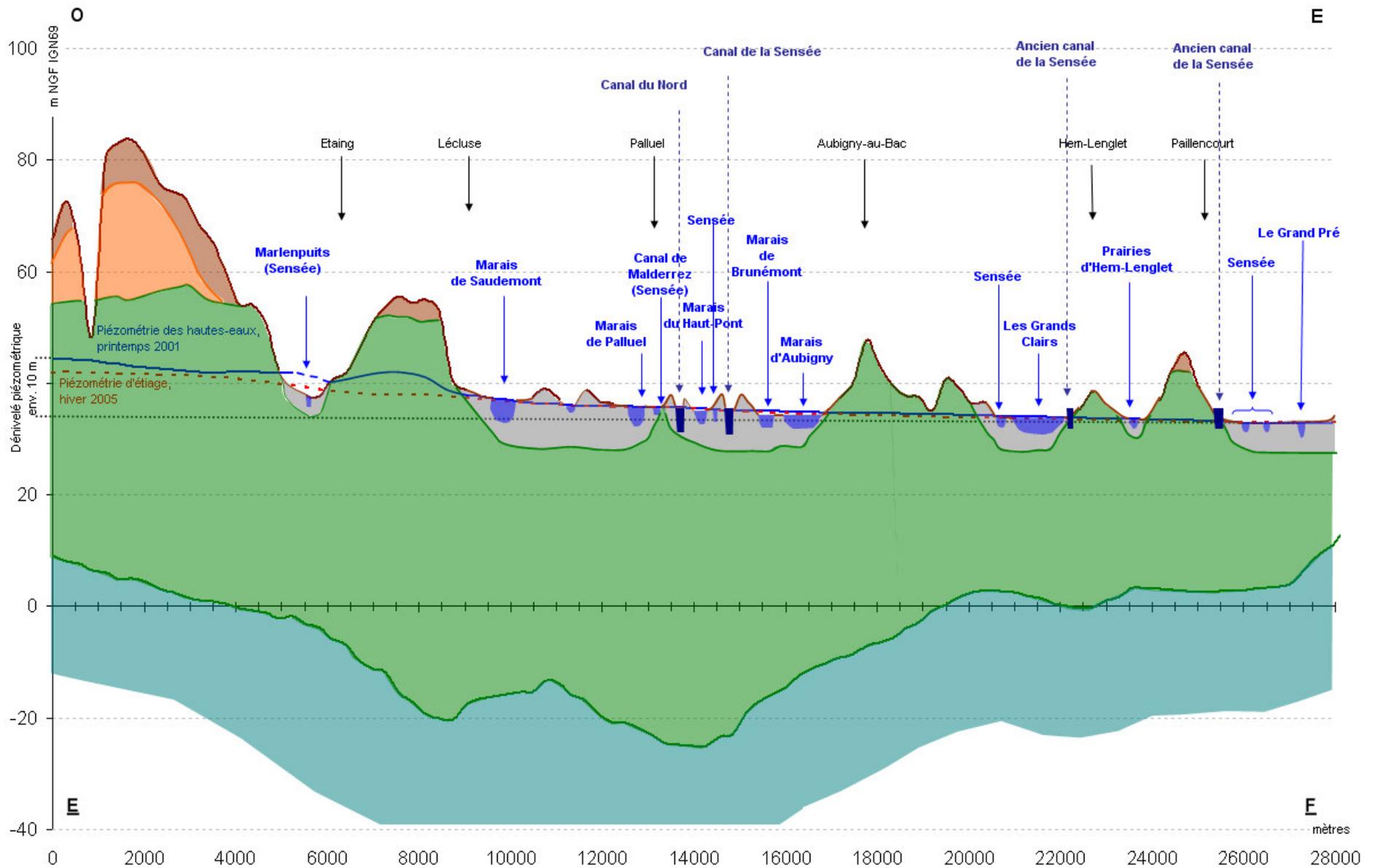


Figure 43 Coupe géologique E - F, figuré de la piézométrie de hautes eaux 2001 et de la piézométrie d'été 2005

8.1.2 Géologie structurale

Les profils des Figure 41 à Figure 43 révèlent les points suivants :

- La craie séno-turonienne plonge du sud-ouest vers le nord-est avec un pendage compris entre 3 et 4 ‰.
- Au droit de la Vallée de la Sensée, le mur de la craie séno-turonienne présente une forme d'hémicycle ouvert au nord. La Figure 43 montre le relèvement vers l'ouest et vers l'est du mur de l'assise séno-turonienne à partir d'un point bas situé au droit de Palluel sur cette coupe.
- Sur les coteaux, le mur de la craie séno-turonienne présente des ondulations.
- Un amincissement de la craie séno-turonienne est observable dans une bande d'axe Moeuvres-Guémappe. Cette zone coïncide avec l'inflexion du toit des marnes du Turonien moyen.
- Les vallées sont creusées dans la craie ; dans les fonds de vallée, la craie est recouverte de dépôts alluviaux.

La Figure 44 présente les principales failles affectant le territoire. Deux groupes se distinguent : les failles d'axe nord-ouest/sud-est et les failles d'axe pratiquement nord-sud. La principale d'entre elles (NW-SE) est la faille de Marqueffles, qui s'arrête dans le voisinage de Boiry-Notre Dame. Elle met en contact la craie séno-turonienne au nord-est et la craie marneuse cénomaniennne au sud-ouest.

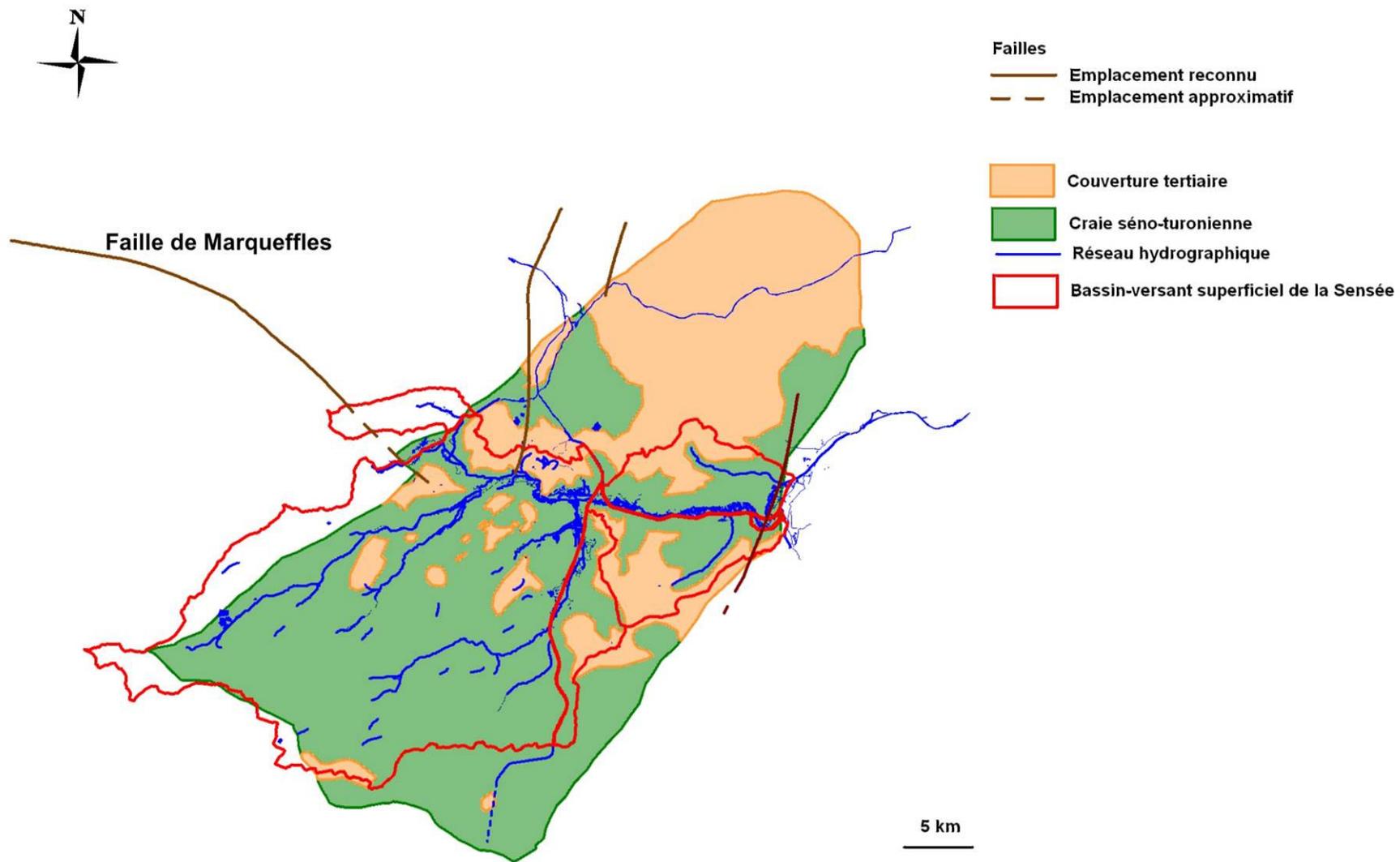


Figure 44 Carte simplifiée des structures géologiques affectant le bassin-versant hydrogéologique

8.1.3 Analyse des sondages existants

L'analyse géologique s'est basée sur les sondages recensés à la BSS. Près de 400 sondages ont été retenus pour renseigner la géométrie des différentes couches géologiques. Ces renseignements ont été complétés par les sondages exécutés par le Syndicat Interdépartemental Des Eaux du Nord de la France (SIDEN) aux alentours de ses champs captant d'Arleux et de Wavrechain-sous-Faulx, par les sondages effectués par Voies Navigables de France (VNF) le long du Canal de la Sensée et par les sondages effectués par l'Institution Interdépartementale de la Vallée de la Sensée dans le cadre de la mise en place du réseau de surveillance piézométrique.

8.1.3.1 Géométrie des assises principales

→ Les limons :

Leur épaisseur est comprise entre 0 et 25 m. Les zones les plus épaisses se trouvent sur les plateaux.

→ Les couches tertiaires :

Elles atteignent une cinquantaine de mètres au maximum, dans la zone nord du bassin-versant.

→ La craie séno-turonienne :

La craie a une épaisseur comprise entre 5 et 100 m. Dans certaines zones, la partie supérieure de la craie peut présenter un faciès d'altération (« craie congloméroïde »). Ce faciès a notamment été relevé sous la Vallée de la Sensée aval (entre Brunémont et Paillencourt) par le BRGM.

Des cartes de l'altitude du toit et du mur de la craie séno-turonienne ont été tracées sur la base des données de sondages collectées et analysées. Elles sont présentées dans les figures suivantes (Figure 45, Figure 46).

Ces cartes montrent que le mur et le toit de la craie séno-turonienne plongent conjointement du sud-ouest vers le nord-est. Le mur de la craie présente une zone de replat à $-30\text{ m}^{(5)}$ d'altitude vers Estrees - Goeulzin. Le minimum est atteint au droit de Vred - Marchiennes avec une altitude de -80 m .

Le toit de la craie présente les particularités suivantes (du sud-ouest vers le nord-est):

- Le long d'un axe Bournon - Haynecourt, le toit de la craie présente une crête surélevée aux environs de 65 m d'altitude.
- Le toit de la craie est marqué par un surcreusement au droit de la Vallée de la Sensée.
- Le replat du mur de la craie aux environs d'Estree-Goeulzin se retrouve également dans la géométrie du toit de la craie.
- Au droit de Brebières, le toit de la craie présente une butte de cote 40 m .
- Au droit de Monchecourt, le toit de la craie forme une butte de cote 40 à 60 m .

⁵ Les données altimétriques sont systématiquement données en m NGF IGN69.

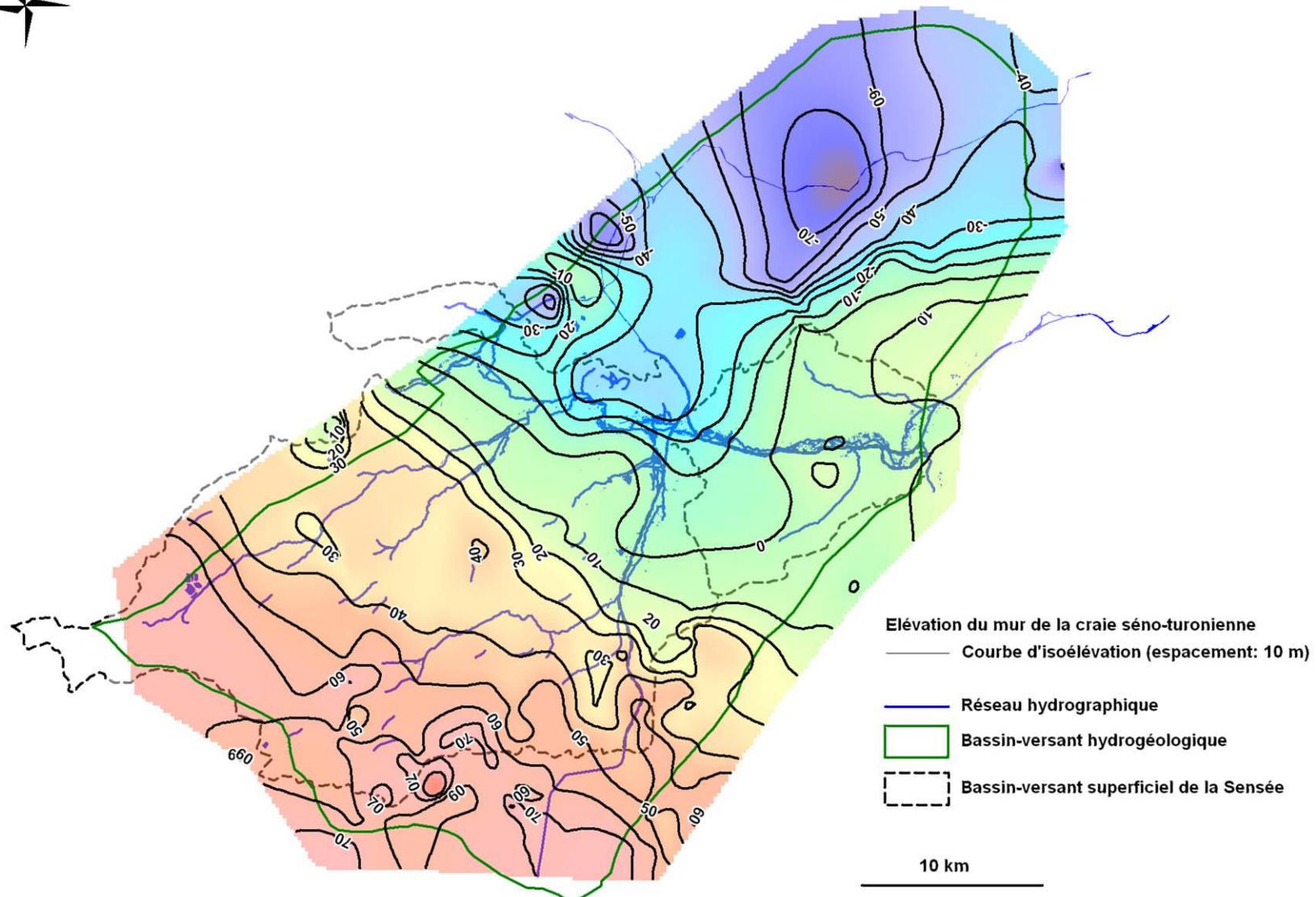


Figure 45 Elévation du mur de la craie séno-turonienne

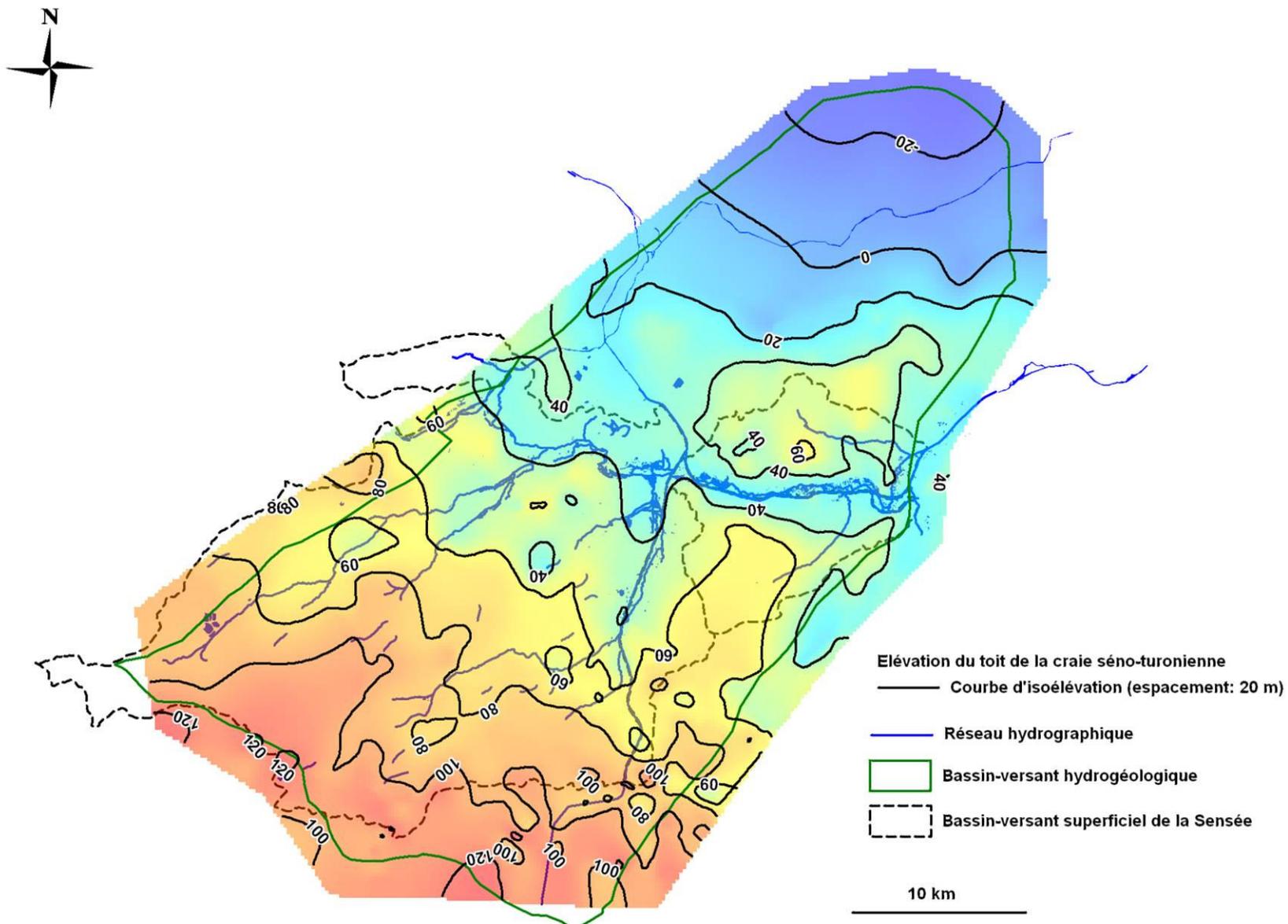


Figure 46 Elévation du toit de la craie séno-turonienne

→ Les alluvions :

Ils se concentrent dans les vallées humides : Sensée, Trinquise, Agache. Leur épaisseur varie entre 0 et 10 m. Ils sont constitués d'alluvions fines (argiles, sables) chargée de matières organiques et renferment des lits tourbeux exploités par le passé. Des bancs plus grossiers (graviers, nodules de craie) sont également relevés par endroits.

La présence discontinue de tourbe a été constatée à divers endroits dans ces dépôts alluviaux (BRGM, VNF). Les dépôts tourbeux sont discontinus (cf. Figure 47). L'épaisseur la plus importante relevée à la BSS est de 6 m (Sains-lès-Marquion, Aubigny-au-Bac).

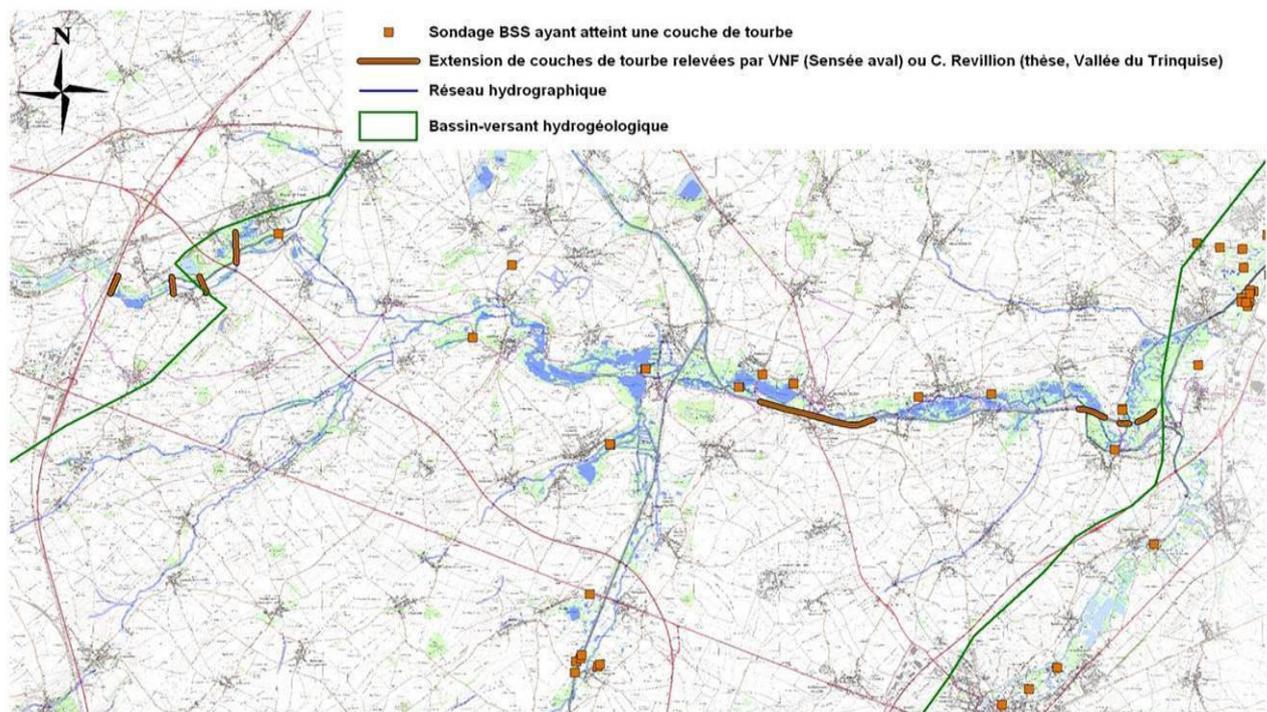


Figure 47 Localisation des lits tourbeux

8.1.3.2 Détail des vallées

Afin de mieux comprendre la complexité de la morphologie des dépôts alluviaux de fond de vallée, une coupe schématique N-S a été effectuée au droit de Hem-Lenglet (Figure 48). Les lits tourbeux sont sous forme lenticulaire. Ils ne présentent de continuité ni dans le sens de la longueur de la vallée ni dans le sens de la largeur. De même les lits plus grossiers sont discontinus.

Les niveaux tourbeux ayant été exploités, ils ont souvent fait place à des marais. La position du fond de ces marais par rapport au substratum crayeux pourra être précisée grâce aux relevés bathymétriques menés par le géomètre.

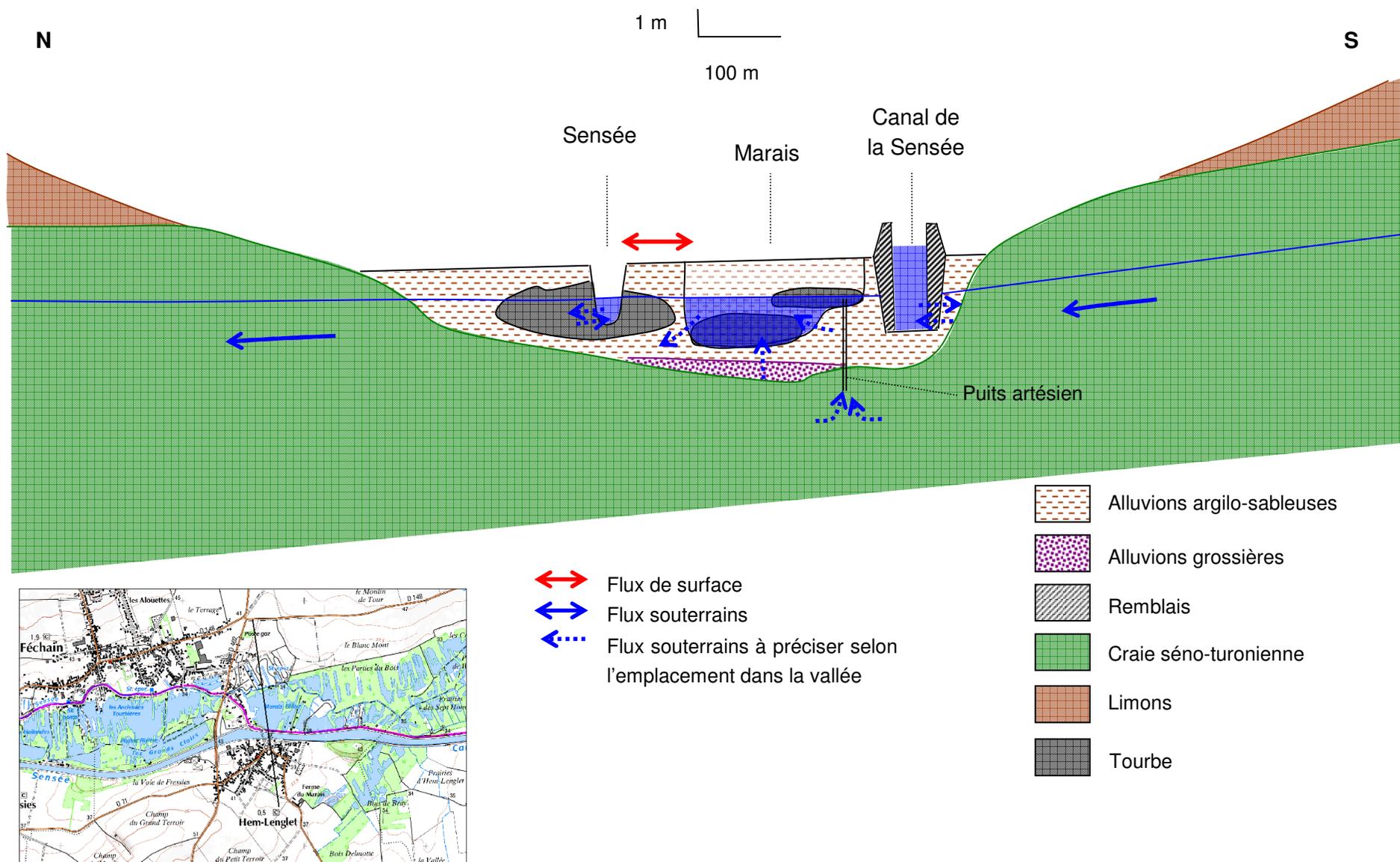


Figure 48 Coupe schématique de la vallée de la Sensée dans le secteur d'Hem-Lenglet. Schéma de principe des écoulements

8.2 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

8.2.1 Nature des aquifères

Les principales nappes connues dans la zone d'étude sont :

- **La nappe des Sables tertiaires** dont la base est formée par le niveau imperméable des Argiles de Louvil. Son extension est limitée aux buttes témoins tertiaires au sud du bassin-versant hydrogéologique. Au nord, le recouvrement tertiaire se généralisant, la nappe tertiaire s'étend. Elle est libre.
- **La nappe de la Craie séno-turonienne** : elle circule dans les fissures de la craie séno-turonienne. Son régime est libre dans la partie sud du bassin-versant hydrogéologique puis captif sous le recouvrement tertiaire au nord. Le substratum imperméable de cette nappe est formé par les marnes du Turonien moyen.
- **La nappe des alluvions** : elle est présente dans les vallées alluvionnaires (Sensée à partir de Remy, Cojeul à partir de Boiry-Notre-Dame, Hirondelle à partir de Saudemont, Trinquise, Agache à partir de Sains-lès-Marquion). Les relations entre cette nappe, celle de la craie sous-jacente et les niveaux d'eau des plans d'eau et de la Sensée sont complexes et font partie intégrante de cette étude (cf. 8.4).

8.2.2 Propriétés hydrodynamiques

→ Aquifère de la craie séno-turonienne :

Comme signalé précédemment, la nappe de la craie séno-turonienne circule préférentiellement dans les fissures de l'aquifère crayeux. Ces fissures sont le résultat d'une altération physico-chimique et/ou tectonique. L'altération physico-chimique a lieu de haut en bas ce qui implique une fissuration plus élevée de la craie dans sa partie supérieure.

L'aquifère de la craie présente une anisotropie de ses propriétés hydrodynamiques. La craie des vallées (aussi bien sèches qu'humides) est réputée plus fissurée et donc plus conductrice. Au contraire la craie des zones de plateau, sous couverture limoneuse, est moins altérée et moins perméable.

La bibliographie présente les valeurs suivantes :

- Transmissivité :

Pour l'aquifère de la craie séno-turonienne du nord de la France : $2.8.10^{-1}$ à $4.2.10^{-5}$ m²/s⁽⁶⁾

Pour l'aquifère de la craie séno-turonienne dans la zone du bassin-versant superficiel de la Sensée : $1.5.10^{-1}$ à 10^{-4} m²/s⁽⁷⁾

⁶ Aquifères et Eaux souterraines en France, BRGM-AIH éditions (2006)

⁷ CUDL-Vallée de la Sensée - Evaluation des Ressources en eau potable souterraine, ANTEA A 01357 (1995)

- Perméabilité

Pour l'aquifère de la craie séno-turonienne dans la zone du bassin-versant superficiel de la Sensée : 3.10^{-3} à $3.3.10^{-6}$ m/s⁽⁷⁾

Zone de plateau : $K < 10^{-5}$ m/s⁽⁷⁾

Zone de vallée sèche : 10^{-5} m/s $< K < 10^{-3}$ m/s⁽⁷⁾

Zone de vallée humide : $K > 10^{-3}$ m/s⁽⁷⁾

Les essais de pompage effectués par la SIDEN sur ses forages/piézomètres d'Arleux, Bugnicourt et Wavrechain-sous-Faulx montrent effectivement que le long de la Vallée de la Sensée, les perméabilités s'étalent entre 10^{-3} et 10^{-4} m/s. Les essais de pompage effectués par le BRGM révèlent des perméabilités supérieures à 10^{-3} m/s au droit même de la Vallée de la Sensée.

- Coefficient d'emmagasinement

Zone de plateau libre : 0.2%⁽⁶⁾

Zone de vallée humide libre: 2 à 3%⁽⁸⁾

Zone de vallée humide captive : 0.1 à 0.01%

Zone captive sous les sables tertiaires : 0.2% en moyenne⁽⁶⁾

Les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère présentent également une stratification verticale. La zone fissurée, conductrice se limite à certaines portions de la craie, généralement sa partie supérieure. La géométrie de la tranche aquifère de la craie serait donc conditionnée par la géométrie du toit de l'aquifère (cf. Figure 46). Les essais au micromoulinet qui nous ont été fournis par la SIDEN sur ses forages d'Arleux et Bugnicourt confirment l'existence de passées plus conductrices, celles-ci sont en général dans la partie supérieure de la craie (15 premiers mètres). Cependant, des arrivées d'eau importantes peuvent se situer à la base de l'aquifère.

→ **Autres aquifères de la zone :**

Ni la bibliographie, ni les relevés disponibles à la BSS ne présentent de valeurs pour les autres aquifères de la zone. Néanmoins, des tendances relatives peuvent être admises. Les limons et formations tertiaires sont moins perméables que la craie. De même, les alluvions fines et la tourbe sont peu perméables et freinent les écoulements. Les alluvions grossières ont une perméabilité élevée, mais leur extension est très localisée.

⁸ Interprétation des essais de débit réalisés en 1960 et 1961 dans la vallée de la Sensée, Dassonville, Dezwarte, Emsellem, BRGM, DSGR64A7

8.3 PIEZOMETRIE DE LA NAPPE DE LA CRAIE

8.3.1 Piézométrie générale et définition du bassin-versant

La piézométrie moyenne relevée sur le Nord Pas de Calais par l'Agence de l'Eau Artois Picardie est présentée dans la Figure 49. L'allure de la surface piézométrique moyenne traduit les faits suivants :

- Les écoulements mettant en jeu la Sensée ont lieu selon un axe sud-ouest/nord-est.
- La Sensée est sub-perpendiculaire aux écoulements et ne constitue pas une frontière hydrogéologique.
- La faille de Marqueffles (Figure 44) affecte la surface piézométrique au nord d'Arras. Elle joue un rôle de frein aux écoulements souterrains qui induit une divergence importante des écoulements entre Pelves et Arras.

Le bassin-versant hydrogéologique de la Sensée a été déterminé sur la base de la piézométrie de hautes eaux 2001 et est cohérent avec la piézométrie d'étiage 1997.

Les limites de ce bassin-versant sont : au sud, une crête piézométrique oscillant autour de 100 m d'altitude (entre Monchy-au-Bois et Villers-au-Flos); à l'ouest et à l'est, deux lignes de courant se rejoignant au nord à une altitude voisine de 0 m au droit de Millonfosse, à près de 27 km de la Sensée. Un décrochement au voisinage de Pelves a été affecté aux frontières du bassin-versant : il s'appuie sur la faille de Marqueffles et englobe la partie amont de la vallée du Trinquise jusqu'à sa rive gauche, où il s'appuie sur une ligne de courant. Cette géométrie permet d'intégrer cette zone dont les enjeux sont importants au bassin-versant hydrogéologique tout en évitant une extension jusqu'au voisinage d'Arras.

La surface couverte par le **bassin versant hydrogéologique** est de 1130 km². **Il est donc bien plus grand que le bassin versant hydrographique.** Cependant, quelques communes limitrophes n'en font pas partie : Beaurains, Bienvillers-au-Bois, Ficheux, Fresnes-les-Montauban, Gavrelles, Hannescamps, Hendecourt-les-Ransart, Plouvain.

Le long de son axe d'écoulement, la nappe passe d'un régime libre à un régime captif⁹, sous les sables tertiaires du nord du bassin-versant.

La dépression située au nord est accentuée par les prélèvements importants des forages de Pecquencourt (env. 18000 m³/jour en 2007) et Wandignies-Hamage (env. 7000 m³/jour en 2007). Ces champs captant ont été progressivement mis en place pendant la première moitié du XX^e siècle et leur impact sur la piézométrie est visible sur la Figure 50 (abaissement compris entre 5 et 10 m selon le niveau de recharge) et sur la coupe présentée à la Figure 41. Les écoulements sud-ouest/nord-est sont renforcés par ces prélèvements. Des variations des volumes soustraits à cet endroit pourraient induire des changements dans l'allure de la piézométrie et dans le tracé des limites du bassin-versant dans cette zone.

⁹ Régime libre : Une nappe est dite libre lorsque sa surface est à la pression atmosphérique.

Régime captif : Une nappe est dite captive si elle est surmontée par une formation peu ou pas perméable et si la charge hydraulique de l'eau qu'elle contient se situe au dessus de cet épente. Sa surface est à une pression supérieure à la pression atmosphérique.

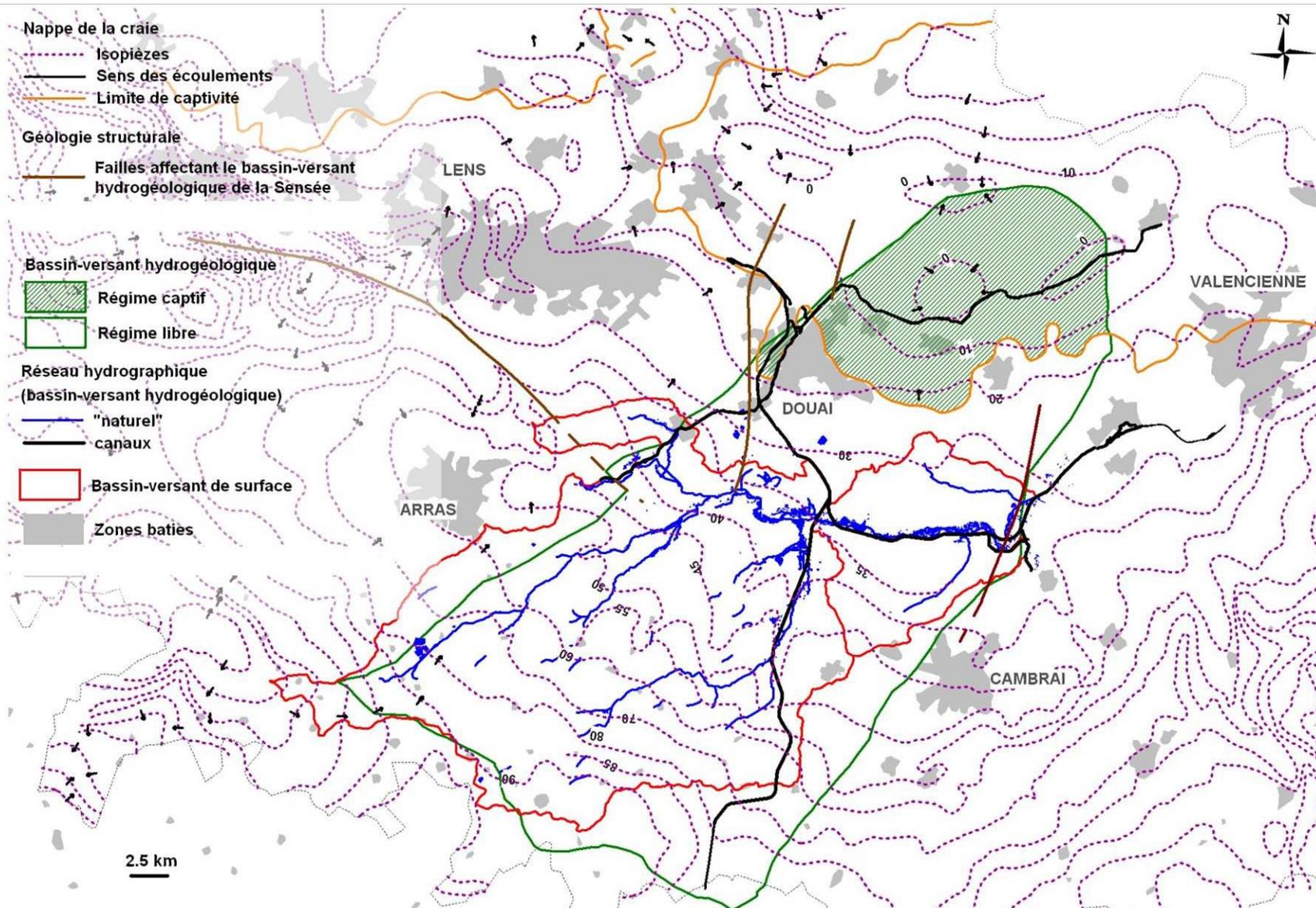


Figure 49 Piézométrie moyenne sur le Nord Pas De Calais, limites du bassin-versant hydrogéologique. Données : Agence de l'Eau Artois Picardie

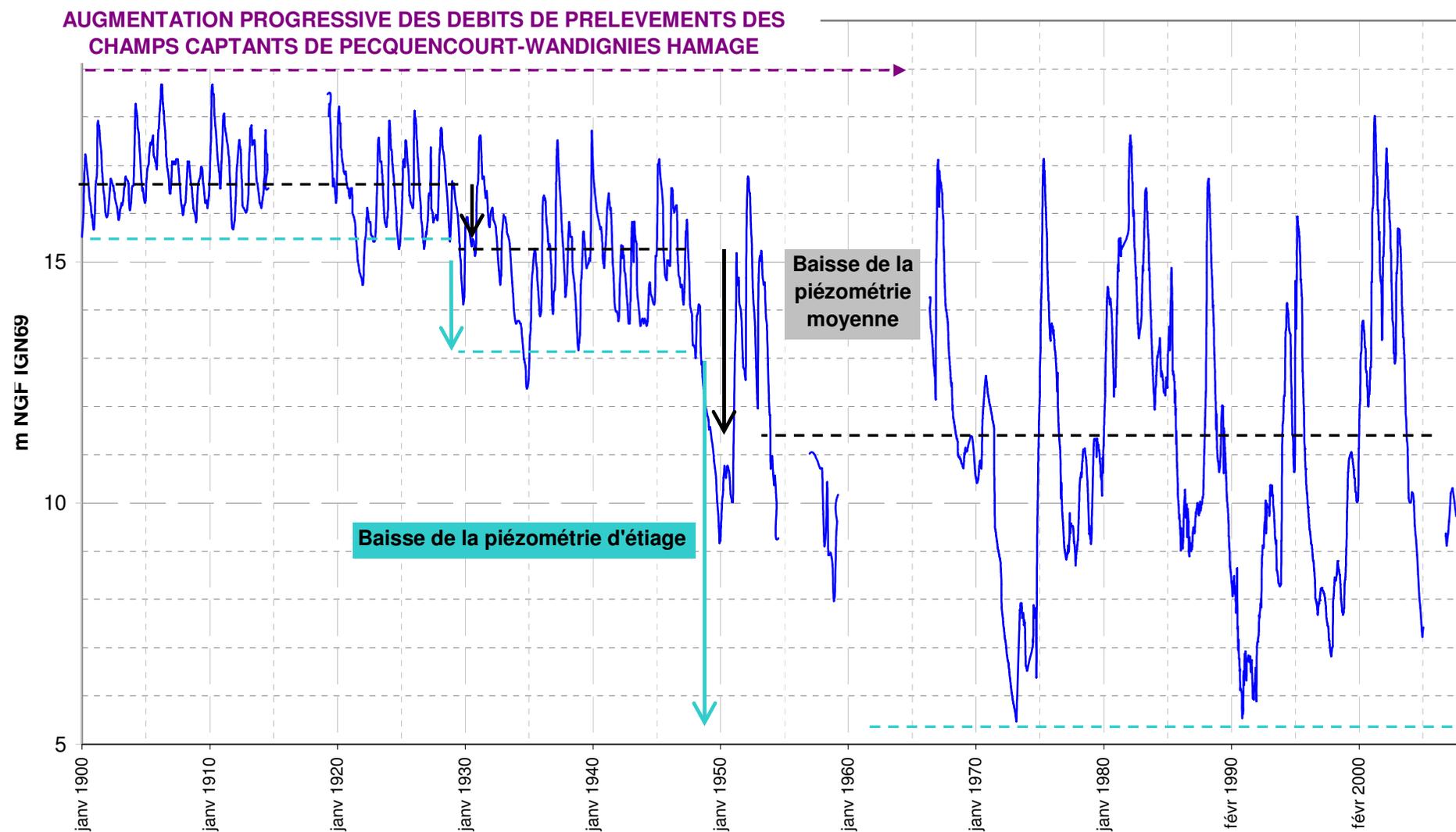


Figure 50 Evolution de la piézométrie de la nappe de la craie au nord de la vallée de la Sensée (régime libre)

8.3.2 Piézométrie du bassin-versant hydrogéologique de la Sensée

De nombreuses sources sont présentes sur le bassin-versant en amont hydrogéologique de la Sensée (Rémy, Rumaucourt, Baralle). Elles correspondent à l'intersection de la nappe avec le terrain naturel (cf. Figure 52, Figure 53). C'est à ce niveau qu'apparaissent les écoulements pérennes de la Sensée, du Cojeul, de l'Hirondelle et de l'Agache. Les sources d'Estrun (cf. Figure 54), Paillencourt et Wavrechain-sous-Faulx résultent du même phénomène et ajoutent leurs débits à ceux de la Sensée aval.

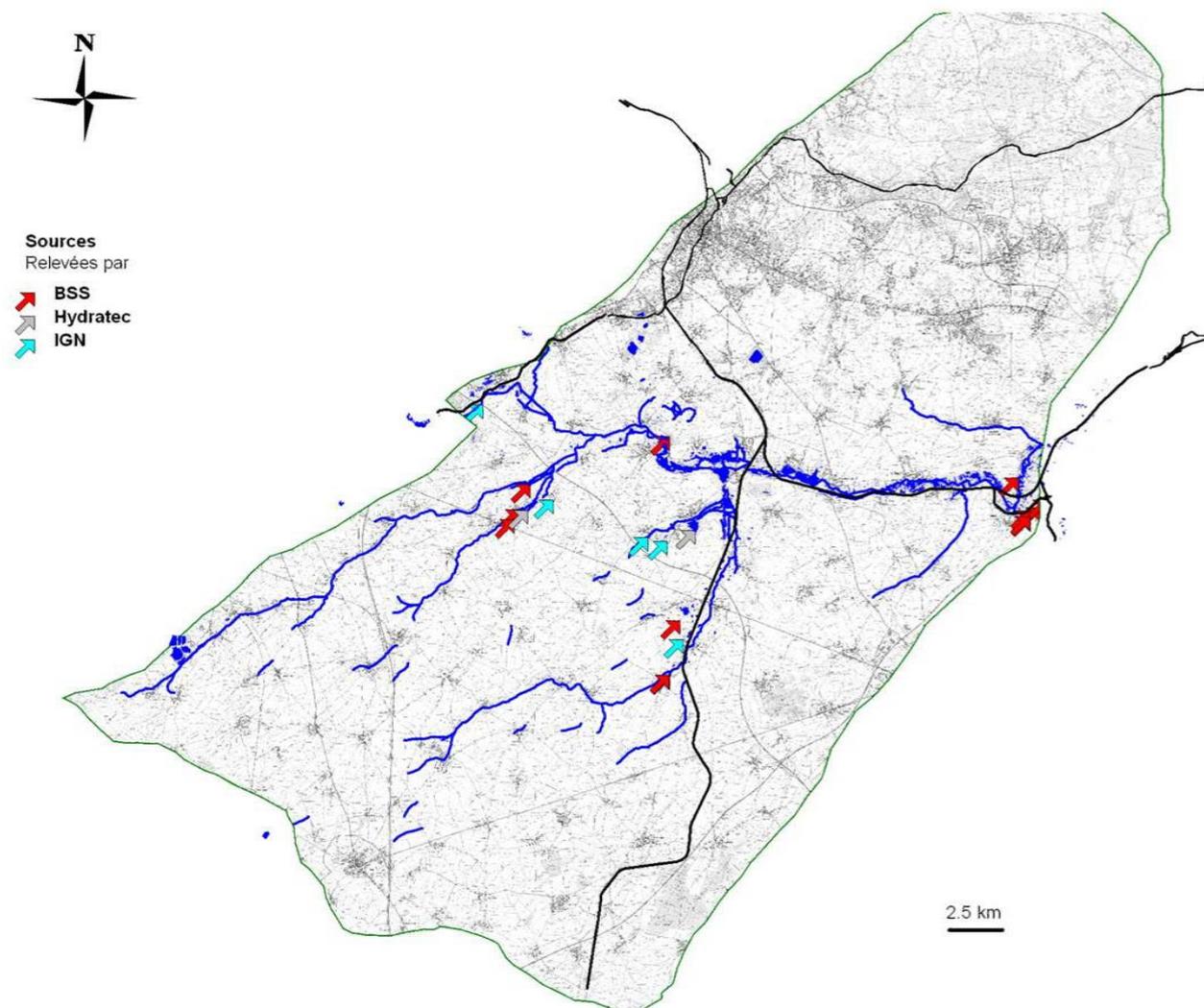


Figure 51 Sources de la craie (non exhaustif)

Des études ont relevé, notamment dans la région d'Arras, une migration généralisée des sources vers l'aval. Nous ne pouvons pas appliquer cette observation de manière certaine dans le bassin-versant de la Sensée : les personnes âgées citent un écoulement pérenne de la Sensée dès Fontaine lès Croisilles, mais un mémoire de 1869 faisant le bilan des sources de la région de Douai⁽¹⁰⁾ note, pour la Sensée, uniquement les sources déjà décrites. Une telle migration traduirait une baisse du niveau piézométrique.

¹⁰ Mémoire sur l'étude pratique d'une alimentation d'eau potable pour la ville de Douai, Aimé Parsy, 1869.



Figure 52 Source de la Sensée (fossé d'Haucourt)



Figure 53 Source de la Brogne (Cojeul)



Figure 54 Source de l' « Abreuvoir » (Estrun)

Les données piézométriques disponibles sur le bassin-versant hydrogéologique de la Sensée, dont nous avons décrit l'étendue au paragraphe 8.3.1, sont issues (Figure 55) :

- Des chroniques piézométriques de l'Agence de l'Eau (1970-2008, voire 1960-2008)
- Des chroniques piézométriques du SIDEN (2004-2008). Trois de ses piézomètres sont équipés en doublon (craie, alluvions) et les étangs à proximité ont fait l'objet de mesures concomitantes : Pz28, Pz29, Pz30.
- Des relevés effectués sur les piézomètres de l'Institution Interdépartementale de la Vallée de la Sensée implantés pendant l'étude (2005-2008).
- Ponctuellement, de recherches effectuées à la BSS

Sur la base de ces données, les analyses suivantes ont pu être menées :

1. Détermination et caractérisation des périodes d'étiage et de hautes eaux de nappe depuis 1970
2. Etablissement de cartes piézométriques pour différentes périodes de hautes eaux et d'étiage. Les cartes piézométriques sont des « photographies » de la surface de la nappe à un instant donné.
3. Orientation des écoulements pour ces différentes périodes
4. Remplissage du réservoir de la craie séno-turonienne à ces différentes périodes
5. Relations entre les écoulements souterrains et les écoulements de surface

 **L'unité de temps employée dans les analyses n'est pas l'année calendaire, mais l'année hydrologique.** Une année hydrologique est comprise entre deux périodes d'étiages consécutifs (du 1^{er} septembre de l'année n-1 au 31 août de l'année n). Ainsi, l'année hydrologique 2008 a commencé le 1^{er} septembre 2007 et s'est finie le 31 août 2008.

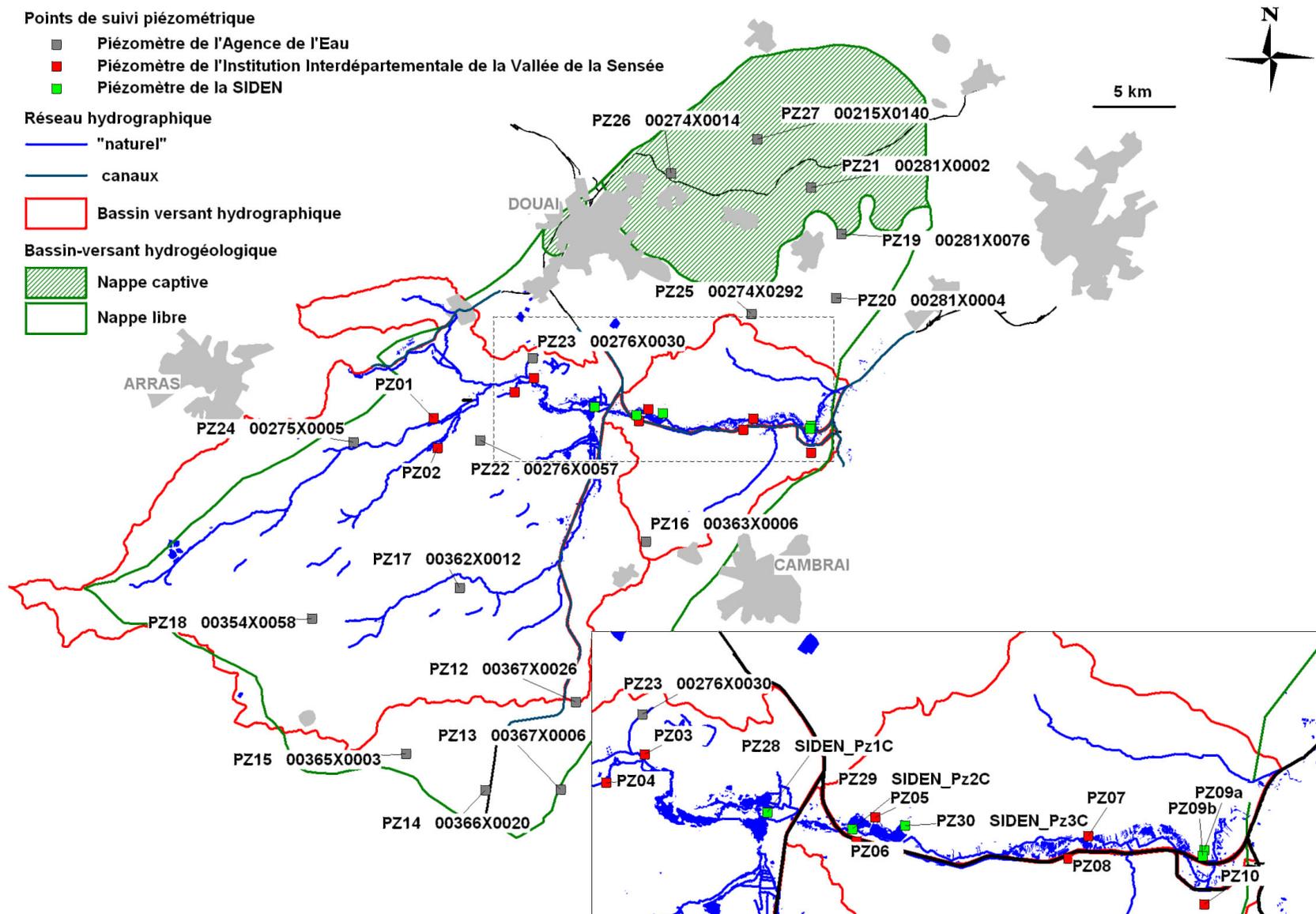


Figure 55 Réseau piézométrique

8.3.2.1 Détermination et caractérisation des périodes d'étiage et de hautes eaux de nappe depuis 1970

De manière générale, la nappe connaît des fluctuations de deux ordres de grandeur :

- **Saisonniers** : comme il a été montré dans la partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, en moyenne, les pluies ne sont efficaces que de décembre à mars, ce qui limite la recharge de la nappe à une période courte. Les hautes eaux ont lieu au cours du printemps (selon la localisation dans le bassin-versant et l'année considérée, entre mars et juin), l'étiage a lieu à la fin de l'automne - début de l'hiver (selon la localisation dans le bassin-versant et l'année considérée, entre novembre et décembre).

- **Interannuelles** : l'importance des pluies et donc de la recharge de la nappe est variable d'une année à l'autre. Ceci se traduit par des variations interannuelles du niveau de la nappe. Les années hydrologiques 2006 à 2008 connaissent une croissance de la piézométrie dont l'amplitude est signalée sur la carte de la Figure 57.

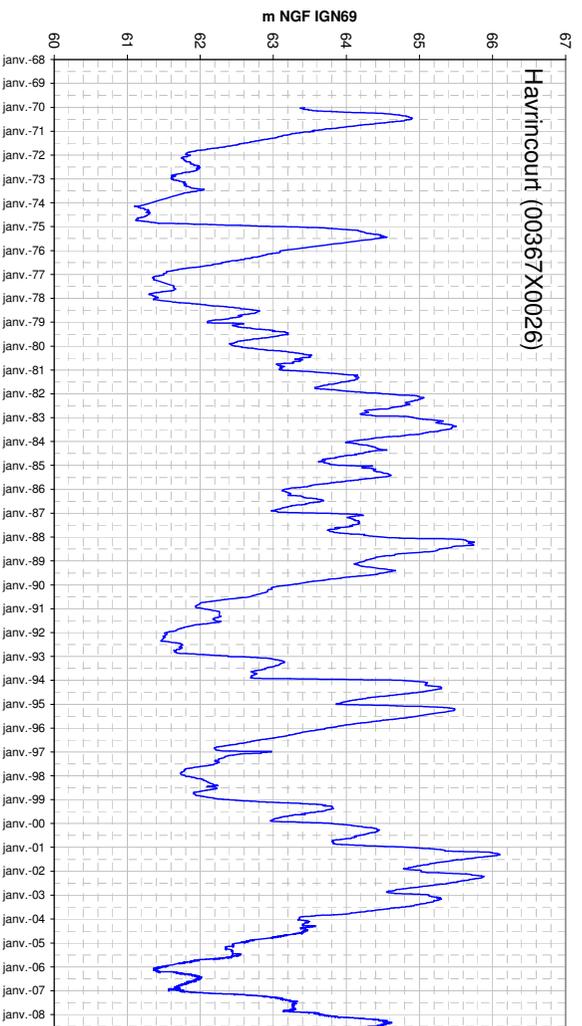
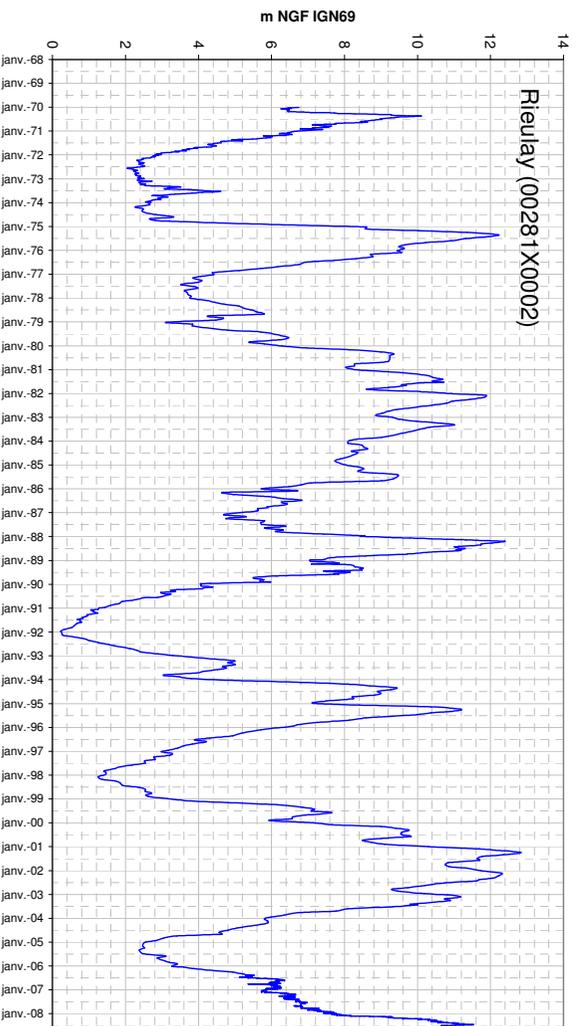
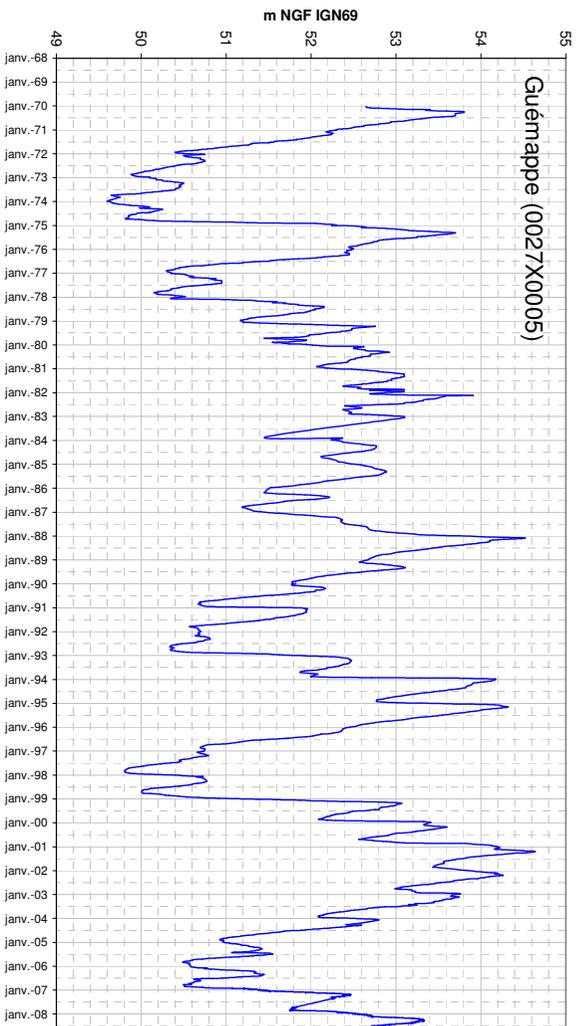


Figure 56 Chroniques piézométriques longues sur les piézomètres de l'Agence de l'Eau de Guémappe (zone libre), de Rieulay (zone captive) et d'Havincourt (zone libre)

Sur la période de 1970 à 2008, on observe les fluctuations interannuelles suivantes sur les chroniques piézométriques :

Année hydrologique	Etat
1970	Hautes eaux
1973-1974	Etiage
1975	Hautes eaux
1978-1979	Etiage
1982-1983	Hautes eaux
1987	Etiage
1988	Hautes eaux
1992-1993	Etiage
1995	Hautes eaux
1998 (NB : hiver 1997)	Etiage
2001	Hautes eaux
2006 (NB : hiver 2005)	Etiage

Tableau 11 Fluctuations interannuelles observées sur les chroniques piézométriques

Les hautes eaux et les étiages peuvent être décalés d'une année hydrologique. Cela traduit des différences locales dans les processus de drainage de la nappe.

De même, l'amplitude des variations saisonnières et des variations interannuelles n'est pas homogène sur l'ensemble du bassin-versant (cf. Figure 57). Le battement interannuel de la nappe est maximum sur les coteaux et au droit de la nappe captive sous les sables tertiaires (au nord), de l'ordre d'une dizaine de mètres. Il se réduit aux abords des vallées du Cojeul, de la Sensée, de l'Hirondelle et de l'Agache (entre 1.5 et 5 m) et atteint son minimum dans la vallée de la Sensée en aval de sa confluence avec le Cojeul (< 0.5 m). **L'amplitude des battements baisse avec la proximité des axes de drainage.** Les piézomètres proches du canal du nord montrent également une réduction des fluctuations interannuelles (5 m).

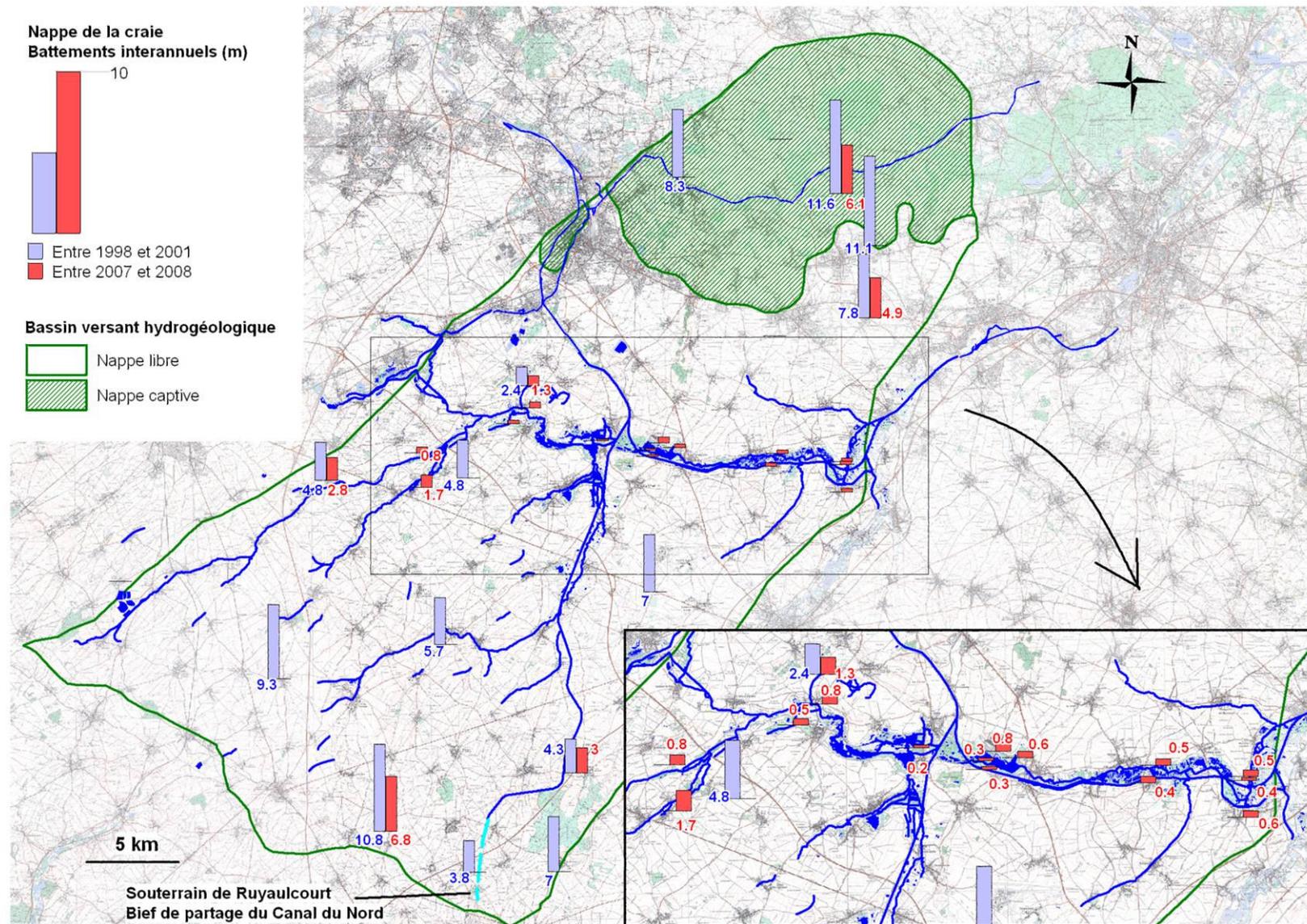


Figure 57 Battement de la nappe de la craie

8.3.2.2 Piézométrie de hautes eaux et d'étiage sur le bassin-versant

Les Figure 58 et Figure 59 présentent la piézométrie d'étiage de l'hiver 1997 (année hydrologique 1998) et la piézométrie de hautes eaux du printemps 2001.

La carte de l'hiver 1997 a été communiquée par l'Agence de l'Eau Artois Picardie. Il s'agit d'une piézométrie à très grande échelle qui ne comporte pas de mesures détaillées sur le corridor de la vallée de la Sensée. Elle permet tout de même d'apprécier le fonctionnement de la nappe sur le bassin-versant dans son ensemble.

La base de la carte du printemps 2001 nous a également été fournie par l'Agence de l'Eau Artois Picardie. Cependant, les points de mesure ayant servi à l'établissement de cette carte et les valeurs mesurées sont disponibles dans un document du BRGM¹¹. Les variations interannuelles étant faibles sur la vallée de la Sensée en aval de sa confluence avec le Cojeul, nous avons formulé l'hypothèse que les valeurs du printemps 2001 dans cette zone devaient être semblables aux valeurs les plus hautes mesurées sur les piézomètres de l'Institution Interdépartementale de la Vallée de la Sensée et du SIDEN entre 2005 et 2008. Après avoir vérifié la validité des mesures de 2001 point par point, nous avons ajouté les mesures réalisées le long de la Sensée à celles effectuées par le BRGM. Cette manipulation permet d'apporter un complément d'information important au droit de la vallée de la Sensée.

La lecture des cartes piézométriques confirme un axe principal d'écoulement sud-ouest/nord-est. De l'amont vers l'aval du bassin-versant, on observe les points suivants :

- ➔ **La crête piézométrique en amont du bassin-versant est ondulée** : deux axes de drainage creusent la crête piézométrique entre Courcelles le Comte et Béhagnies (axe sud-ouest/nord-est) puis entre Haplincourt et Metz-en-Couture (axe sud/nord).
- ➔ **Les vallées amont du Cojeul et de la Sensée** (en amont de sa confluence avec le Cojeul) ne présentent pas d'écoulements de surface naturels pérennes. Cependant, elles apparaissent comme des **axes de drainage** (le Cojeul à partir de Guémappe, la Sensée à partir de Chérisy).
- ➔ L'Hirondelle et l'Agache ne drainent la nappe qu'à partir de leurs sources (Ruamucourt pour l'Hirondelle et Inchy-en-Artois/Sains les Marquion pour l'Agache)
- ➔ Au niveau du coude de la vallée du Trinquise, l'effet de drainage du Trinquise entraîne un évasement de la piézométrie. Une éventuelle influence de la faille de Marqueffles n'est pas visible.
- ➔ **Le long d'un axe Bourlon – Haynecourt**, la surface piézométrique est bombée aux environs de 50 m d'altitude. Dans cette zone, **la géométrie de la surface piézométrique est parallèle à celle du toit de l'aquifère séno-turonien**.

¹¹ Bassin Artois-Picardie. Nappe de la craie. Carte piézométrique « hautes eaux » 2001. Septembre 2001. BRGMJRP-51149-F.

- **La faille sud/nord entre Tortequesne et Auby** influence visiblement les écoulements : c'est un **axe de circulation privilégié**.
- Un replat piézométrique s'étend **entre Brunémont et Bugnicourt** : les écoulements stagnent. Là encore, **la surface piézométrique a une allure parallèle à celle du toit de l'aquifère crayeux**.
- On observe un bombement piézométrique localisé au sud de Wavrechain-sous-Faulx immédiatement à l'ouest de la **faille sud/nord qui s'étend de Wavrechain-sous-Faulx à Abscon**. La même observation peut être faite au niveau d'Abscon. Deux phénomènes semblent se conjuguer : la surface piézométrique maintient une allure parallèle à celle du toit de l'aquifère crayeux et la faille **freine les écoulements qui autrement s'orienteraient vers l'est**, vers l'Escaut.
- **Des cuvettes piézométriques se situent au droit des champs captant du nord du bassin-versant**.

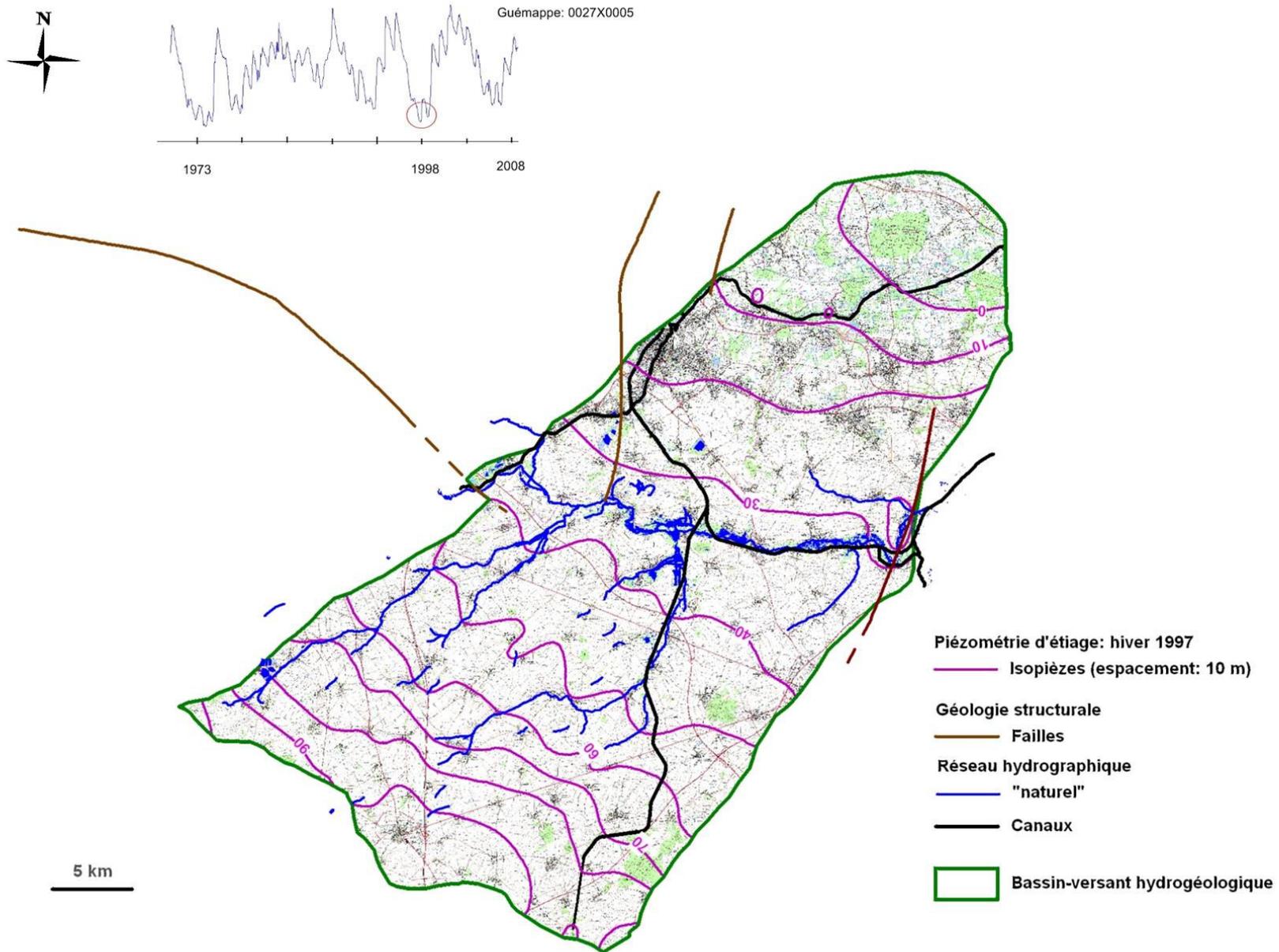


Figure 58 Piézométrie d'été : hiver 1997. Sources : Agence de l'Eau Artois Picardie

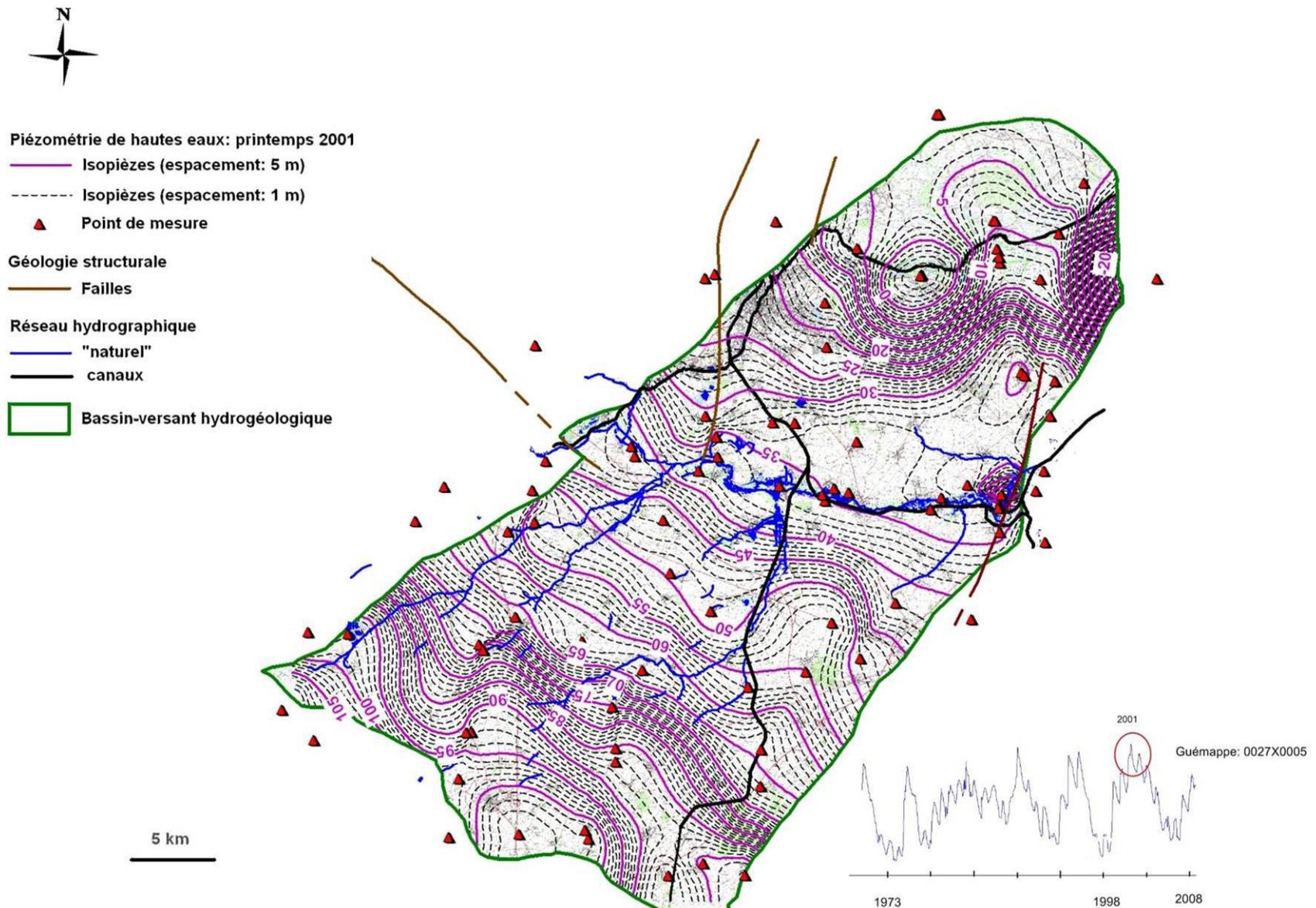


Figure 59 Piézométrie de hautes eaux : printemps 2001. Sources : Agence de l'Eau Artois Picardie, BRGM, Institution Interdépartementale de la Vallée de la Sensée.

8.3.2.3 Remplissage de l'aquifère crayeux

Comme nous l'avons évoqué au paragraphe 8.2.2, les écoulements souterrains se font dans la partie supérieure de la craie, fissurée. L'observation de la surface piézométrique montre effectivement un parallélisme entre la géométrie de la surface piézométrique et la géométrie du toit de l'aquifère crayeux. Cependant, il nous est impossible de préciser l'épaisseur sur laquelle se font effectivement les circulations souterraines. Pour pouvoir tout de même observer le remplissage de l'aquifère crayeux, nous avons comparé sa puissance (cote du toit – cote du mur de la craie sénoturonnaise) à la puissance maximale de la nappe (cote de la surface piézométrique – cote du mur de la craie sénoturonnaise). Les résultats pour la piézométrie de hautes eaux 2001 (la plus précise) sont présentés sur la Figure 62.

$$\text{Taux de remplissage de la craie} = \text{Puissance maximale de la nappe} / \text{épaisseur du réservoir} \times 100$$

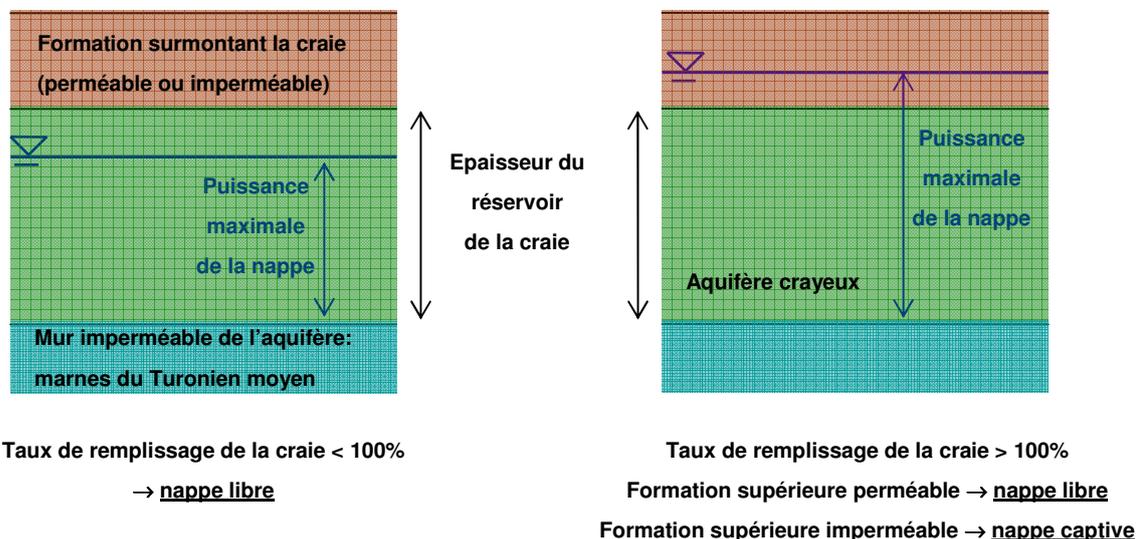


Figure 60 Principe du calcul du taux de remplissage de la craie sénoturonnaise

La Figure 62 montre en rouge soutenu les zones dans lesquelles la surface piézométrique est au dessus du toit du réservoir crayeux (cf. Figure 60). Dans ces zones, la nappe est susceptible de présenter un régime captif si la couche géologique située immédiatement au dessus de la craie est imperméable. C'est le cas en ce qui concerne le nord de la Sensée où la craie est surmontée par de l'argile tertiaire. Ce peut être le cas le long de la Vallée de la Sensée si les alluvions sont imperméables (tourbe par exemple). Nous avons observé l'hétérogénéité des dépôts alluviaux au paragraphe 8.1.3.2. Le régime de la nappe dans cette zone sera donc directement dépendant des propriétés hydrodynamiques des alluvions. La vallée de la Sensée, depuis le Trinquise jusqu'à Bouchain consiste en un chapelet de zones captives et libres de petites dimensions.

Les zones présentant un taux de saturation supérieur à 100% au sud de la Sensée sont surmontées d'une couche limoneuse semi-perméable. Elles sont liées à un surcreusement local de la craie (cf. Figure 41), qui pourrait être du à une extension vers l'est en fait plus importante de la

faille de Marqueffles. Ces zones sont recoupées par les vallées du Cojeul, de la Sensée et de l'Agache. Les sources de ces trois cours d'eau se situent à ces endroits. Dans l'aire de saturation de la craie située le long du Cojeul, nous avons observé des puits artésiens traversant les dépôts alluviaux du Cojeul (cf. Figure 61).

Le secteur situé au sud-ouest, autour de Boiry-St-Martin ne présente pas de surcreusement du toit de la craie, mais un gonflement de la nappe.



Figure 61 Puits artésiens près de la source de la Brogne

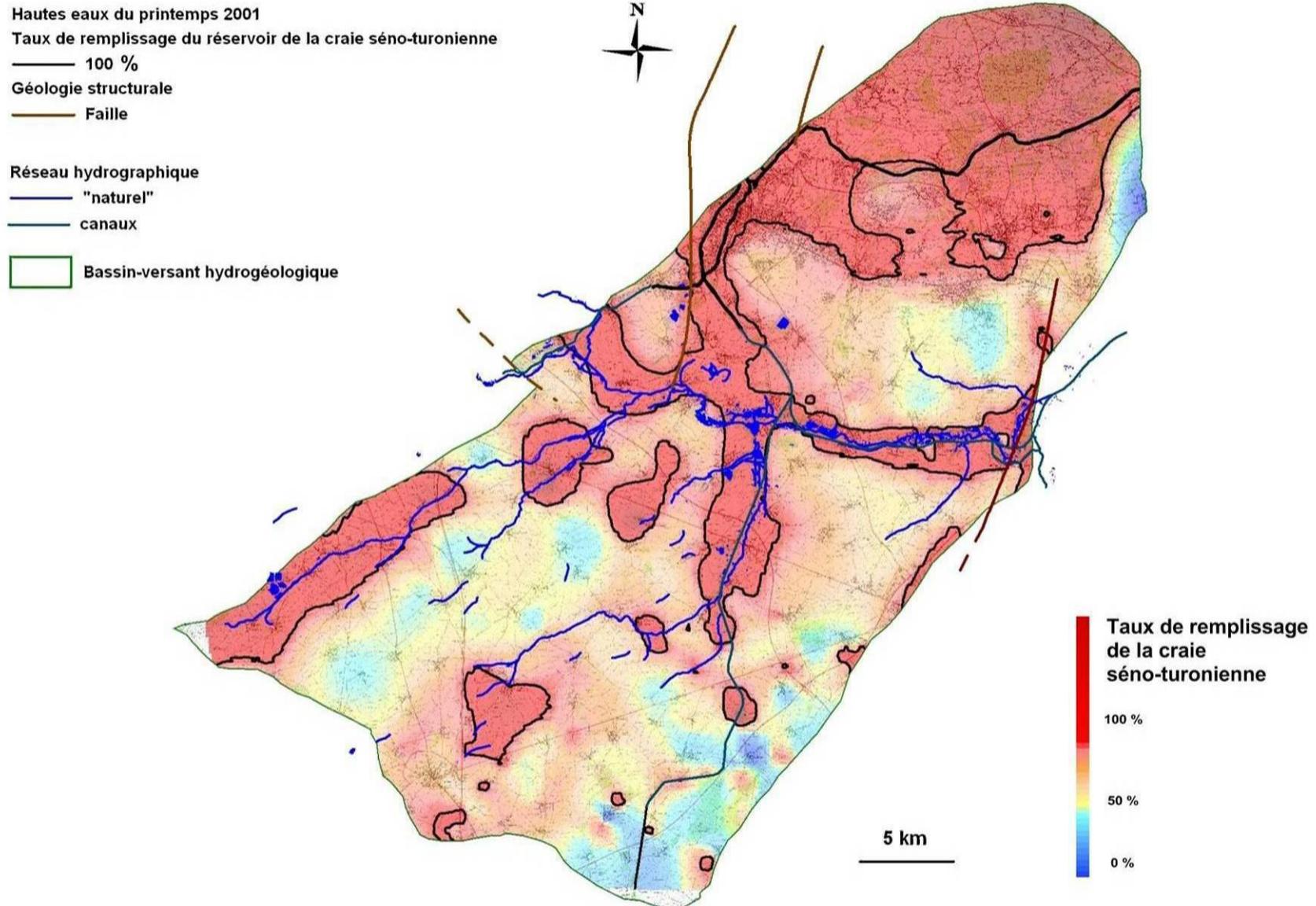


Figure 62 Hautes eaux 2001 : taux de remplissage de la craie séno-turonienne

En étiage, le taux de remplissage de la craie baisse. Ce phénomène est visible sur le piézomètre de Bellonne : en hautes eaux, le niveau piézométrique monte au dessus du mur de la craie, tandis qu'en étiage, il est nettement en dessous.

Bellonne: piézomètre de l'Agence de l'Eau, 00276X0030

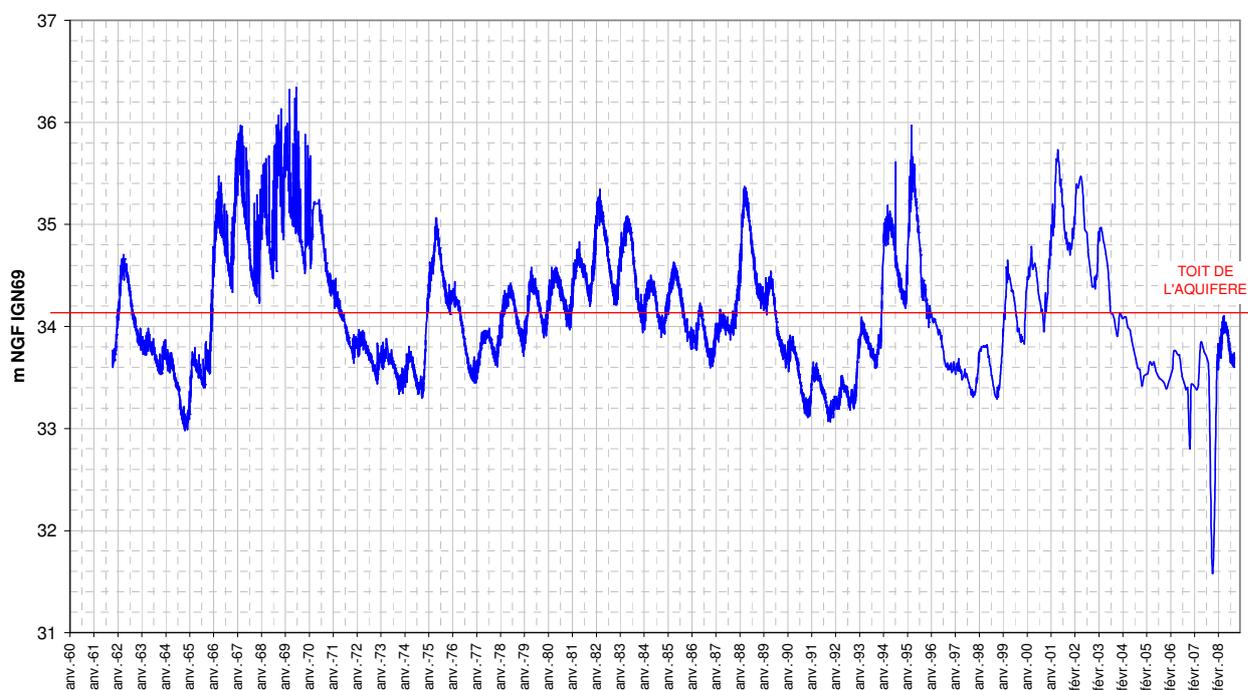


Figure 63 Evolution de la piézométrie au droit du piézomètre de l'Agence de l'Eau de Bellonne

8.3.2.4 Le souterrain de Ruyaulcourt, bief de partage des eaux du canal du nord

Le souterrain de Ruyaulcourt, bief de partage des eaux du canal du Nord, a été conçu pour drainer localement la nappe pour assurer une alimentation en eau pérenne du canal sur ce tronçon. Il exerce donc un prélèvement sur la nappe. A ce jour, par manque de données, nous ne pouvons estimer les débits soutirés à la nappe par cet ouvrage. Pour ce faire, il nous serait nécessaire de connaître les débits transitant dans le canal vers le nord et vers le sud et les débits relevés jusqu'à ce bief depuis le nord et le sud.

Puisque le bief de partage du canal du Nord s'inscrit dans une dépression piézométrique (cf. 8.3.2.1, 8.3.2.2), nous avons analysé cette zone afin d'estimer l'extension des impacts de ce prélèvement à défaut de son intensité. La comparaison entre la cote piézométrique relevée au piézomètre d'Ytres et la cote de retenue normale du souterrain fait apparaître une zone de rabattement locale avec un gradient piézométrique plus élevé, que l'on ne distingue pas sur la carte de la Figure 59. La vallée piézométrique est due à la présence d'un axe de drainage naturel. La carte de Cassini montre que le souterrain lie deux petites vallées, ce qui confirmerait l'existence d'une zone drainante.

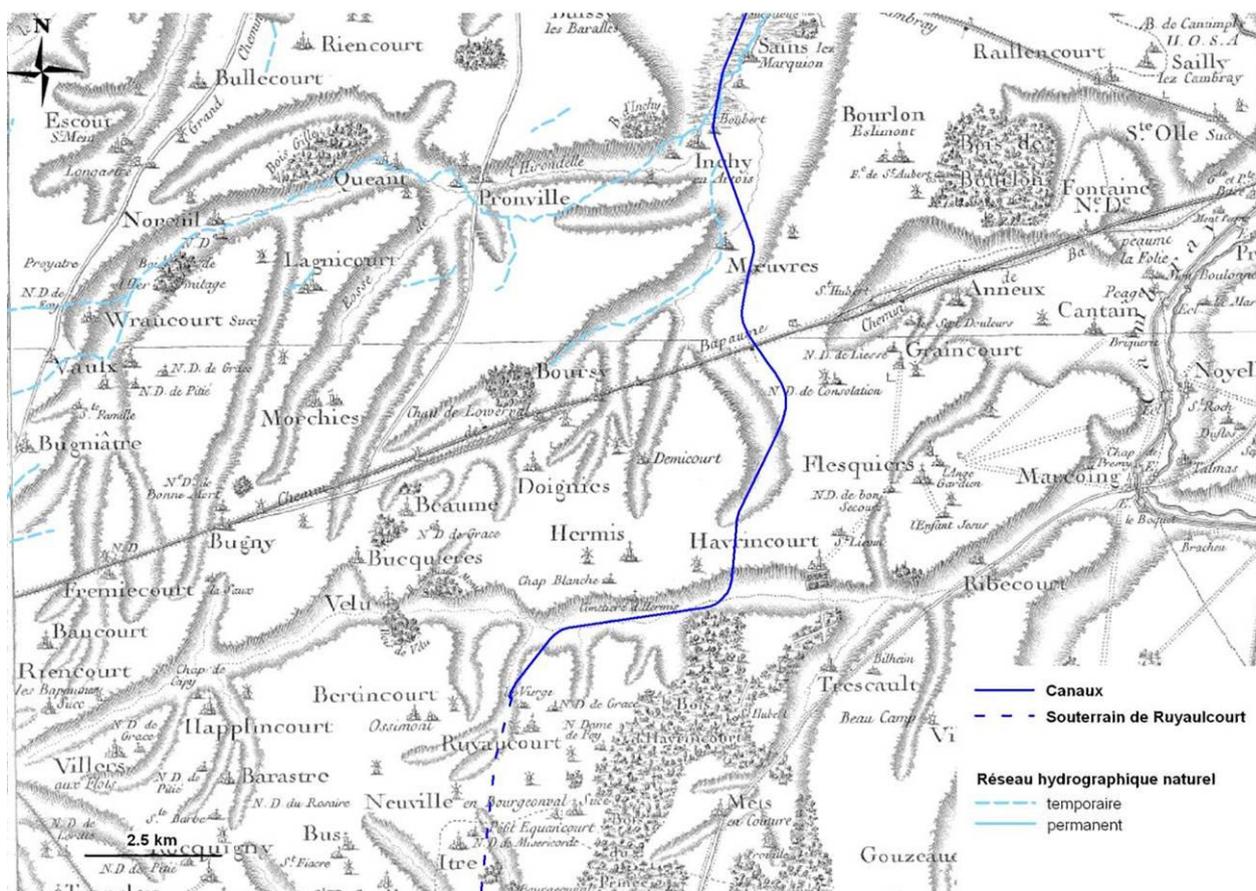


Figure 64 Position du souterrain de Ruyaulcourt sur la carte de Cassini. Zone de drainage et d'écoulement préférentiel

Etant donné que ce souterrain est potentiellement un point d'échange de volumes d'eau entre les bassins hydrographiques de la Sensée et de la Somme, il nous semble nécessaire d'obtenir de VNF des précisions sur son fonctionnement. Ceci nous permettrait de mieux apprécier son effet sur la nappe de la craie.

8.3.2.5 Evolution piézométrique

Une analyse statistique a été menée sur les cotes de nappe relevées au droit d'Havrincourt entre 1970 et 2008. Celle-ci nous permet de déterminer les périodes de retour des hautes eaux et des étiages observés entre 2006 et 2008, années hydrologiques durant lesquelles la piézométrie a été relevée en détail le long de la vallée de la Sensée.

L'ajustement à une loi log-normale des valeurs observées fournit les périodes de retour théoriques suivantes pour les étiages :

Année hydrologique	Cote d'étiage (IGN69)	Rang	Période de retour théorique de non dépassement (années)
1970	63.41	28	<2
1971	63.32	26	<2
1972	61.78	11	5
1973	61.63	8	5
1974	61.10	1	10
1975	61.12	2	10
1976	62.96	19	<2
1977	61.37	4	10
1978	61.33	3	10
1979	62.10	14	2
1980	62.43	17	2
1981	63.07	22	<2
1982	63.58	29	<2
1983	64.21	37	<2
1984	63.99	35	<2
1985	63.62	30	<2
1986	63.16	23	<2
1987	63.01	21	<2
1988	63.77	31	<2
1989	64.11	36	<2
1990	63.31	25	<2
1991	61.95	13	2
1992	61.46	6	5
1993	61.67	9	5
1994	62.69	18	2
1995	63.87	34	<2
1996	63.85	32	<2
1997	62.22	15	2
1998	61.75	10	5
1999	61.94	12	2
2000	62.98	20	<2
2001	63.85	33	<2
2002	64.80	39	<2
2003	64.57	38	<2
2004	63.34	27	<2
2005	62.35	16	2
2006	61.40	5	10
2007	61.57	7	5
2008	63.18	24	<2

Tableau 12 Périodes de retour théoriques de basses eaux selon un ajustement log-normal des cotes piézométriques

L'ajustement à une loi log-normale des valeurs observées fournit les périodes de retour théoriques suivantes pour les hautes eaux :

Année hydrologique	Cote de hautes eaux (IGN69)	Rang	Période de retour théorique de dépassement (années)
1970	64.86	31	10
1971	63.32	16	2
1972	61.96	4	2
1973	62.05	6	2
1974	61.27	1	2
1975	64.55	26	5
1976	62.96	11	2
1977	61.62	2	2
1978	62.77	10	2
1979	63.20	14	2
1980	63.51	18	2
1981	64.15	23	5
1982	65.03	32	10
1983	65.50	36	20
1984	64.55	27	5
1985	64.58	28	5
1986	63.66	20	2
1987	64.23	24	5
1988	65.74	37	20
1989	64.67	30	5
1990	63.31	15	2
1991	62.25	8	2
1992	61.75	3	2
1993	63.13	13	2
1994	65.28	34	10
1995	65.47	35	20
1996	63.85	22	5
1997	62.97	12	2
1998	62.21	7	2
1999	63.78	21	5
2000	64.42	25	5
2001	66.09	39	50
2002	65.84	38	20
2003	65.27	33	10
2004	63.54	19	2
2005	62.52	9	2
2006	61.97	5	2
2007	63.32	17	2
2008	64.60	29	5

Tableau 13 Périodes de retour théoriques de hautes eaux selon un ajustement log-normal des cotes piézométriques

L'étiage de 2006 a une période de retour de 10 ans, les hautes eaux de 2008 ont une période de retour de 5 ans. A titre de comparaison, les années hydrologiques pour lesquelles nous avons étudié l'étiage et les hautes eaux (cf. plus haut) ont respectivement des périodes de retour de 5 ans (étiage 1998) et de 50 ans (hautes eaux 2001).

8.3.3 Piézométrie des nappes alluviales

Les mesures dont nous disposons sur la nappe alluviale de la vallée de la Sensée sont celles des 3 doublons piézométriques appartenant au SIDEN (Pz28 à Arleux, Pz29 à Brunémont et Pz30 à Aubigny-au-Bac). Ces chroniques sont potentiellement influencées par la mise en service des forages SIDEN d'Arleux, Brunémont et Bugnicourt (mise en service progressive entre début 2005 et octobre 2006). Ce champ captant prélève entre 10 000 et 12 000 m³/jour.

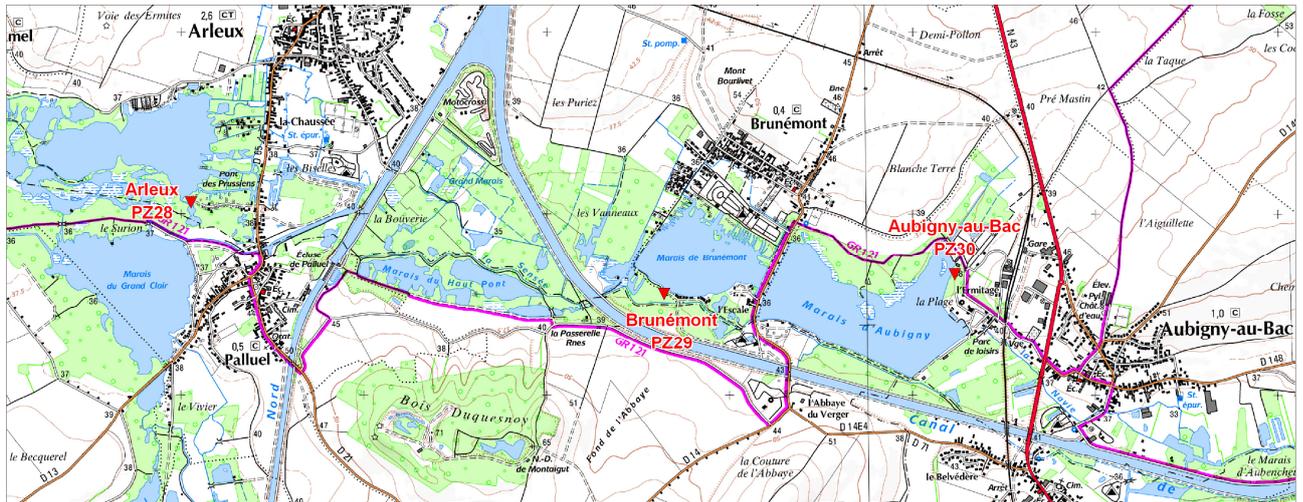


Figure 65 Localisation des doublons piézométriques du SIDEN

Les cotes piézométriques diminuent entre Arleux et Aubigny-au-Bac. L'écoulement de la nappe alluviale suit celui de la Sensée.

L'amplitude des variations annuelles est inférieure à 20 cm à Arleux, de l'ordre de 30 cm à Brunémont et de 70 cm à Aubigny-au-Bac. On ne constate réellement une périodicité annuelle que sur les piézomètres Pz29 et Pz30. Sur les trois années de mesure, on observe une légère tendance à la hausse. Ces trois points de mesure montrent trois relations différentes entre nappe alluviale et nappe de la craie : à Arleux, la nappe de la craie est sous la nappe alluviale, à Brunémont, sa cote est supérieure à celle de la nappe alluviale et à Aubigny-au-Bac, nappe alluviale et nappe de la craie sont en équilibre.

Ces observations amènent aux conclusions suivantes concernant la nappe alluviale :

- ➔ L'écoulement de la nappe alluviale suit celui de la Sensée.
- ➔ Le niveau de la nappe alluviale semble être contrôlé par un facteur extérieur au niveau d'Arleux, a priori l'ouvrage hydraulique du Pont des Prussiens contrôlant la côte du plan d'eau d'Arleux
- ➔ En amont de Brunémont, au pied du canal du nord, la Sensée aval n'a plus aucun débit car la totalité des écoulements de surface est détournée à Arleux vers le canal du nord. De ce fait, la nappe alluviale ne peut être alimentée que par des apports souterrains et présente des variations annuelles semblables à celles que l'on observe dans la nappe de la craie.

Ces observations amènent aux conclusions suivantes concernant les relations entre nappe alluviale et nappe de la craie :

- ➔ **Les relations entre nappe alluviale et nappe de la craie sont complexes et hétérogènes.**

- La nappe de la craie est captive sous la nappe alluviale sur les piézomètres d'Arleux et Brunémont.
- Depuis la mise en service du champ captant d'Arleux, la légère croissance des niveaux observée sur la nappe de la craie au droit de ces piézomètres s'est stabilisée.

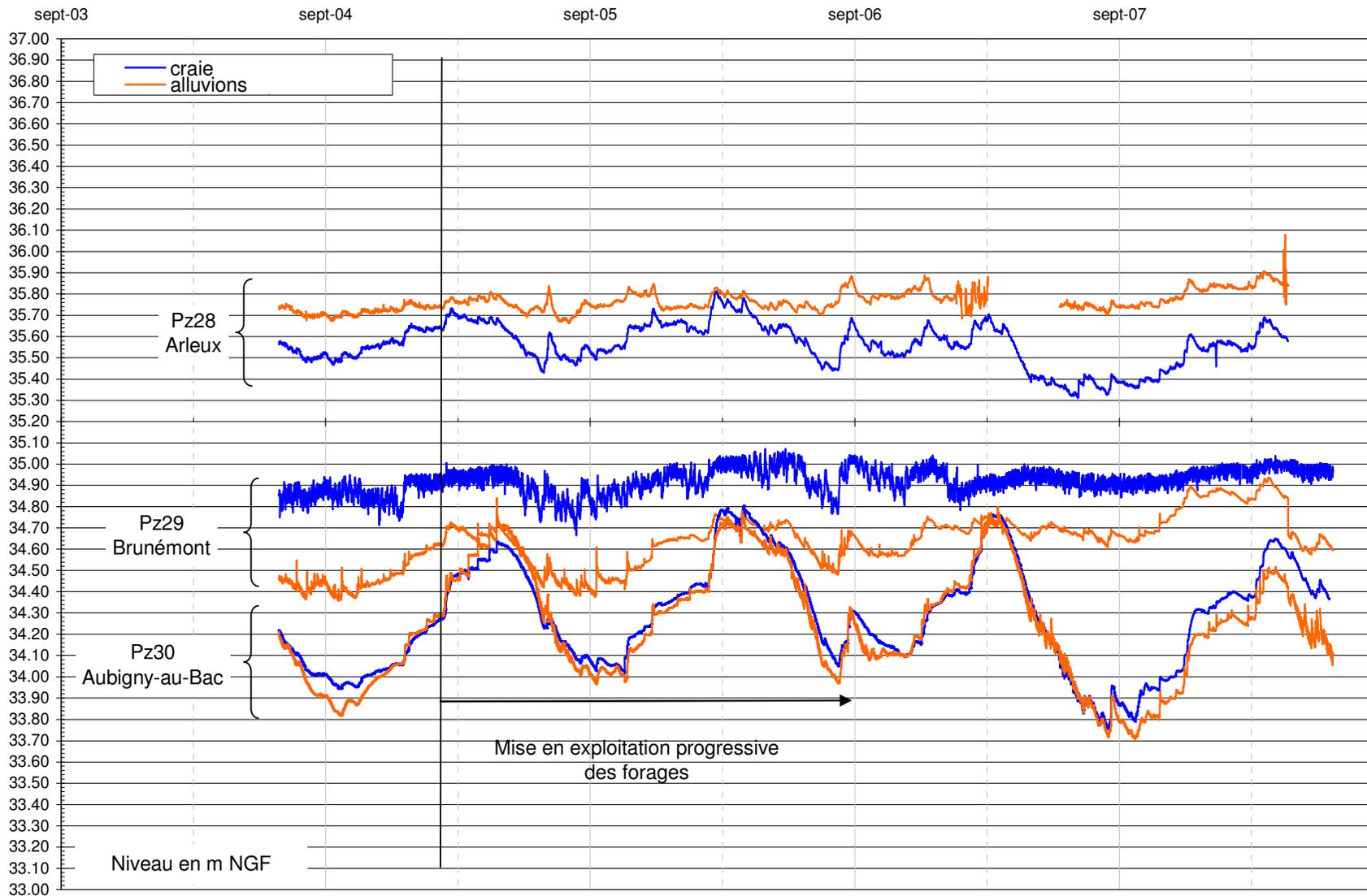


Figure 66 Piézométrie comparée de la nappe de la craie et de la nappe alluviale

8.4 RELATIONS NAPPE / RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le réseau hydrographique est constitué de la Sensée et de ses affluents, des étangs et marais et des canaux.

Les écoulements de surface ont deux origines :

- Le ruissellement en surface des eaux de pluie qui sont collectées par le réseau hydrographique
- L'alimentation par la nappe.

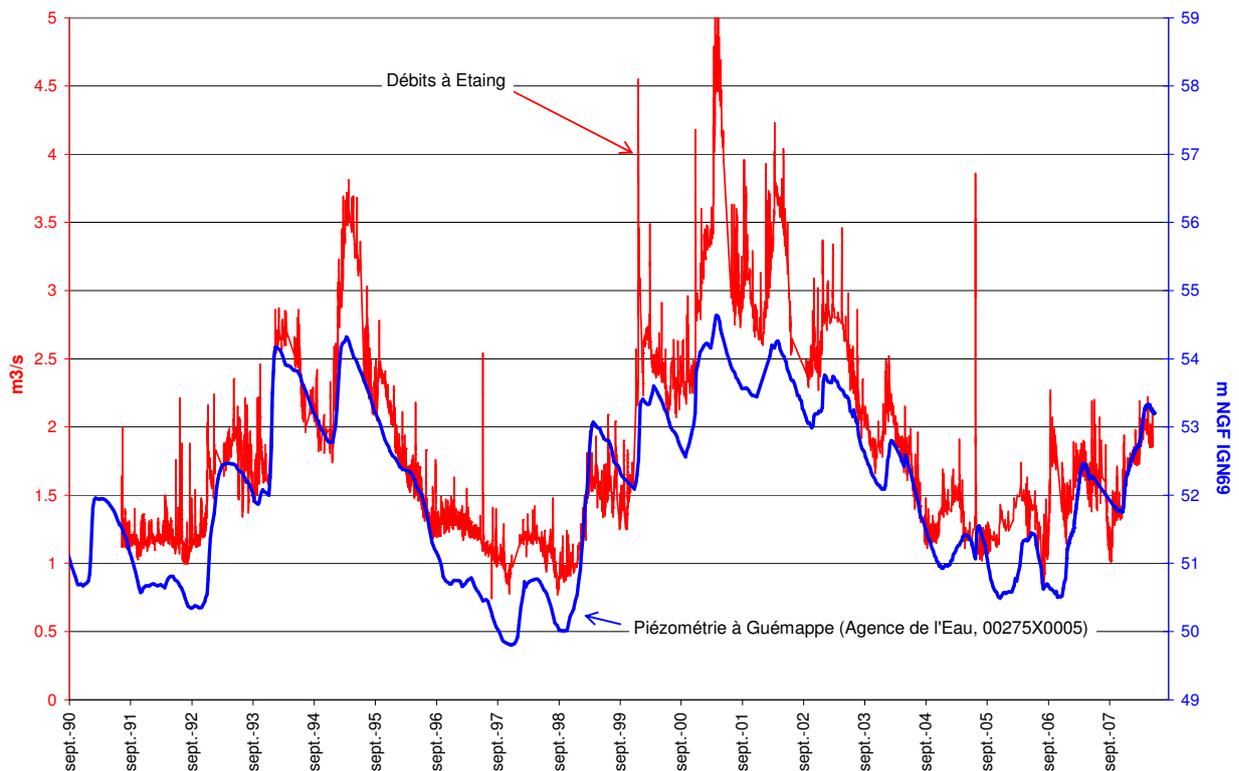


Figure 67 Comparaison de l'évolution de la piézométrie à Guémappe et des débits de la Sensée à Etaing

La Figure 67 montre l'évolution synchrone des débits de la Sensée amont et des niveaux piézométriques. **Le débit de base de la Sensée amont est assuré par la nappe de la craie.**

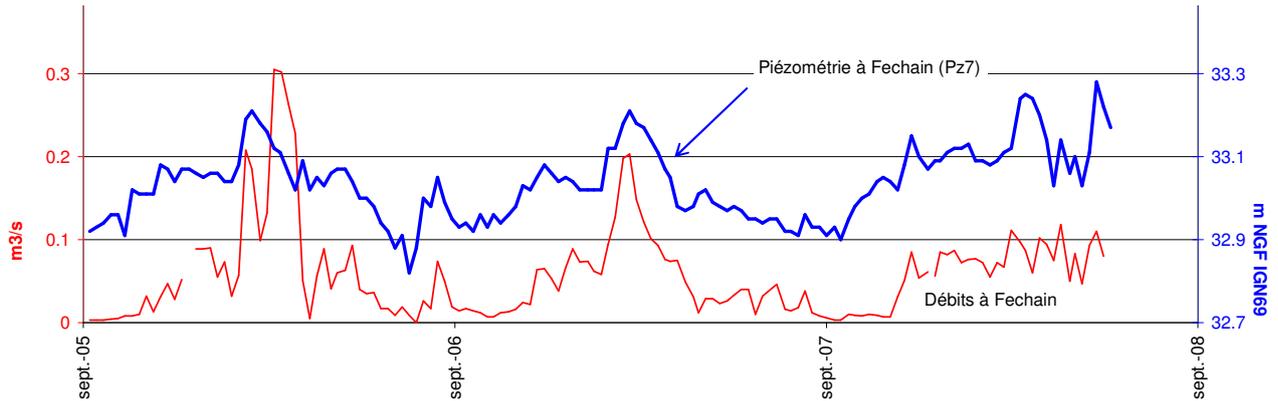


Figure 68 Comparaison de l'évolution de la piézométrie et des débits de la Sensée à Féchain

La Figure 68 montre l'évolution synchrone des débits de la Sensée aval et des niveaux piézométriques. **Le débit de base de la Sensée aval est également assuré par la nappe de la craie.**

Le fond de la vallée de la Sensée amont et de la Sensée aval est jalonné de marais. Ces étangs sont généralement issus de l'exploitation de la tourbe ou ont été créés dans un but récréatif. Pour la majorité, ils sont liés hydrauliquement à la rivière de la Sensée par des fossés. Selon leur profondeur et leur degré d'envasement, ils peuvent également être alimentés par la nappe alluviale ou la nappe de la craie. Certains sont même alimentés au travers de puits artésiens. Ces écoulements sont schématisés dans la Figure 48.

Sur certains tronçons, le canal du Nord et le canal de la Sensée peuvent également être le siège d'échanges avec la nappe de la craie, la nappe alluviale ou les marais.

8.4.1 Réseau hydrographique « naturel »

La nappe de la craie est captive sous la vallée de la Sensée (amont depuis la confluence avec le Trinquise et aval) et du Trinquise (cf. 8.3.2.3) sauf dans les zones où les alluvions de la Sensée seraient perméables ou les étangs directement creusés dans la craie. Le niveau de connaissance que nous avons de la géométrie et de la nature des dépôts alluviaux rend impossible de déterminer analytiquement les zones où la nappe de la craie serait libre sous la vallée de la Sensée.

Cependant, par comparaison des cotes de la Sensée et de la surface piézométrique (cf. Figure 69, Figure 70), nous pouvons estimer le sens des échanges potentiels nappe - rivière.

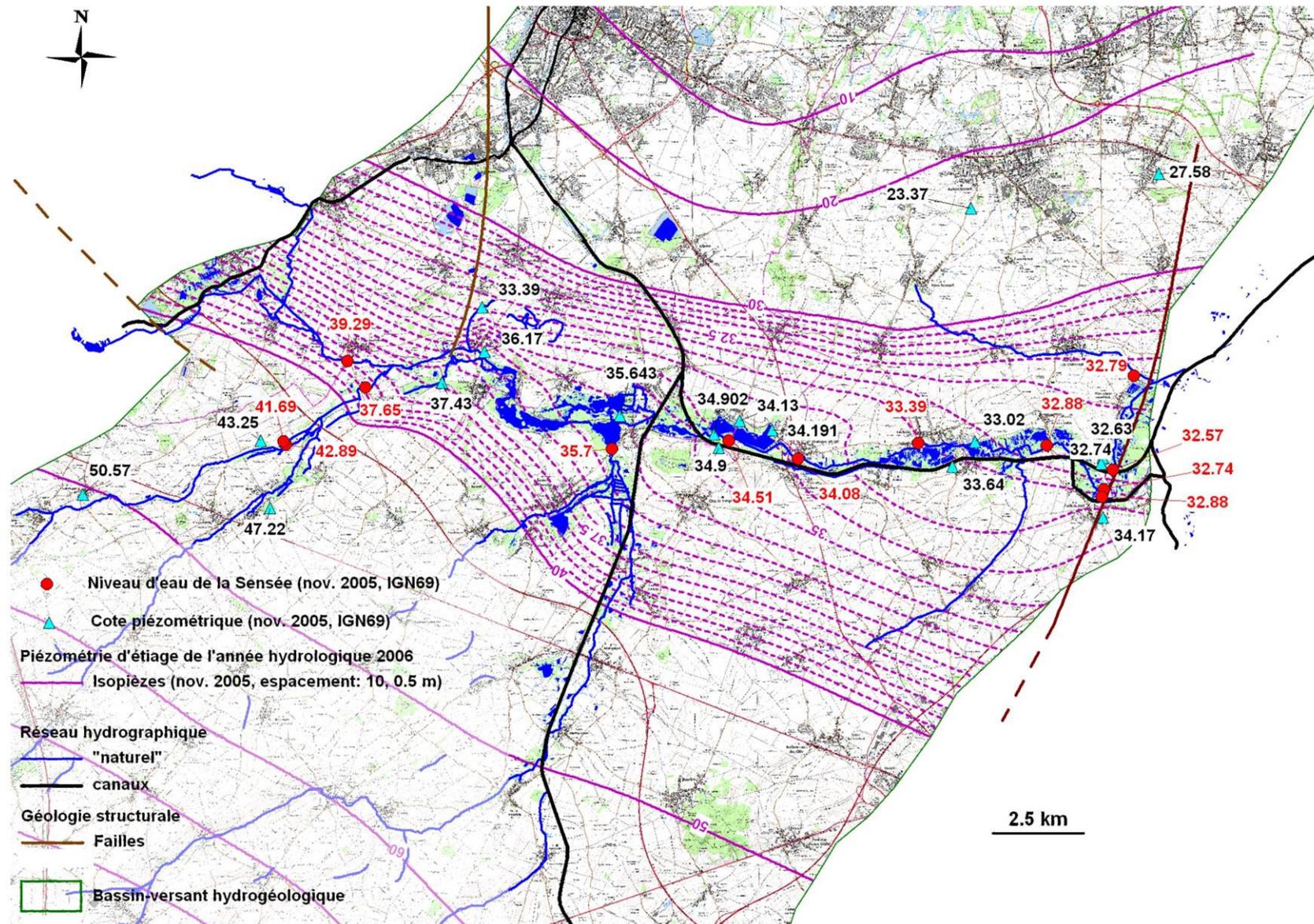


Figure 69 Piézométrie d'étéage de l'année hydrologique 2006

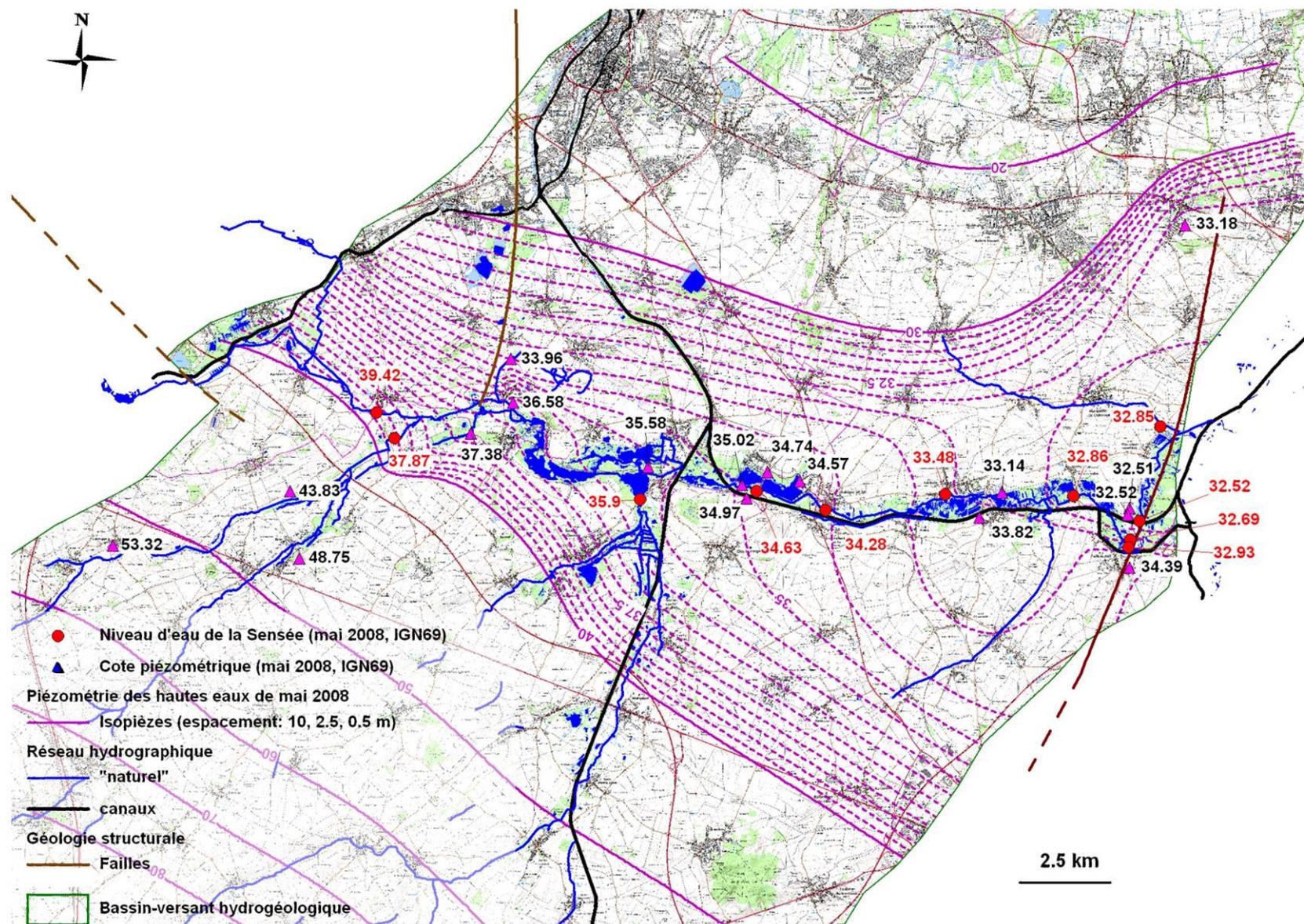


Figure 70 Piézométrie de hautes eaux 2008

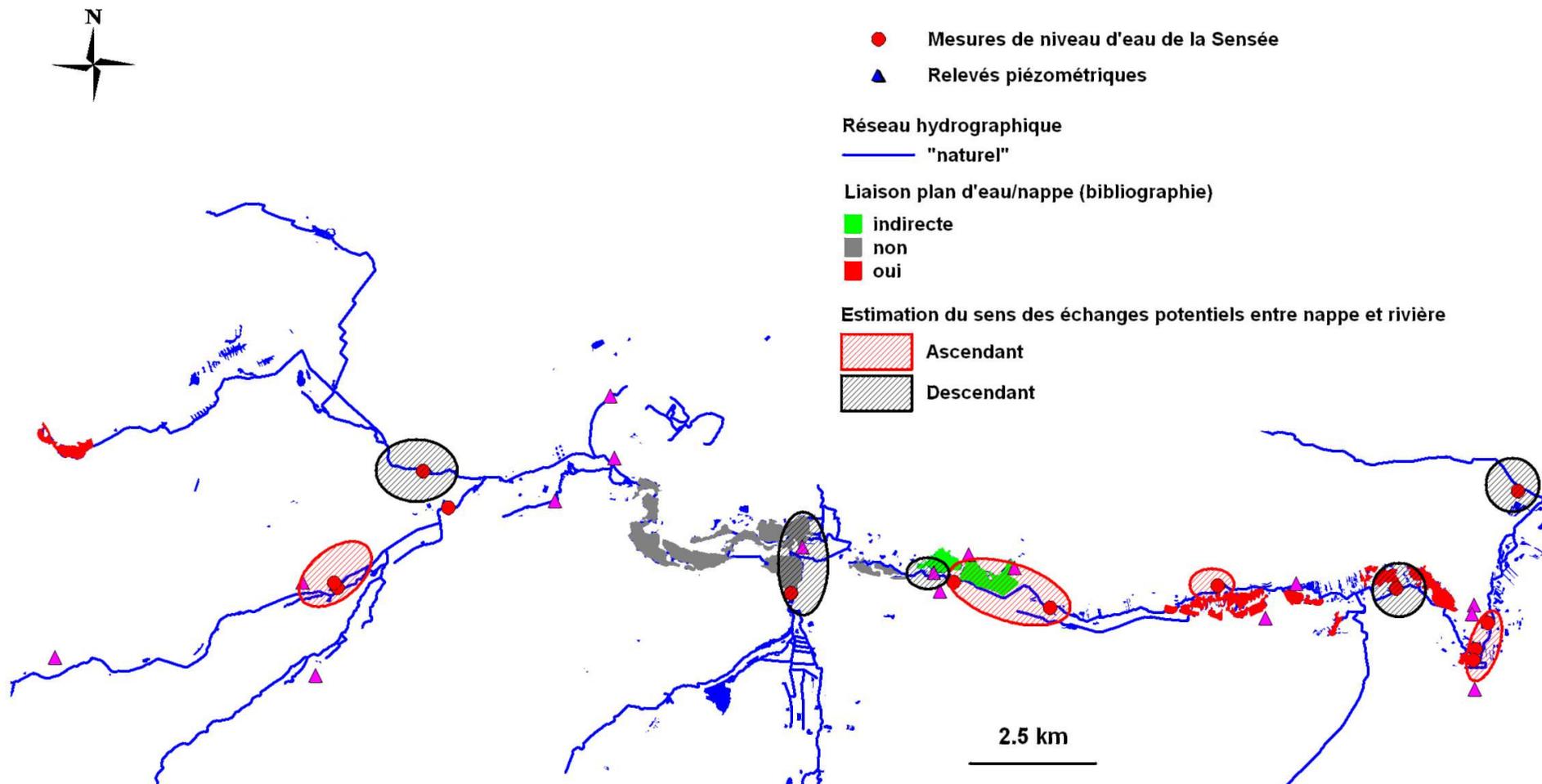


Figure 71 Estimation du sens des échanges nappe - rivière

La Figure 71 présente une estimation au travers de mesures et d'évaluations ponctuelles du sens des échanges potentiels nappe - rivière. Ceux-ci n'ont pas forcément lieu : un tronçon colmaté de la rivière ou un étang colmaté par des sédiments ne pourra pas échanger avec la nappe. Cette estimation permet tout de même d'avoir un aperçu de la **complexité de ces échanges**. De plus, hormis le long du Trinquise, aux sources du Cojeul et de la Sensée et au niveau des sources d'Estrun, les différences de charge motrice des échanges nappe - rivière sont inférieures à 30 cm, ce qui est faible au vu de l'hétérogénéité géologique et hydraulique des dépôts alluviaux.

En 1960, le BRGM a mené des essais de nappe de longue durée à de hauts débits simultanément en plusieurs points le long du cours de la Sensée⁸. Les échanges entre les étangs et la nappe ont pu être déterminés en quelques endroits. Ceux-ci sont représentés sur la carte de la Figure 71.

Les étangs en amont d'Arleux ne seraient pas connectés à la nappe : il est avéré qu'ils sont envasés, le Conseil Général du Nord et l'Institution Interdépartementale de la Vallée de la Sensée ont mis un décanteur en place à leur amont hydraulique.

Entre Féchain et Paillencourt, les étangs seraient connectés à la nappe.

A Brunémont et Aubigny-au-Bac, les étangs ne seraient connectés à la nappe qu'au travers de leurs relations de surface avec les étangs aval.

8.4.2 Canaux

La nature du fond et des remblais des canaux qui traversent le bassin-versant est inconnue. Cependant, les points suivants permettent d'apprécier les échanges potentiels entre nappe et canaux :

- Le souterrain de Ruyaulcourt, bief de partage du canal du Nord a été conçu pour drainer la nappe de la craie au niveau de sa crête piézométrique (cf. 8.3.2.4).
- Le canal du Nord, le canal de la Sensée et celui de la Scarpe traversent des zones d'affleurement de la craie (cf. Figure 40).
- Les berges du canal de la Sensée présentent un état de dégradation qui rend plausible l'occurrence d'échanges avec la nappe :



Figure 72 Berge du canal de la Sensée

Par comparaison des cotes de retenue normale sur le canal de la Sensée entre Arleux et Paillencourt et sur le canal du nord entre Arleux et Ruyaulcourt, trois zones d'alimentation potentielle par la nappe ont été déterminées. Elles sont présentées sur la Figure 73. Cette alimentation est conditionnée par la perméabilité des berges et/ou des fonds des canaux.

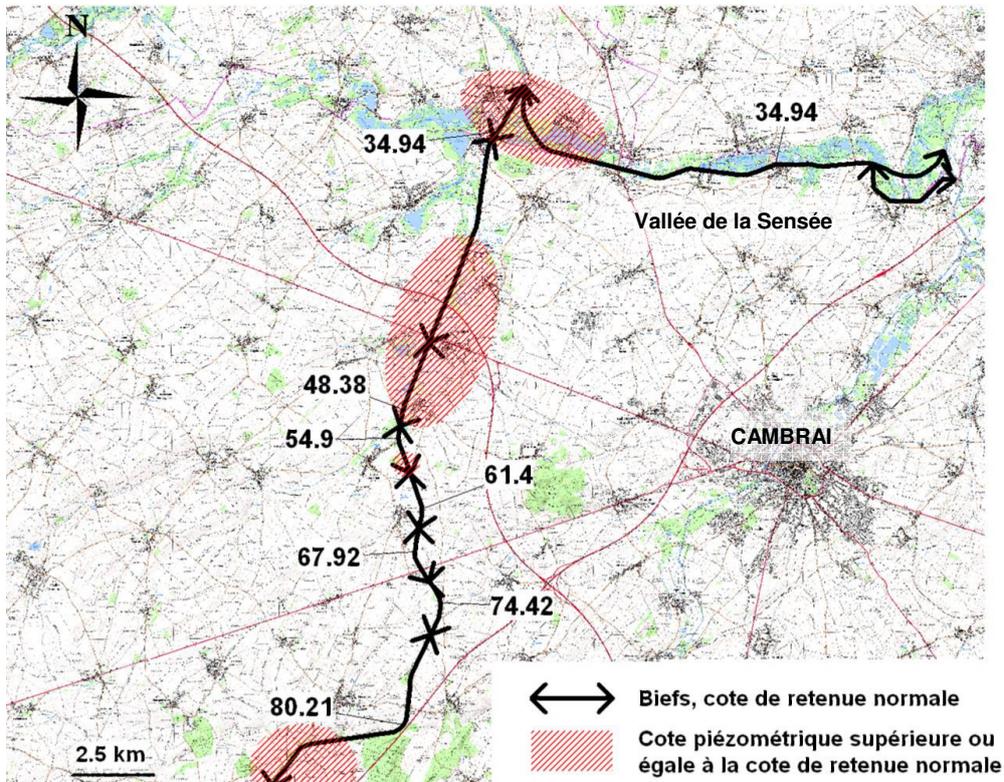


Figure 73 Cote de retenue normale des biefs du canal du nord et du canal de la Sensée

Au droit des piézomètres Pz29 et Pz6, situés de part et d'autre du canal de la Sensée, la surface piézométrique oscille parallèlement à celle des niveaux du canal au cours de la journée. De telles variations étaient déjà observées dans les années 60 ce qui exclut tout lien avec le champ captant d'Arleux. Le passage des péniches induit une surpression qui se transmet au travers des terrains vers la nappe.

8.5 DENITRIFICATION

La dénitrification est un processus bactérien. Ce phénomène biologique s'opère sous l'action de bactéries spécifiques anaérobies qui satisfont leur besoin en oxygène par une désoxygénation des ions nitrates. Les zones captives de la nappe, notamment au droit de la Vallée de la Sensée, forment un milieu anoxique et réducteur propice au développement de ces bactéries.

Le bassin versant hydrogéologique, dans sa partie amont, connaît des anomalies de qualité de l'eau dus à une trop forte concentration en nitrates. Dans ce secteur, les concentrations en nitrates atteignent au minimum 30 mg/L. La dénitrification qui a lieu au droit de la Vallée de la Sensée est donc un processus essentiel à l'alimentation en eau potable de la région. La frange de faibles concentrations en nitrates (< 5mg/L) est visible sur la Figure 74. Des champs captant importants (Arleux-Bugnicourt, Wavrechain-sous-Faulx, Paillencourt) ont été placés le long de la vallée afin de profiter d'une eau épurée.

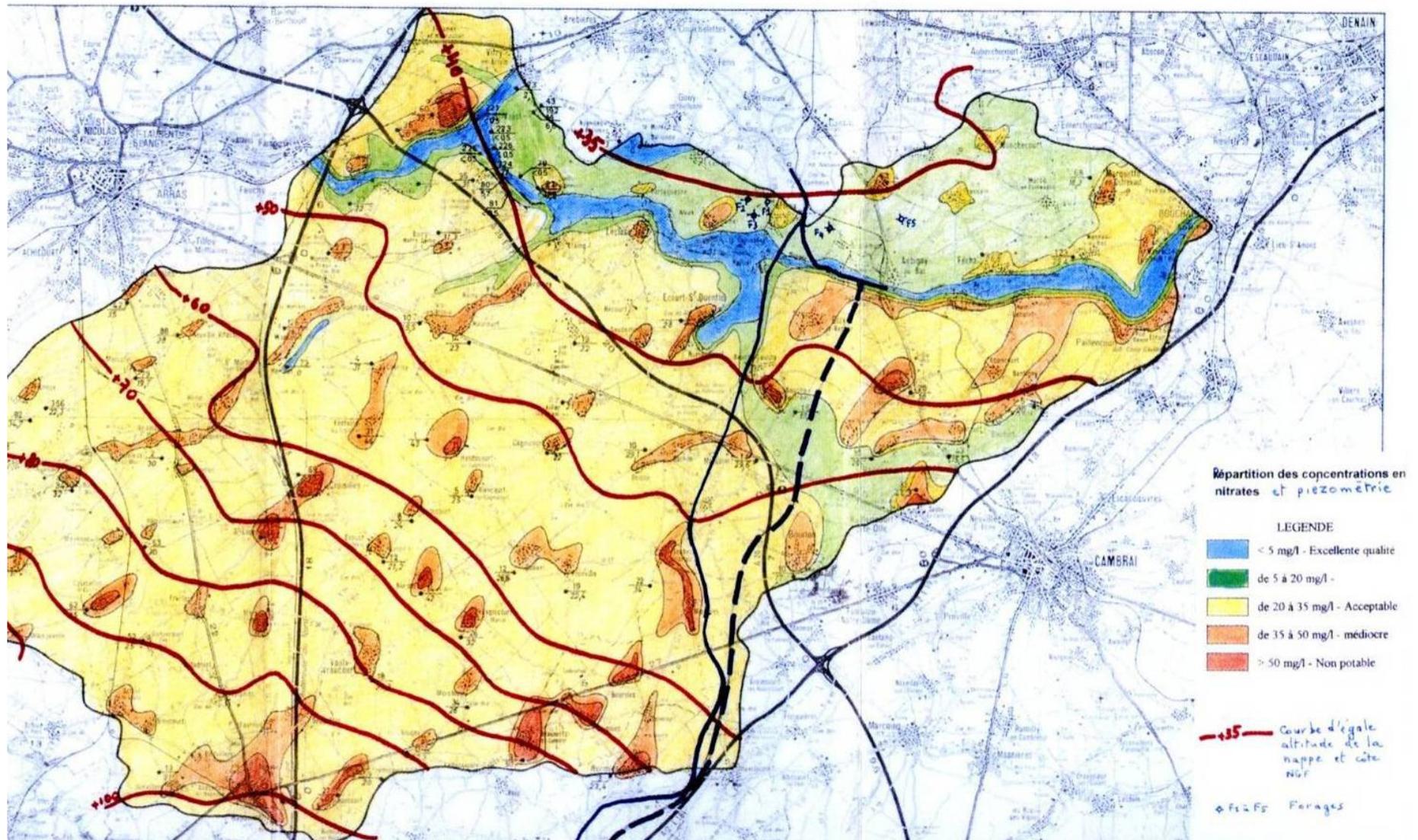


Figure 74 Carte de répartition des concentrations en nitrates. Source : ANTEA A 01357, Evaluation des ressources en eau potable souterraine dans la vallée de la Sensée

8.6 EXPLOITATION DE LA NAPPE DE LA CRAIE

Un état des lieux des prélèvements effectués sur la nappe de la craie est nécessaire à la réalisation d'un état des lieux de l'exploitation de la nappe de la craie.

8.6.1 Etat des lieux des prélèvements

Les données de prélèvement de l'Agence de l'Eau Artois Picardie pour 2003, 2004, 2005, 2006 et 2007 indiquent les volumes annuels prélevés pour tous les usages : agricole, industriel, eau potable.

Afin de discerner les tendances sur ces cinq années, une comparaison a été menée à l'échelle communale sur les volumes prélevés en 2003 et en 2007. Elle a été menée sur l'ensemble des communes du bassin versant hydrographique et du bassin versant hydrogéologique (.cf. Figure 75, Figure 76, Figure 77). Comme nous l'avons précisé dans la partie 8.3.1, le bassin versant hydrogéologique ne contient pas toutes les communes du bassin versant hydrographique, cependant, nous les avons incluses dans cette analyse.

Le territoire couvert par le bassin versant hydrographique représente 63% de la superficie du territoire considéré et 27% de ses prélèvements (volume annuel moyen sur la période 2003-2007), il couvre la partie amont du bassin versant hydrogéologique. L'ordre d'importance des volumes prélevés est le suivant : eau potable puis eau à usage industriel (industrie agro-alimentaire) et enfin eau à usage agricole. Ce secteur concentre 40% des prélèvements du bassin versant hydrogéologique pour l'usage eau potable, 11 % pour l'usage industriel, 79 % pour l'usage agricole. **Par rapport au reste du bassin versant hydrogéologique, ce territoire présente un fort caractère agricole et un enjeu eau potable important.** Les prélèvements en eau potable se concentrent le long de la Sensée, les prélèvements agricoles, sur les coteaux entre Bapaume et Croisilles, et les prélèvements industriels à Vaulx-Vraucourt. **Entre 2003 et 2007, on note une hausse des prélèvements totaux (+16%), qui est constituée d'une baisse des prélèvements agricoles (-69%) et industriels (-26%) et d'une hausse des prélèvements en eau potable (+53%).** L'augmentation des prélèvements en eau potable est majoritairement induite par la mise en exploitation du champ captant d'Arleux-Bugnicourt (SIDEN).

Le territoire non couvert par le bassin versant hydrographique représente les 37% restant de la superficie du bassin versant hydrogéologique et 73% de ses prélèvements (volume annuel moyen sur la période 2003-2007). **Par rapport au reste du bassin versant hydrogéologique, ce territoire présente un fort caractère industriel et un enjeu eau potable important.** Les prélèvements en eau potable se concentrent dans la région de Pecquencourt et Wandignies-Hamage, dans la zone captive de la nappe et les prélèvements industriels entre Douai, Brebières et Corbehem. **Entre 2003 et 2007, on note une baisse des prélèvements totaux (-23%), qui est constituée d'une baisse des prélèvements agricoles (-45%) et industriels (-34%) et d'une quasi-constance des prélèvements en eau potable (-8%).**

Sur l'ensemble du bassin versant hydrogéologique, en moyenne entre 2003 et 2007, les usages industriels et eau potable représentent des parts de prélèvements identiques (env. 50%), tandis que les prélèvements agricoles n'en constituent que 4%. **Entre 2003 et 2007, on note une**

baisse des prélèvements totaux (-13%), qui est constituée d'une baisse des prélèvements agricoles (-64%) et industriels (-33%) et d'une augmentation des prélèvements en eau potable (+13%).

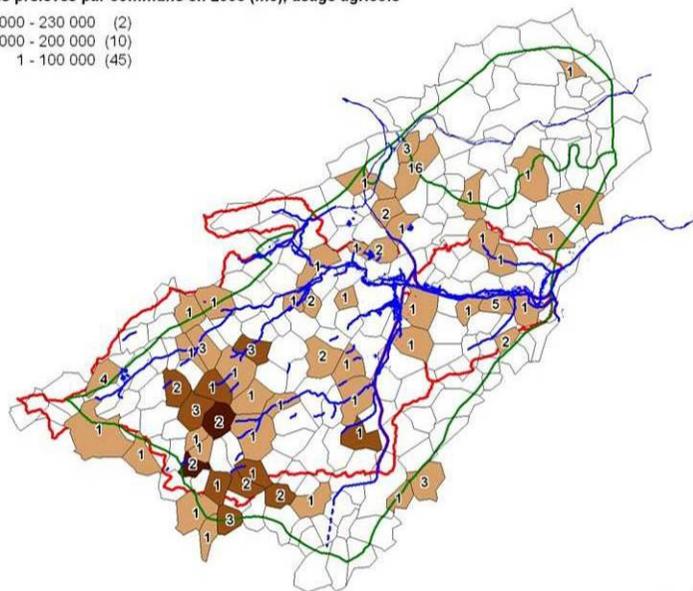
Ainsi, à l'échelle du bassin versant hydrogéologique, les hausses des prélèvements à usage eau potable sur la partie amont sont compensées par les baisses des prélèvements industriels et agricoles sur l'ensemble du territoire.

	Usage	Prélèvement annuel (m ³ /an)					Evolution (2003-2007)		
		2003	2004	2005	2006	2007		%	m ³ /an
Zone du bassin-versant hydrogéologique incluse dans le bassin versant hydrographique	Agricole	2632796	2046179	1861477	1824550	813665	baisse	-69	-1 819 131
	Industriel	3577602	3613968	3511923	3225904	2659504	baisse	-26	-918 098
	Eau Potable	10329517	10660086	11360844	14328394	15791879	augmentation	53	5 462 362
	Total	16539915	16320233	16734244	19378848	19265048	augmentation	16	2 725 133
Zone du bassin-versant hydrogéologique non incluse dans le bassin versant hydrographique	Agricole	638960	466611	474376	560624	351376	baisse	-45	-287 584
	Industriel	25785487	32702737	34743141	28821537	16948834	baisse	-34	-8 836 653
	Eau Potable	19537109	19909683	18557150	16344108	18013813	constance	-8	-1 523 296
	Total	45961556	53079031	53774667	45726269	35314023	baisse	-23	-10 647 533
Bassin versant hydrogéologique	Agricole	3271756	2512790	2335853	2385174	1165041	baisse	-64	-2 106 715
	Industriel	29363089	36316705	38255064	32047441	19608338	baisse	-33	-9 754 751
	Eau Potable	29866626	30569769	29917994	30672502	33805692	augmentation	13	3 939 066
	Total	62501471	69399264	70508911	65105117	54579071	baisse	-13	-7 922 400

Tableau 14 Prélèvements annuels 2003-2007

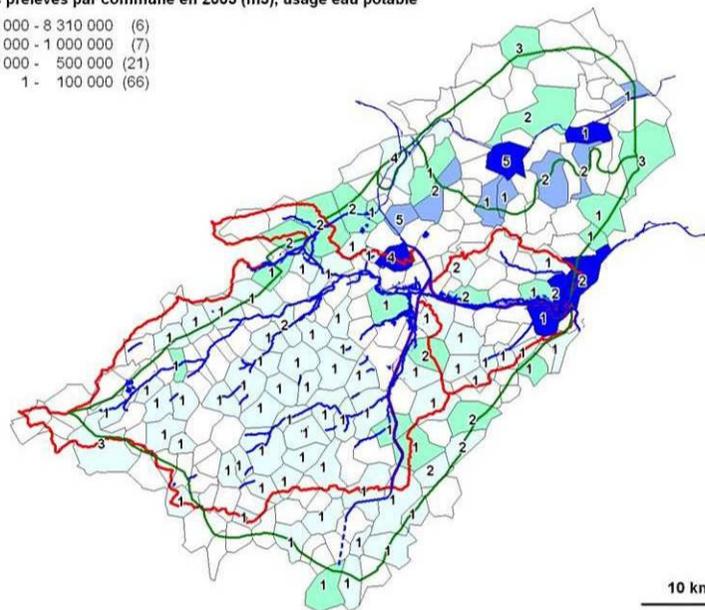
Volumes prélevés par commune en 2003 (m3), usage agricole

- 200 000 - 230 000 (2)
- 100 000 - 200 000 (10)
- 1 - 100 000 (45)



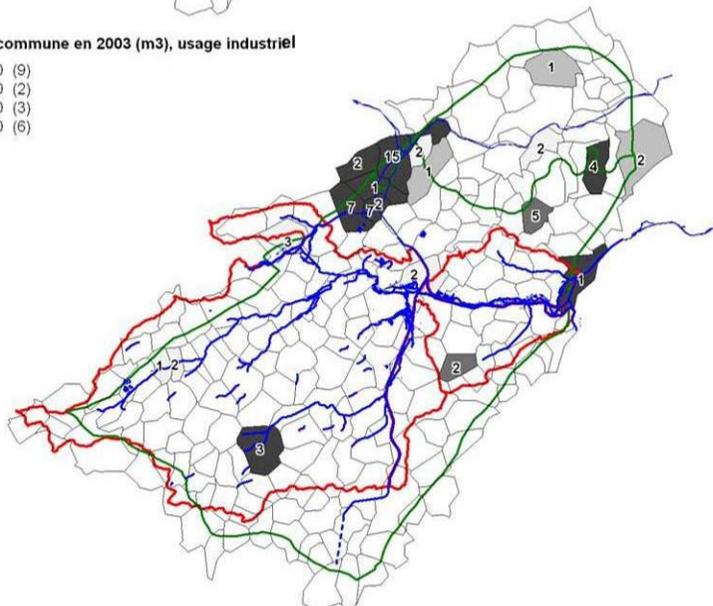
Volumes prélevés par commune en 2003 (m3), usage eau potable

- 1 000 000 - 8 310 000 (6)
- 500 000 - 1 000 000 (7)
- 100 000 - 500 000 (21)
- 1 - 100 000 (66)



Volumes prélevés par commune en 2003 (m3), usage industriel

- 400 000 - 20 100 000 (9)
- 300 000 - 400 000 (2)
- 100 000 - 200 000 (3)
- 1 - 100 000 (6)



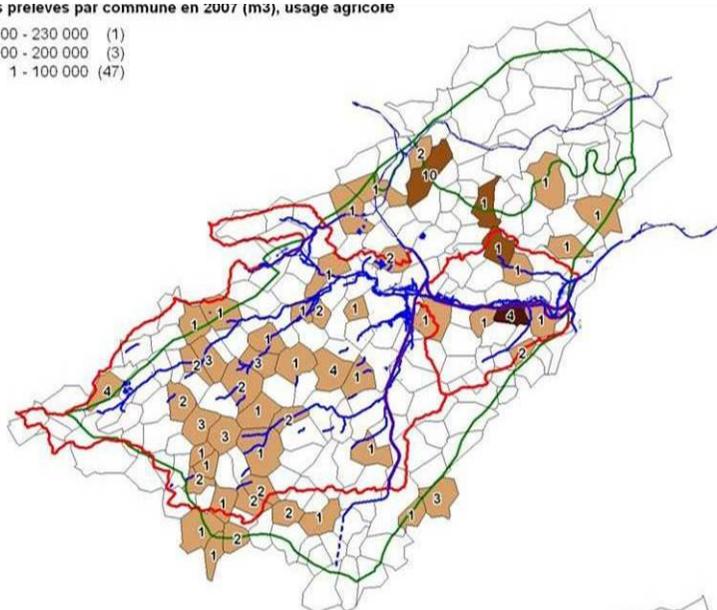
- Bassin-versant hydrogéologique (zones libres et captives)
- Bassin-versant hydrologique de la Sensée
- 1 Nombre de points de prélèvements sur la commune

10 km

Figure 75 Bilan des prélèvements pour l'année 2003. Données Agence de l'Eau Artois Picardie

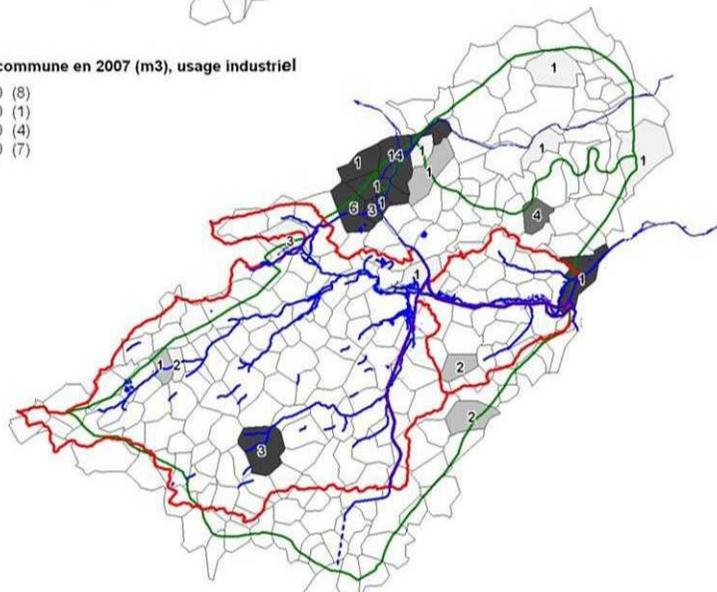
volumes prelevés par commune en 2007 (m3), usage agricole

- 200 000 - 230 000 (1)
- 100 000 - 200 000 (3)
- 1 - 100 000 (47)



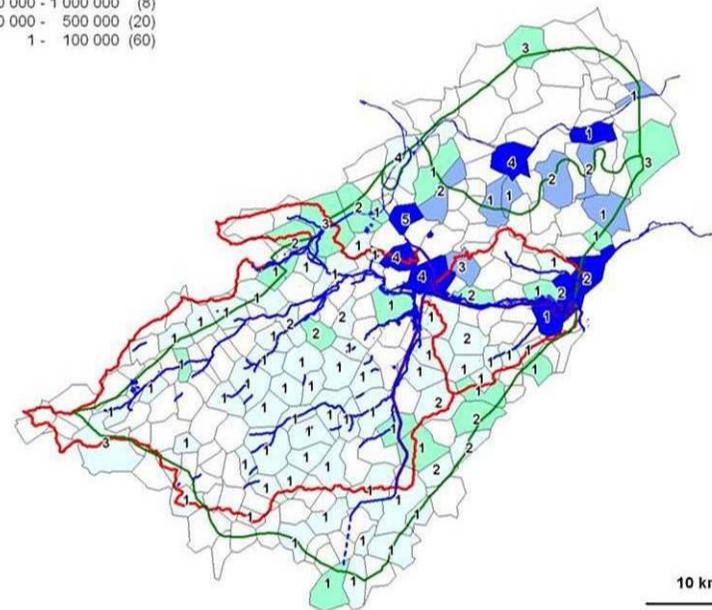
Volumes prélevés par commune en 2007 (m3), usage industriel

- 400 000 - 20 100 000 (8)
- 300 000 - 400 000 (1)
- 100 000 - 200 000 (4)
- 1 - 100 000 (7)



Volumes prélevés par commune en 2007 (m3), usage eau potable

- 1 000 000 - 8 310 000 (8)
- 500 000 - 1 000 000 (8)
- 100 000 - 500 000 (20)
- 1 - 100 000 (60)



10 km

- Bassin-versant hydrogéologique (zones libres et captives)
- Bassin-versant hydrogéologique de la Sensée
- 1 Nombre de points de prélèvements sur la commune

Figure 76 Bilan des prélèvements pour l'année 2007. Données Agence de l'Eau Artois Picardie

Prélèvements annuels moyens sur la période 2003-2007

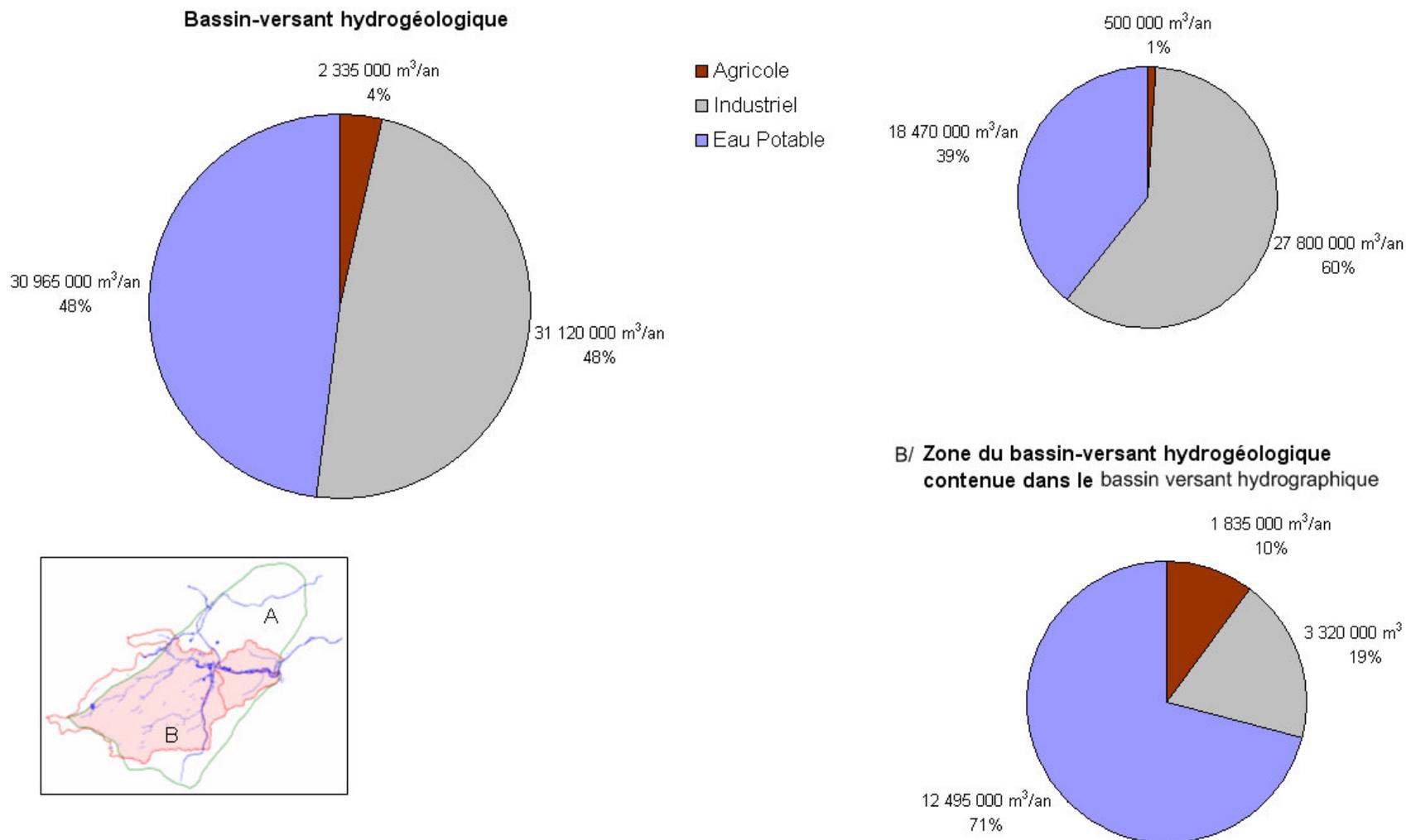


Figure 77 Répartition des prélèvements moyens entre 2003 et 2007 en fonction des usages et en fonction du territoire. Données : Agence de l'Eau Artois Picardie

8.6.2 Bilan volumétrique

La piézométrie du bassin versant hydrogéologique de 2003 à 2007, sur les zones affectées de fluctuations pluriannuelles, montre les tendances suivantes :

- 2003 : baisse
- 2004 : baisse
- 2005 : stagnation
- 2006 : augmentation
- 2007 : augmentation

Un bilan des entrées et des sorties du système aquifère de 2003 à 2007 doit traduire cette évolution des réserves de l'aquifère crayeux (cf. Tableau 15).

Les termes de ce bilan sont présentés sur la Figure 78 :

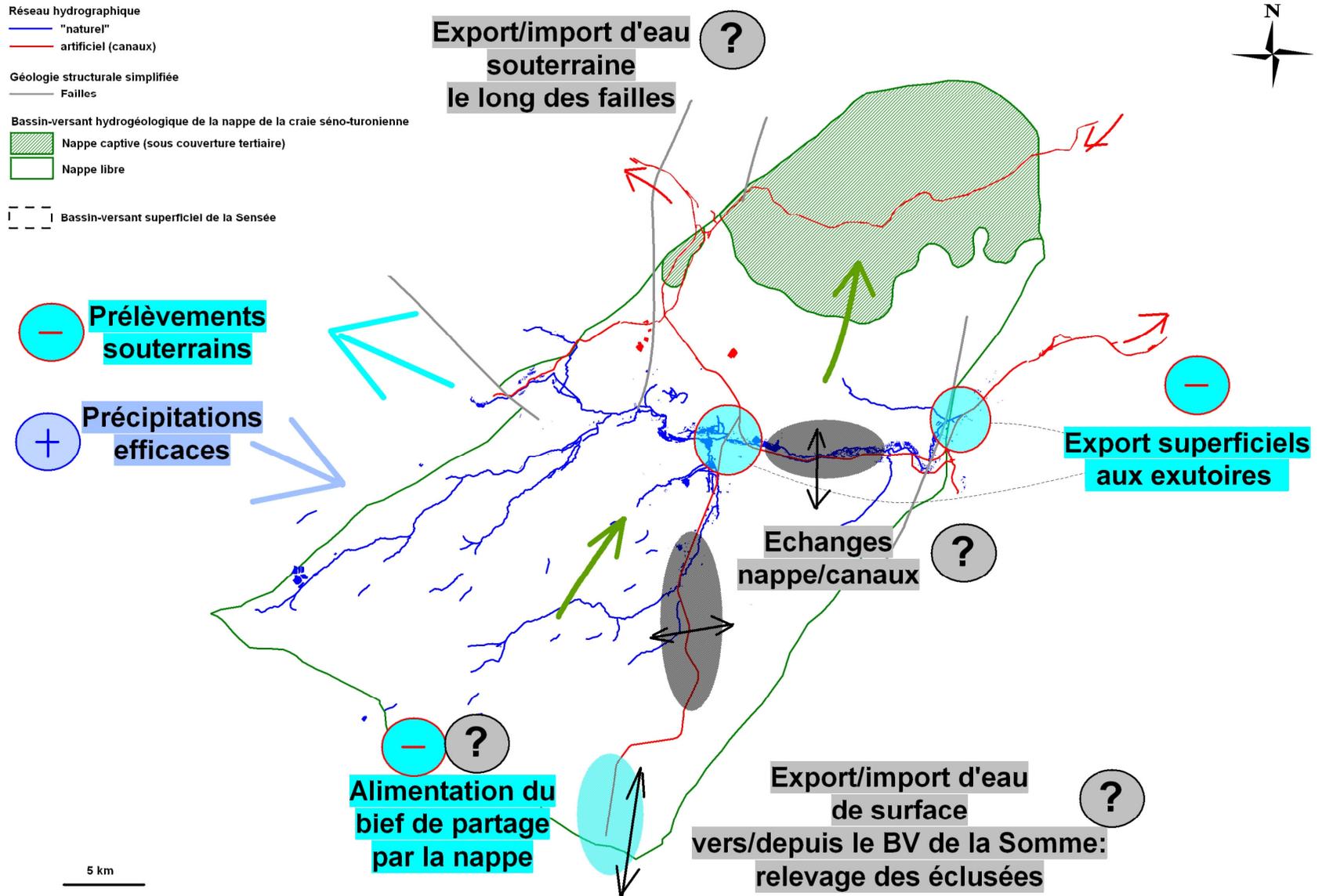


Figure 78 Schéma conceptuel du fonctionnement du bassin-versant hydrogéologique. Termes du bilan volumétrique

Les entrées :

- Infiltration des pluies efficaces :
 - Infiltration différée et/ou limitée vers la nappe de la craie sur les zones sous couverture tertiaire :
 - Il est estimé que les eaux infiltrées dans la couverture tertiaire du sud de la Sensée retournent dans la nappe de la craie, soit par drainance verticale, soit par écoulement des sources et réinfiltration.
 - La couverture tertiaire au nord de la Sensée renferme une nappe libre dont le mur présenterait une certaine perméabilité et autoriserait des échanges vers la nappe de la craie par drainance verticale non négligeable.
 - Infiltration « directe » sur le reste du bassin versant hydrogéologique

Afin de simplifier ce terme, nous avons considéré une infiltration des pluies efficaces sur l'ensemble de la surface du bassin versant hydrogéologique. Deux hypothèses sur la valeur de la réserve utile maximale ont été testées (RU_{max} = 100 ou 200 mm).

Les sorties :

- Ruissellements et écoulement de la Sensée amont et de la Sensée aval
 - **La Sensée amont** se déverse dans le canal du nord à Arleux. Les débits moyens à Arleux ont été estimés à l'aide des mesures effectuées en amont, à Etaing et à Ecourt-St-Quentin : **2.4 m³/s**.
 - La Sensée aval se déverse dans le canal de l'Escaut à Bouchain. Les débits moyens à Bouchain ont été estimés à l'aide des mesures effectuées sur la Sensée et sur la Navillé-Tortue à Wavrechain-sous-Faulx : **0.6 m³/s**.

Les échanges nappe/rivière qui ont lieu le long de la Sensée amont et de la Sensée aval sont intégrés dans ces débits.

- Prélèvements par pompage

Les prélèvements par pompage correspondent aux **données de l'Agence de l'Eau Artois Picardie** (cf. Tableau 14).

- Alimentation du bief de partage du canal du Nord

En l'absence de données complémentaires, nous ne sommes pas en mesure d'évaluer les débits drainés par le souterrain de Ruyaulcourt.

Les échanges incertains :

Nous ne sommes actuellement pas en mesure d'évaluer le sens (entrée-sortie) de ces échanges, ni leur ordre de grandeur.

- Les échanges nappe - canaux
- Les échanges latéraux et/ou verticaux le long des failles (notamment entre les terrains carbonifères et la craie)

- Les échanges d'eau de surface entre les bassins versants de la Sensée et de la Somme via le bief de partage du canal du nord

Le bilan :

Le bilan volumétrique annuel est présenté dans le Tableau 15. Deux hypothèses de pluviométrie efficace ont été faites. L'hypothèse d'une R_Umax de 200 mm sur l'ensemble du territoire minimise trop les entrées pour être valable.

Le bilan avec une R_Umax de 100 mm fait apparaître des manques dans les termes du bilan :

- L'année 2003, durant laquelle la piézométrie est en baisse apparaît excédentaire selon le bilan.
- L'année 2007, durant laquelle la piézométrie est en hausse apparaît légèrement déficitaire selon le bilan.

Ces incohérences entre bilan et tendances observées confirment le poids d'inconnues dans le bilan. Celles-ci peuvent être (cf. Figure 78):

- **Les échanges nappe - canaux**
- **Les échanges latéraux et/ou verticaux le long des failles (notamment entre les terrains carbonifères et la craie)**
- **Les échanges entre les bassins versants de la Sensée et de la Somme via le bief de partage du canal du nord**

Des échanges complémentaires avec VNF et la phase de calage de la modélisation nous permettront d'évaluer ces échanges (cf.9.1 « Modélisation hydrogéologique »).

	2003	2004	2005	2006	2007
Sorties :					
Prélèvements souterrains (m ³ /an)	62 501 471	69 399 264	70 508 911	65 105 117	54 579 071
Déversement de la Sensée amont à Arleux (m ³ /an) dans le Canal du Nord, <u>estimé</u>	76 181 419	76 181 419	76 181 419	76 181 419	76 181 419
Déversement de la Sensée aval à Bouchain (m ³ /an) dans le canal de l'Escaut, <u>estimé</u>	19 620 648	19 620 648	19 620 648	19 620 648	19 620 648
Alimentation du bief de partage du canal du Nord	?	?	?	?	?
Sens des échanges inconnu :					
Echanges nappe-canaux	?	?	?	?	?
Echanges le long des failles (verticaux/latéraux)	?	?	?	?	?
Entrées :					
▪ Hypothèse 1 : RU 100 mm					
Infiltration annuelle (m ³ /an)	202 496 000	144 301 000	174 585 000	168 596 000	155 126 400
▪ Hypothèse 2 : RU 200 mm					
Infiltration annuelle (m ³ /an)	89 496 000	31 301 000	41 810 000	55 596 000	57 833 400
Bilan :					
▪ Hypothèse 1 : RU 100 mm					
Solde (m ³ /an)	+44 192 462	-20 900 331	+8 274 022	+18 214 862	-5 094 434
Solde (m ³ /h)	+5 045	-2 386	+945	+2 079	-582
Sollicitation (%) (= -Sorties/Entrées)	<u>78</u>	114	95	89	<u>103</u>
▪ Hypothèse 2 : RU 200 mm					
Solde (m ³ /an)	-68 807 538	-133 900 331	-124 500 978	-94 785 138	-102 387 434
Solde (m ³ /h)	-7 855	-15 285	-14 212	-10 820	-11 688
Sollicitation (%) (= -Sorties/Entrées)	177	528	398	270	277

Tableau 15 Bilan volumétrique du système aquifère 2003-2007

8.6.3 Perspectives d'évolution

Les perspectives d'évolution des prélèvements ont été cernées au travers des différents entretiens menés par Hydratec. Il apparaît que :

- **Les prélèvements agricoles ne devraient pas progresser.** Cependant, sur la période de 2000 à 2005, sur la partie du bassin versant superficiel située dans le département du Nord, les volumes prélevés ne dépassent jamais 30% des débits de prélèvement autorisés (arrêtés de déclaration, source : DDAF Pas de Calais). Il existerait donc une marge de progression légale importante des prélèvements.
- **Les prélèvements à usage eau potable pourraient progresser.** La Communauté Urbaine d'Arras (CUA) a mené des recherches afin d'implanter un champ captant dans la vallée du Trinquise, à Hamblain-les-Prés. Les débits de prélèvement souhaités étaient de 15000 m³/jour. A ce jour, la CUA ne nous a pas communiqué les résultats des derniers essais. La CUA a prévu d'abandonner ce projet. Cependant, il paraît vraisemblable d'envisager l'implantation dans un avenir proche d'un champ captant dans ce secteur pour un autre maître d'ouvrage.
- **Les prélèvements industriels :** de manière générale, sur l'ensemble du territoire français, les prélèvements industriels sont à la baisse.

8.7 SYNTHÈSE

Les écoulements de surface du bassin versant hydrographique de la Sensée sont étroitement liés aux écoulements souterrains de la nappe de la craie. La première manifestation de ce lien est la présence de sources de la craie à l'amont de la Sensée, du Cojeul et de l'Agache.

Le bassin versant hydrogéologique de la Sensée couvre un territoire d'environ 1100 km², d'axe sud-ouest/nord-est, s'étendant de Bapaume à Orchies. La nappe de la craie s'écoule selon un axe général sud-ouest/nord-est. La géologie de ce territoire est marquée par la présence de failles. Ces failles jouent un rôle dans la piézométrie de la nappe et peuvent être le siège d'échanges verticaux et/ou latéraux.

La nappe de la craie présente un régime libre à l'amont et un régime captif à l'aval, sous la couverture tertiaire. Au droit de la vallée de la Sensée, la nappe de la craie présente une succession de zones captives et libres dont la localisation est difficile et conditionnée par la présence d'alluvions imperméables.

La Sensée et le réseau de marais disséminés dans la vallée sont directement liés à la nappe portée par les alluvions de la Sensée. La nappe alluviale présente des relations complexes avec la nappe de la craie.

La vallée de la Sensée est une zone de dénitrification qui présente un intérêt majeur pour l'alimentation en eau potable. La dénitrification est conditionnée par la captivité de la nappe de la craie.

Les canaux entretiennent également des relations de drainage et/ou d'alimentation avec la nappe de la craie dont l'intensité est inconnue.

Sur le bassin hydrographique de la Sensée, la nappe de la craie a subi une augmentation des prélèvements de 16% entre 2003 et 2007.

9 DEFINITION DES MODELISATIONS DE LA PARTIE 4 DE L'ETUDE

Les deux modélisations qui seront réalisées dans la partie 4 de l'étude ont pour objet d'approfondir les connaissances relatives au fonctionnement du bassin versant synthétisées dans les chapitres précédents et d'aider à la définition d'un plan d'actions (aménagement et outils de gestion).

9.1 MODELISATION HYDROGEOLOGIQUE

9.1.1 Rappel des objectifs de cette modélisation

Les objectifs de cette modélisation sont de :

- Estimer le degré d'exploitation actuel de la nappe,
- Comprendre les relations entre le réseau hydrographique et la nappe de la craie, particulièrement au droit de la vallée de la Sensée,
- Evaluer l'impact d'une augmentation éventuelle des prélèvements sur le territoire du SAGE.

9.1.2 Etendue et description sommaire du modèle

Le code de calcul MODFLOW sera utilisé pour simuler les écoulements souterrains en régime transitoire. **L'extension du modèle sera celle du bassin versant hydrogéologique.** L'espace y sera discrétisé en mailles élémentaires auxquelles seront attribués les paramètres hydrauliques représentatifs des écoulements souterrains (perméabilité, géométrie des couches, limites d'alimentation...). La superposition des différents horizons géologiques sera traduite par un modèle multicouche. La complexité des relations entre les zones humides et la nappe de la craie sera traduite au travers d'une typologie de ces relations, principalement sur la base des essais menés par le BRGM en 1960⁽⁸⁾.

9.1.3 Etapes de modélisation

Les étapes de la modélisation seront les suivantes :

- ➔ Le modèle sera calé sur les chroniques piézométriques, limnimétriques et débitmétriques de 2006 à 2008. Les résultats de la simulation, calculés maille par maille, seront comparés à la piézométrie et à la limnimétrie observées. Les débits transitant au travers du modèle seront également comparés aux débits mesurés. Les paramètres de calcul seront alors ajustés pour rechercher la meilleure adéquation entre les résultats et les observations. Cette phase de calage permettra une meilleure compréhension du système nappe de la craie/nappe alluviale/réseau hydrographique. Elle devrait également permettre de préciser et d'évaluer les termes inconnus du bilan volumétrique (échanges canaux/nappe, échanges le long des failles). Pour optimiser la phase de calage, il nous serait nécessaire d'avoir de plus amples informations concernant les cotes et volumes transitant dans les différents biefs des canaux suivants : canal du Nord, canal de la Sensée, canal de l'Escaut et canal de la Scarpe sur le territoire couvert par le bassin versant hydrogéologique.

→ Le modèle sera alors utilisé afin de préciser les impacts de différentes situations tests sur la piézométrie de la nappe, en particulier sur le fonctionnement des zones humides de la vallée de la Sensée.

Nous proposons de tester les scénarii suivants :

- Un arrêt des prélèvements sur le territoire du SAGE. Ce test permettrait d'apprécier un fonctionnement équilibré de la nappe dans la partie amont du bassin versant hydrogéologique.
- Une augmentation des prélèvements le long de la Sensée : il faudrait intégrer la mise en place d'un nouveau champ captant à Hamblain-les-Prés.

La définition de ces tests doit se faire en concertation avec l'Institution Interdépartementale de la Vallée de la Sensée et le Comité de Pilotage.

9.2 MODELISATION HYDRAULIQUE

9.2.1 Rappel des objectifs de cette modélisation

Comme indiqué dans le paragraphe 4.8 « Synthèse des problématiques et méthodes d'analyse », les objectifs du modèle hydraulique global qui va être réalisé dans la partie 4 de l'étude sont :

- localiser les tronçons critiques du point de vue des débordements et comprendre les raisons de ces dysfonctionnements ;
- identifier les ouvrages hydrauliques induisant des pertes de charges importantes et déterminer leur influence en amont ;
- fournir le profil en long des vitesses d'écoulement moyennes pour l'étude analytique du phénomène d'envasement ;
- dans la partie 5 de l'étude, simuler les propositions d'aménagements hydrauliques qui seront élaborées.

9.2.2 Etendue du modèle

Au regard de la localisation des différentes problématiques exposées dans le chapitre 4, il a été retenu de modéliser les tronçons de cours d'eau suivants (voir Figure 79) :

- la Sensée amont à partir d'Etaing jusqu'à l'aval, au confluent avec le canal du Nord ;
- la Sensée aval à partir du siphon d'Oisy-le-Verger jusqu'à l'aval, au confluent avec le canal de l'Escaut ;
- l'Agache à partir de Marquion jusqu'à l'aval, au confluent avec la Sensée ;
- l'Hirondelle à partir de sa traversée du marais Becquerel jusqu'à l'aval, au confluent avec l'Agache.

Tous les plans d'eau traversés par ces cours d'eau ou en connexion avec eux (via des buses ou des bras d'alimentation) seront également retranscrits dans le modèle hydraulique.

Ainsi, un linéaire total de 41 km environ sera modélisé.

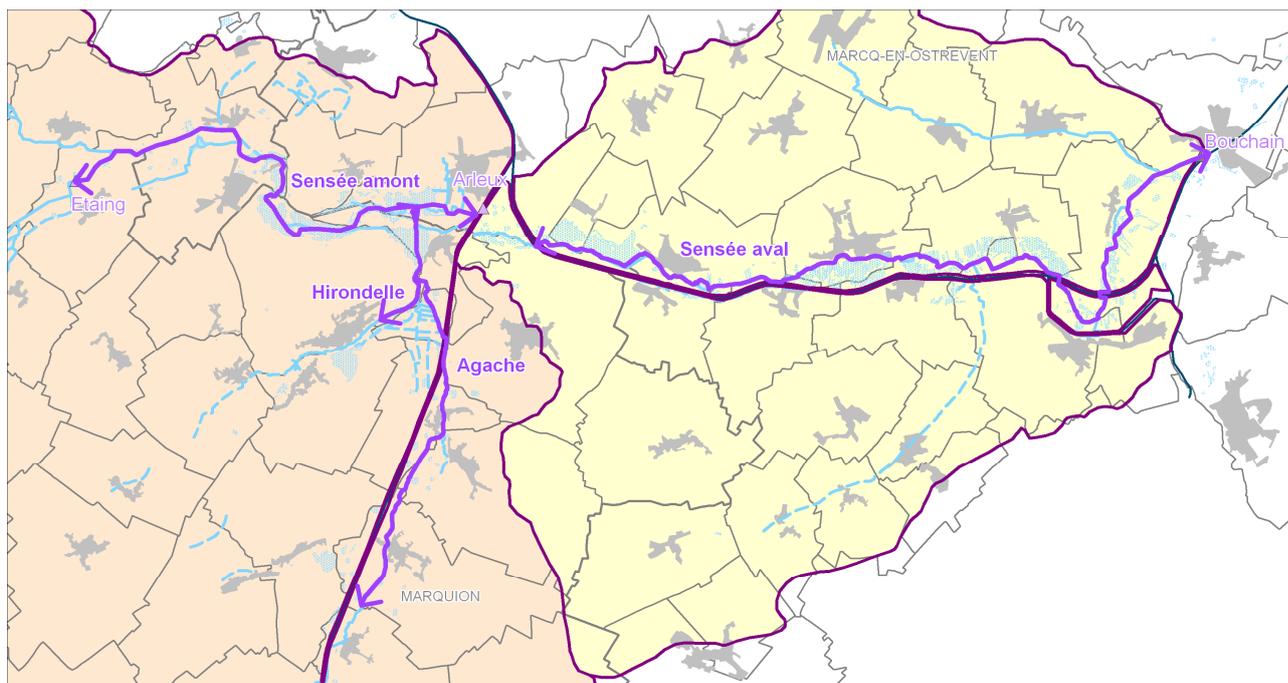


Figure 79 Etendue du futur modèle hydraulique

Les tronçons de cours d'eau en amont des secteurs surlignés en violet sur la carte ci-dessus et les autres affluents ne sont pas modélisés car la problématique inondation par débordement de cours d'eau ou d'étang y est relativement absente (cf. Figure 12 du paragraphe 4.4).

Les apports des affluents non modélisés et de l'ensemble du bassin versant sont toutefois pris en compte dans la modélisation hydraulique, puisque les débits apportés par ces affluents (issus du ruissellement et des apports de nappe) sont injectés dans le modèle hydraulique sous forme d'hydrogrammes.

9.2.3 Description sommaire du modèle

On construira en réalité deux modèles : l'un pour la Sensée amont et ses affluents, l'autre pour la Sensée aval, puisqu'il n'existe actuellement aucune relation hydraulique entre les deux Sensée. Il sera toutefois possible de les reconnecter ultérieurement si besoin (pour tester une hypothèse de réalimentation de la Sensée aval par exemple).

La modélisation hydraulique sera réalisée à l'aide du logiciel HYDRA-RIVIERE, conçu et développé par Hydratec.

Deux représentations d'écoulement seront utilisées dans les modèles Sensée :

- les cours d'eau seront schématisés par des **domaines filaires**, caractérisés par une direction privilégiée d'écoulement le long de l'axe de vallée. Le domaine filaire représente le lit mineur et le lit majeur du cours d'eau. Il est défini à l'aide de **profils en travers** de la vallée.
- les plans d'eau traversés ou en connexion avec la rivière seront schématisés par des **casiers** : zones d'accumulation dans le lit majeur avec faible vitesse moyenne, où les transferts de débit sont conditionnés par des lois d'échange aux frontières. Les casiers sont des « cuvettes » définies par une loi de remplissage.

Plans d'eau et cours d'eau peuvent être reliés entre eux par des liaisons, dont les différents types traduisent les différentes natures de connexions existantes (buses, bras d'alimentation, déversoir...etc.).

Les apports de nappe le long des cours d'eau et plans d'eau modélisés, non négligeables dans la vallée de la Sensée, seront évalués à l'aide de la modélisation hydrogéologique, puis injectés dans le modèle hydraulique sous forme d'hydrogrammes (apports ponctuels), dont la répartition spatiale sera à déterminer.

9.2.4 Données de calage disponibles

Le modèle doit être calé sur au moins deux scénarios hydrologiques, c'est-à-dire que pour ces événements, les paramètres du modèle sont ajustés de façon à ce que la modélisation reproduise le plus fidèlement possible les données mesurées (débits et hauteurs d'eau).

Les données de calage disponibles sont les suivantes :

- les chroniques de débits et de hauteurs d'eau instantanés (plusieurs mesures par jour) mesurées à la station hydrométrique d'Etaing sur la Sensée amont à partir du 10/07/91 ;
- les chroniques de débits et de hauteurs d'eau instantanés ou hebdomadaires aux 11 stations de mesures implantées pour l'étude à partir du 21/09/05 ;
- les chroniques de débits journaliers (moyenne sur la journée) mesurées à la station d'Arleux sur le canal du Nord à partir du 01/01/05 ;
- des jaugeages ponctuels réalisés par la DIREN (1 à 2 mesures par mois au maximum) à partir des années 60 (notamment à Arleux et Palluel).

Par ailleurs, aucun repère de crue n'a été signalé dans les questionnaires adressés aux communes ni lors des entretiens ou visites de terrain. Ces données servent aussi au calage lorsqu'elles existent.

9.2.5 Simulations proposées et crues de calage

La situation prise comme référence (notamment dans l'optique de la comparer à des hypothèses de situations futures aménagées) sera la situation actuelle. En particulier, les ouvrages hydrauliques sauvages pris en compte seront ceux présents lors des visites de terrain (janvier 2009).

Sur cette situation initiale, plusieurs scénarios hydrologiques vont être testés. Il s'agit de simuler différentes configurations hydrologiques pour mieux cerner la réponse hydraulique du bassin versant et appréhender les dysfonctionnements induits.

Le principal objectif de la modélisation hydraulique étant de décrire les débordements ayant cours en hautes eaux, on retiendra des **épisodes de crue** (voir § 7.3.2. Analyse statistique des crues) :

- **décembre 1999**, car c'est la crue d'hiver la plus importante survenue depuis l'ouverture de la station hydrométrique d'Etaing (T=27 ans) ;
- **août 2008**, car c'est l'événement le plus important survenu pendant les trois ans de mesures réalisés pour l'étude (T=2 ans). Il s'agit d'un événement orageux d'été.

- **mars 1995**, car il s'agit d'un événement de période de retour intermédiaire (T=11 ans), survenu entre l'hiver et le printemps.

Ces trois crues étant de force et de genèse très différentes, elles serviront toutes trois au calage du modèle. On notera toutefois qu'à part l'événement d'août 2008, les deux autres crues ne pourront être comparées qu'aux mesures de la station d'Etaing. En particulier, **le calage de la Sensée aval sera particulièrement délicat.**

Par ailleurs, **un régime permanent pourra être simulé**, afin de disposer des profils en long des vitesses nécessaires à l'analyse sédimentaire (cf. § 9.2.1). Dans ce cas, une situation hydrologique moyenne sera prise en compte, dont le débit pourra valoir le module par exemple.

9.3 TOPOGRAPHIE NECESSAIRE

9.3.1 Inventaire de la topographie existante

Un état des lieux de la topographie existante a été mené lors de la Phase 3 de l'étude, notamment au travers des entretiens et de la bibliographie. La carte suivante regroupe tous les levés existants :

- les plans des siphons de passage de la Sensée aval sous le canal, → réutilisables
- des profils en travers de lit mineur, essentiellement sur la Sensée amont et sur la Sensée aval, → non réutilisables, car ils sont soit trop anciens (l'envasement notamment est très variable au cours du temps), soit trop sommaires, soit non cotés (seules les dimensions sont indiquées, sans rattachement à un nivellement).

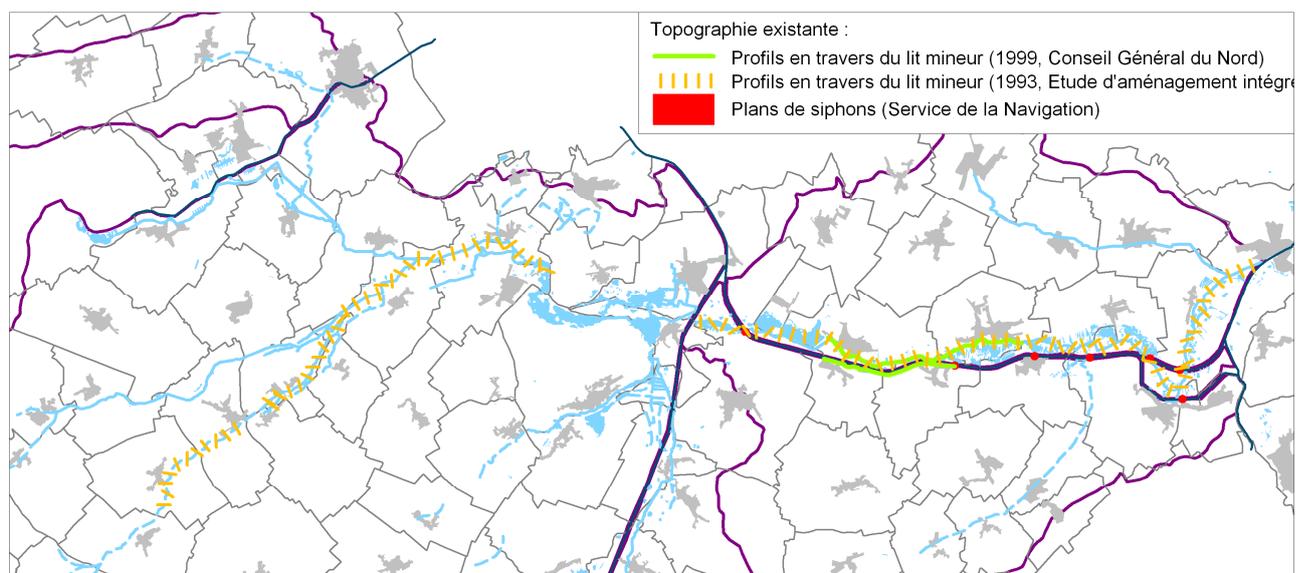


Figure 80 Inventaire et localisation de la topographie existante

Par ailleurs, un MNT (Modèle Numérique de Terrain) couvrant notamment toute la zone modélisée a été réalisé en 2006 par le Conseil Général du Nord. Les points du semis de points sont espacés

de 5 m, avec une précision altimétrique « inférieure à 50 cm en zone dégagée et inférieure à 1 m ailleurs ».

→ Cette précision ne nous paraît pas suffisante pour pouvoir répondre aux questions relatives aux débordements des cours d'eau et plans d'eau notamment. En particulier, nous avons observé des variations de cotes importantes (30 à 40 cm) au sein des plans d'eau par définition horizontaux (cf. illustration suivante).

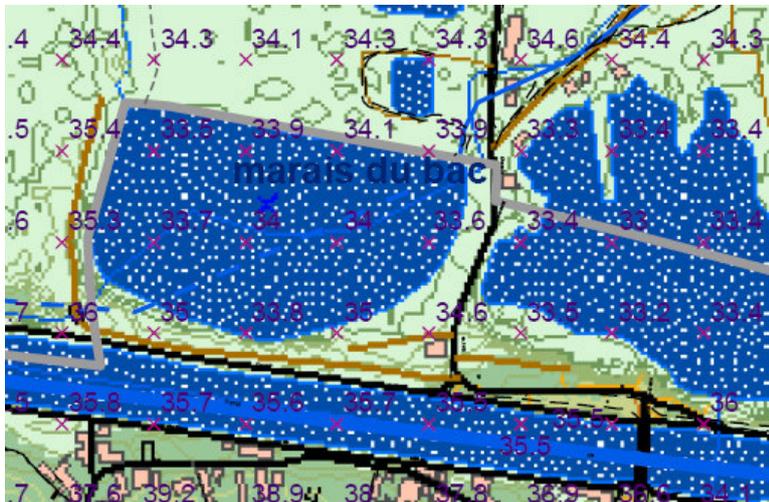
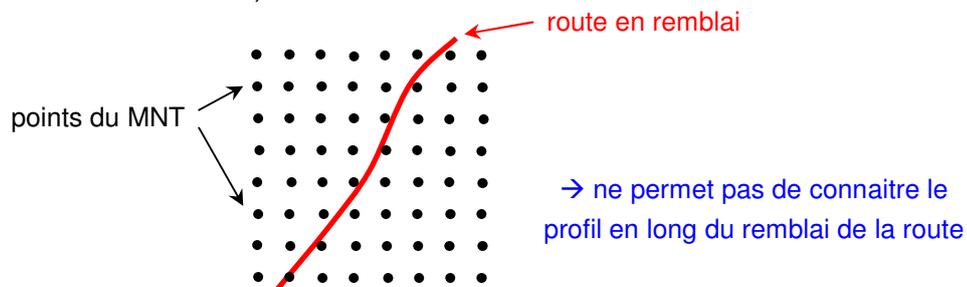


Figure 81 Extrait du MNT du Conseil Général du Nord

Les MNT usuellement utilisés pour la modélisation ont une précision altimétrique de l'ordre de 15 cm. La validité des résultats du modèle est en effet directement liée à la précision des données topographiques qui lui sont intégrées. De plus, le semis de points du CG du Nord ne décrit pas fidèlement les remblais sur le terrain naturel, puisque les points du MNT sont uniformément répartis (cf. schéma ci-dessous).



Notons de plus que le Conseil Général du Nord ne peut pas fournir cette donnée informatisée à l'Institution, ce qui complique considérablement son traitement pour intégration dans le modèle.

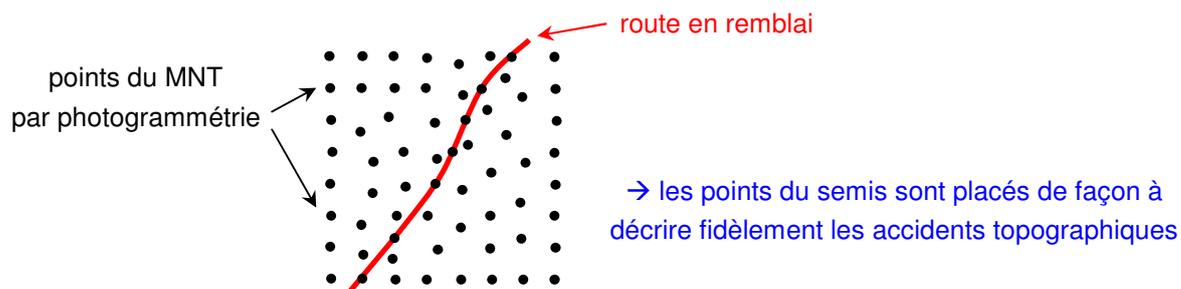
9.3.2 Topographie complémentaire nécessaire

Les levés topographiques suivants seront à réaliser en complément de la topographie existante :

- profils en travers de lit mineur sur tout le linéaire modélisé (41 km) à raison de 1 profil tous les 500 m environ ;
- profils en travers des bras de connexion entre étangs ou entre rivière et étangs ;
- tous les ouvrages hydrauliques (officiels et sauvages) jalonnant les cours d'eau modélisés ;
- les ponts enjambant les rivières modélisées ;

- bathymétrie dense des plans d'eau connectés ou traversés par la rivière ;
- levé de quelques points isolés et bathymétrie grossière de quelques plans d'eau complémentaires (besoins pour la modélisation hydrogéologique) ;
- **Modèle Numérique de Terrain par photogrammétrie sur l'ensemble du lit majeur modélisé.**

Remarque : La photogrammétrie permet de retranscrire fidèlement les aléas topographiques, puisque cette méthode permet une précision altimétrique de 15 cm et les points constituant le MNT sont choisis en fonction des accidents topographiques (remblais, fossés...etc) :



10 POURSUITE DE L'ETUDE

La prochaine étape de l'étude est le lancement de la campagne topographique. Le géomètre retenu pour réaliser les levés est Axis-Conseils (S.A.R.L de géomètres experts). Sa mission devrait débuter incessamment, sous maîtrise d'ouvrage de l'Institution interdépartementale de la vallée de la Sensée.

Lorsque les levés topographiques seront disponibles, la modélisation hydraulique (Partie 4 de l'étude) pourra débuter. Elle devrait permettre de fournir des informations quantifiées pour comprendre et expliquer les dysfonctionnements constatés dans l'analyse présentée ici.

Remarque : Concernant la problématique envasement et transport sédimentaire, l'étude pourra apporter via la modélisation hydraulique des informations (profil en long des vitesses moyennes) utiles à la compréhension de la dynamique sédimentaire. Néanmoins, l'étude de ce processus complexe n'est pas prévue dans la présente mission. Il serait toutefois intéressant, au travers de la bibliographie portant sur le sujet, des mesures de matières en suspension réalisées aux stations de mesure des sédiments, des hauteurs d'envasement des étangs qui seront levées par le géomètre et des résultats de la modélisation hydraulique, d'analyser cette problématique apparue comme majeure à l'occasion du présent état des lieux.

Parallèlement, la modélisation hydrogéologique (Partie 4 de l'étude) sera élaborée pour mieux appréhender les relations nappe / rivière, la gestion de la ressource et les remontées de nappe notamment.

La 5^{ème} et dernière partie de l'étude visera à proposer des aménagements et des outils de gestion (plan de restauration et d'entretien, gestion des niveaux d'eau, recommandations sur les prélèvements...etc.) répondant aux problématiques soulevées dans le présent rapport.