



**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

Rapport 6.1 Synthèse de l'étude



hydratec
groupe setec

Tour Gamma D
58, quai de la Rapée
75583 PARIS CEDEX 12

tel : 01.40.04.61.02
fax : 01.43.42.24.39

Réf : 19600-6.1 - BC/ALP
Date : mars 2011

1	CADRE ET OBJET DU RAPPORT	5
1.1	CONTEXTE DE L'ETUDE	5
1.2	DEROULEMENT DE L'ETUDE	5
1.3	OBJET DU PRESENT RAPPORT	6
2	PRESENTATION GENERALE DU BASSIN VERSANT DE LA SENSEE	7
3	ETAPE 1 : ACTION PILOTE SUR L'AMONT DU BASSIN VERSANT DE LA SENSEE - REDUCTION DE L'EROSION ET DE L'ENVASEMENT DES COURS D'EAU	9
3.1	PRESENTATION DU SOUS-BASSIN VERSANT AMONT DE LA SENSEE ET DE SES PROBLEMATIQUES	9
3.2	COMPREHENSION DES PHENOMENES DE RUISSELLEMENT ET D'EROSION	12
3.3	PHENOMENES OBSERVES DANS LE BASSIN VERSANT DE LA SENSEE EN AMONT DE CROISILLES	12
3.4	DEMARCHE MISE EN ŒUVRE POUR PROPOSER UN PLAN D' ACTIONS	15
	3.4.1 <i>Choix d'un site pilote</i>	15
	3.4.2 <i>Concertation avec les agriculteurs</i>	16
	3.4.3 <i>Modélisation hydraulique</i>	16
3.5	PROPOSITIONS D' ACTIONS POUR LIMITER L'EROSION	16
3.6	SUITE DONNEE A L'ETAPE 1 « ACTION PILOTE »	19
4	ETAPE 2 : TABLEAU DE BORD ET RESEAU DE MESURES - ACQUISITION DE DONNEES QUANTIFIEES	21
4.1	DEFINITION DU RESEAU DE MESURES	21
4.2	MISE EN PLACE ET EXPLOITATION DU RESEAU	22
4.3	ENSEIGNEMENTS DES ANNEES DE MESURES	23
	4.3.1 <i>Mesures quantitatives</i>	23
	4.3.2 <i>Mesures qualitatives</i>	25
5	ETAPE 3 : ETUDE ANALYTIQUE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT	26
5.1	PERCEPTIONS LOCALES DES PROBLEMATIQUES LIEES A L'EAU	26
5.2	GESTION DES NIVEAUX D'EAU	27
5.3	ENVASEMENT DES COURS D'EAU ET PLANS D'EAU	28
5.4	DIAGNOSTIC DE L'ETAT DES COURS D'EAU	29
5.5	ANALYSE CLIMATOLOGIQUE	32
5.6	ANALYSE HYDROLOGIQUE	32
5.7	ANALYSE HYDROGEOLOGIQUE	33

5.7.1	Contexte géologique	33
5.7.2	Contexte hydrogéologique	36
5.7.3	Piézométrie de la nappe de la craie	36
5.7.4	Piézométrie de la nappe alluviale	38
5.7.5	Relation nappe / réseau hydrographique	39
5.7.6	Exploitation de la nappe de la craie	41
6	ETAPE 4 : MODELISATION HYDROLOGIQUE / HYDRAULIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	43
6.1	DEMARCHE ET MISE EN ŒUVRE DES MODELES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE	43
6.2	ENSEIGNEMENTS DU MODELE HYDRAULIQUE / HYDROLOGIQUE	45
6.2.1	Genèse des trois crues modélisées	45
6.2.2	Propagation des crues	46
6.2.3	Inondations par débordement	47
6.2.4	Impacts des ouvrages hydrauliques et pont	48
6.2.5	Cause des brusques variations de niveau d'eau locales observées	49
6.3	DEMARCHE ET MISE EN ŒUVRE DU MODELE HYDROGEOLOGIQUE	49
6.4	ENSEIGNEMENTS DU MODELE HYDROGEOLOGIQUE	52
6.4.1	Pluie infiltrée vers la nappe	52
6.4.2	Bilan des échanges hydrauliques globaux	53
6.4.3	Entités de fonctionnement dans le bassin versant	54
6.4.4	Echanges entre nappe et réseaux hydrographiques	55
6.4.5	Inondations par remontées de nappe	57
6.4.6	Impacts des prélèvements en nappe sur les niveaux piézométriques	58
7	ETAPE 6 : PROPOSITION D' ACTIONS	61
7.1	TRAVAUX DE RESTAURATION DU MILIEU	61
7.2	ACTIONS D'ORDRE HYDRAULIQUE POUR LIMITER LES INONDATIONS	63
7.2.1	Actions pour limiter les débordements dans la vallée	63
7.2.2	Actions pour limiter les ruissellements	64
7.3	PROBLEMATIQUES LIEE A LA NAPPE DE LA CRAIE	65
7.3.1	Les prélèvements en nappe	65
7.3.2	Les remontées de nappe	66
7.4	ANALYSE DES POSSIBILITES DE REALIMENTATION DE LA SENSEE AVAL	66
7.4.1	Impacts hydrauliques de la réalimentation	67
7.4.2	Impacts hydrogéologiques de la réalimentation	68
7.4.3	Définition de la réalimentation	68
7.4.4	Conception et coût de l'aménagement	70
7.4.5	Option de reprofilage partiel de la Sensée aval	70
7.5	AMELIORATION DE LA GESTION DES NIVEAUX D'EAU	72
7.5.1	Programme de gestion des eaux pluviales urbaines	72
7.5.2	Consignes de manœuvres des ouvrages hydrauliques structurants	73
7.6	DEVENIR DU RESEAU DE MESURES	74

Figure 1. Vue d'ensemble du bassin versant de la Sensée et de son occupation du sol.....	8
Figure 2. Sols du bassin versant de la Sensée (source : Thèse de FX. Masson).....	9
Figure 3. Schéma hydraulique établi par le SRAE (source : thèse de FX. Masson ¹).....	11
Figure 4. Ravines observées suite à l'événement de mai 2000 sur le bassin amont de Croisilles	13
Figure 5. Localisation du site pilote étudié.....	15
Figure 6. Crue de mai 2000 : Hauteur d'eau en fonction du temps en différents points de la vallée.....	16
Figure 7. Aménagement du territoire proposé sur le site pilote pour maîtriser les ruissellements et coulées de boues	18
Figure 8. Réseaux de mesure implantés pour l'étude.....	22
Figure 9. Interface graphique de la base de données.....	23
Figure 10. Variations piézométriques observées pendant la période de mesures.....	23
Figure 11. Pluviométrie relevée pendant la période de mesures	24
Figure 12. Débits relevés sur la Sensée à Etaing pendant la période de mesures.....	25
Figure 13. Limnigrammes aux stations de la Sensée aval pendant les trois ans de mesures ...	27
Figure 14. Ouvrages mobiles pouvant potentiellement influencer sur les niveaux d'eau	28
Figure 15. Localisation des interventions réalisées pour limiter l'envasement	29
Figure 16. Qualité des habitats aquatiques (non inventorié sur le linéaire analysé dans les études précédentes).....	30
Figure 17. Historique des interventions lourdes sur le lit mineur et encombrement du lit par les végétaux	30
Figure 18. Présence de rejets (non inventoriés sur le linéaire analysé dans études précédentes)	31
Figure 19. Etat de la ripisylve	31
Figure 20 Apports linéaires de nappe vers la Sensée.....	33
Figure 21. Coupe géologique sud ouest / nord est au milieu du bassin versant.....	34
Figure 22. Coupe géologique ouest / est au niveau de la vallée de la Sensée	34
Figure 23. Coupe géologique Nord / Sud de la vallée au niveau d'Hem-Lenglet	35
Figure 24. Carte simplifiée des structures géologiques affectant le bassin versant hydrogéologique.....	35
Figure 25. Piézométrie moyenne de la nappe de la craie	37
Figure 26. Battements de la nappe de la craie	38
Figure 27. Piézométrie comparée de la nappe de la craie et de la nappe alluviale	39
Figure 28. Evolution des débits et de la piézométrie à Féchain	39
Figure 29. Estimation du sens des échanges nappe - rivière.....	40
Figure 30. Zones d'alimentation potentielles des canaux par la nappe	41
Figure 31. Bilan des prélèvements dans la nappe de la craie en 2007	42
Figure 32. Tronçons modélisés dans la simulation hydraulique	43
Figure 33. Représentation du modèle hydraulique de la Sensée aval	44
Figure 34. Exemple de calage de la Sensée amont à Etaing en mars 2001 (hydrogramme)	44
Figure 35. Répartition spatiale des pluies de l'événement d'août 2008.....	45
Figure 36. Propagation des hydrogrammes de crue en mars 2001	47

Figure 37. Zones inondées en amont de la Sensée aval en mars 2001.....	48
Figure 38. Schématisation du modèle hydrogéologique	50
Figure 39. Maillage du modèle	50
Figure 40. Prise en compte du réseau hydrographique et localisation des points de prélèvements.....	51
Figure 41. Exemple de calage de la piézométrie de la nappe de la craie en régime transitoire	52
Figure 42. Bilan des échanges hydrauliques globaux sur le territoire du SAGE.....	53
Figure 43. Localisation des différentes entités de fonctionnement hydrogéologique.....	55
Figure 44. Potentiel d'échange entre la nappe de la craie et les réseaux hydrographiques	57
Figure 45. Localisation des secteurs sensibles aux remontées de nappe.....	58
Figure 46. Rehausse des niveaux de nappe pour l'étiage 2006 en cas d'arrêt des pompages .	59
Figure 47. Abaissement des niveaux de nappe pour l'étiage 2006 en cas de création d'un nouveau champ captant à Hamblain-les-Prés	60
Figure 48. Aménagements hydraulique locaux testés	64
Figure 49. Impact du reprofilage en crue (mars 2001) par rapport à la situation actuelle	68
Figure 50. Localisation du site de délestage des eaux	69
Figure 51. Principe de l'aménagement	70
Figure 52. Profil en long de la Sensée aval du siphon d'Oisy au marais du Bac.....	71

Sommaire tableaux

Tableau 1. Inventaire des stations existantes et créées pour l'étude	21
Tableau 2. Principales pertes de charge en crue des ouvrages hydrauliques et ponts	48
Tableau 3. Termes du bilan des échanges hydrauliques globaux avec la nappe de la craie	54
Tableau 4. Récapitulatif des actions de restauration proposées	62
Tableau 5. Récapitulatif des coûts des programmes d'actions de restauration.....	62
Tableau 6. Cotes de consignes à maintenir en amont des 3 ouvrages structurants de la vallée	73
Tableau 7. Actions d'automatisation des trois ouvrages structurants de la vallée	73

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 Lécuse, 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 DEROULEMENT DE L'ETUDE

L'étude hydraulique globale comporte six parties :

1. Action pilote sur l'amont du bassin versant de la Sensée (2004)

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 (2004-2009)

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 sur la rivière Sensée, ses affluents et les nappes.

Trois années de mesures étaient prévues (2005-2008) pour exploiter ce réseau.

3. Analyse, compréhension du fonctionnement hydraulique et identification des interrelations entre les éléments du bassin versant de la Sensée (2008-2009)

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

4. Modélisation du fonctionnement hydraulique et hydrogéologique de la Sensée (2009-2010)

En vue d'approfondir ces connaissances, deux modèles mathématiques sont élaborés : hydraulique et hydrogéologique. Il s'agit également de comprendre les causes des différents dysfonctionnements constatés sur le terrain, de quantifier les phénomènes, et d'évaluer les impacts occasionnés par les prélèvements en eau dans les nappes.

5. Etude des différents aménagements et outils de gestion (2010)

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 (2011)

1.3 OBJET DU PRESENT RAPPORT

Le présent rapport, relatif à la partie 6 de l'étude, vise à établir une synthèse des cinq phases précédentes.

2 PRESENTATION GENERALE DU BASSIN VERSANT DE LA SENSÉE

Le bassin versant de la Sensée est délimité par le polygone Arras – Douai – Bouchain – Cambrai – Bapaume et s'étend sur une superficie de 727 km². Le bassin rassemble environ 140 communes réparties entre le Pas de Calais et le Nord.

Encadré par la vallée de la Scarpe au Nord-ouest et par la vallée de l'Escaut à l'Est, le bassin versant de la Sensée se trouve au point de rencontre de la plaine d'Arras, de l'Ostrevent et du Cambrésis. Son altitude varie entre 34 m et 165 m.

A l'ouest et au sud, la tête du bassin versant est le siège de terres de grandes cultures, où les vallées sont en général dépourvues de végétation arborescente. Plus en aval, la vallée se verdit à l'approche de Rémy. L'essentiel des zones écologiquement riches est situé dans la basse vallée et se concentre sur le secteur des zones humides constituées par les étangs.

Au fond de la vallée principale marécageuse, la rivière Sensée, qui prend sa source sur les plateaux calcaires à Vis en Artois, s'écoule sur une quarantaine de kilomètres jusqu'à Bouchain. Son lit est creusé dans un épais matelas d'alluvions. Son cours, maintes fois modifié au cours des siècles, passe maintenant à travers plusieurs grands plans d'eau.

La Sensée est en fait aujourd'hui constituée de deux rivières, la Sensée amont et la Sensée aval, séparées par le canal du Nord, qui reçoit la totalité des eaux de la Sensée amont. De plus, la rivière passe à plusieurs reprises en siphon sous une autre voie navigable, le canal de la Sensée.

La Sensée amont, temporaire jusqu'à Rémy, reçoit ensuite les apports de la Lugy, du Cojeul, du Trinquise, et de l'Agache. La Sensée aval est alimentée par la Petite Sensée, le Ravin de Bantigny, le fossé de Paillencourt et la Navillé Tortue. Si ce réseau hydrographique peut paraître développé, une faible partie des cours d'eau qui alimentent la rivière Sensée est pérenne.

La Sensée constitue le deuxième haut lieu touristique régional, notamment grâce aux activités de chasse et de pêche. En outre, et plus particulièrement sur la Sensée aval, la vallée est marquée par la prolifération d'habitats légers de loisirs, dont le développement quelque peu anarchique ne reste pas sans conséquences sur la qualité des eaux notamment.

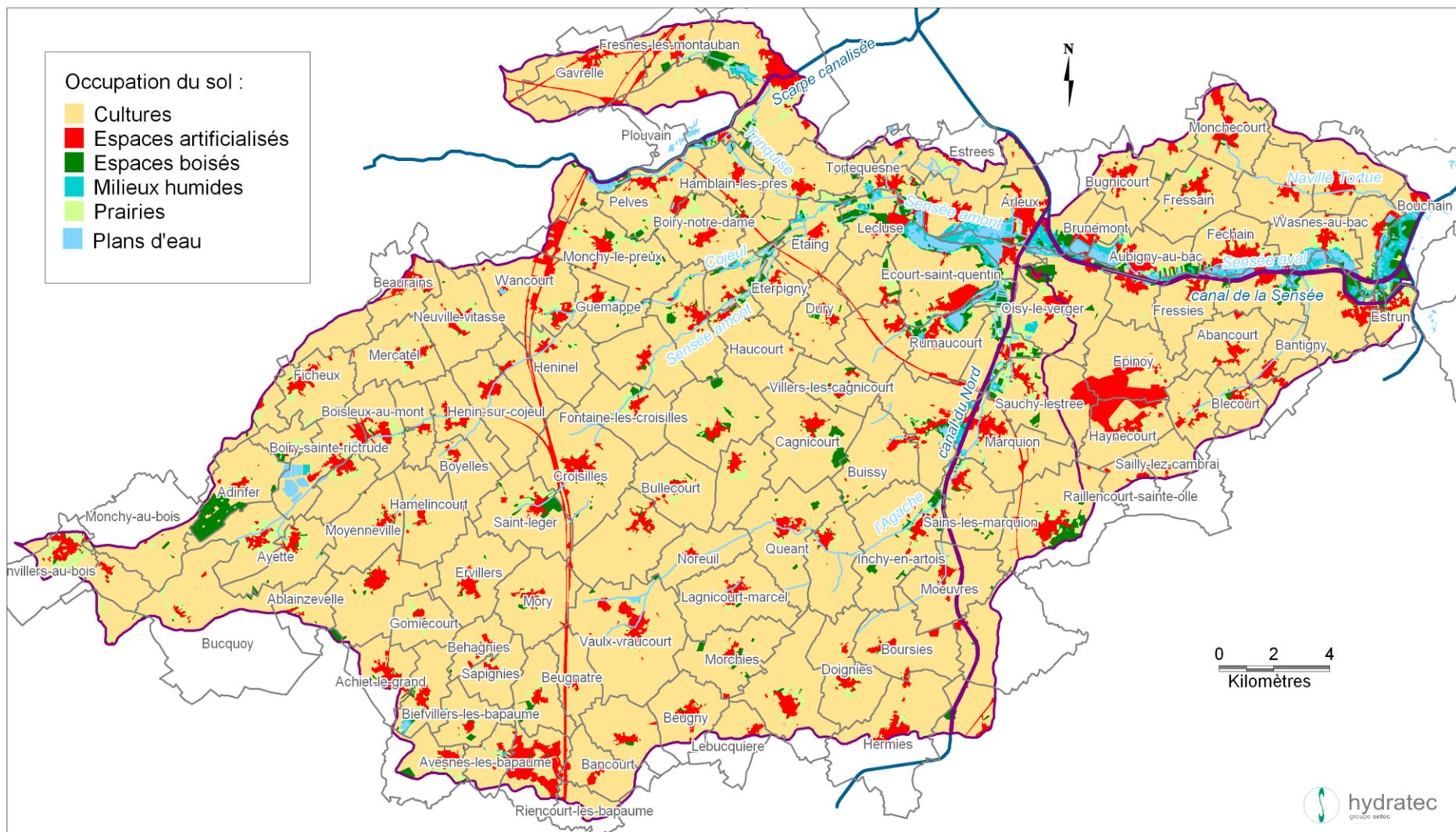


Figure 1. Vue d'ensemble du bassin versant de la Sensée et de son occupation du sol

3 ETAPE 1 : ACTION PILOTE SUR L'AMONT DU BASSIN VERSANT DE LA SENSÉE - REDUCTION DE L'EROSION ET DE L'ENVASEMENT DES COURS D'EAU

3.1 PRESENTATION DU SOUS-BASSIN VERSANT AMONT DE LA SENSÉE ET DE SES PROBLEMATIQUES

L'occupation du sol du bassin versant de la Sensée est marquée par une forte prédominance de l'agriculture (78 %), par ailleurs intensive, puisque 95 % de la Surface Agricole Utile est consacrée aux terres labourables. La superficie toujours en herbe ne représente que 5 % de la SAU.

Les principales cultures sont les céréales (environ 50 % des surface), la betterave et la pomme de terre (très développée sur certaines communes du bassin amont de la Sensée). L'irrigation est pratiquée et se développe.

Les plateaux et les versants du bassin versant de la Sensée sont recouverts de limons quaternaires, plus ou moins épais, d'origine éolienne. Parmi ceux-ci, les sols de limons épais, dans la mesure où l'horizon de surface est faiblement limoneux, sont sujets à la battance et au tassement, phénomènes fréquemment à l'origine du ruissellement.

Plus à l'aval, les limons des vallées sèches (sauf s'ils sont carbonatés) ont des caractéristiques proches des limons épais des plateaux, les rendant sensibles à l'imperméabilisation, au ruissellement et surtout à l'incision. Ces limons subissent en général plus le ruissellement qu'ils ne le produisent.

On constate donc que les sols limoneux légers faiblement lessivés constituent la majeure partie du bassin versant de la Sensée, et sont le siège en certains secteurs de phénomènes de ruissellement venant surtout des parties hautes de l'Artois et du Cambrésis (versant sud, le plus développé).

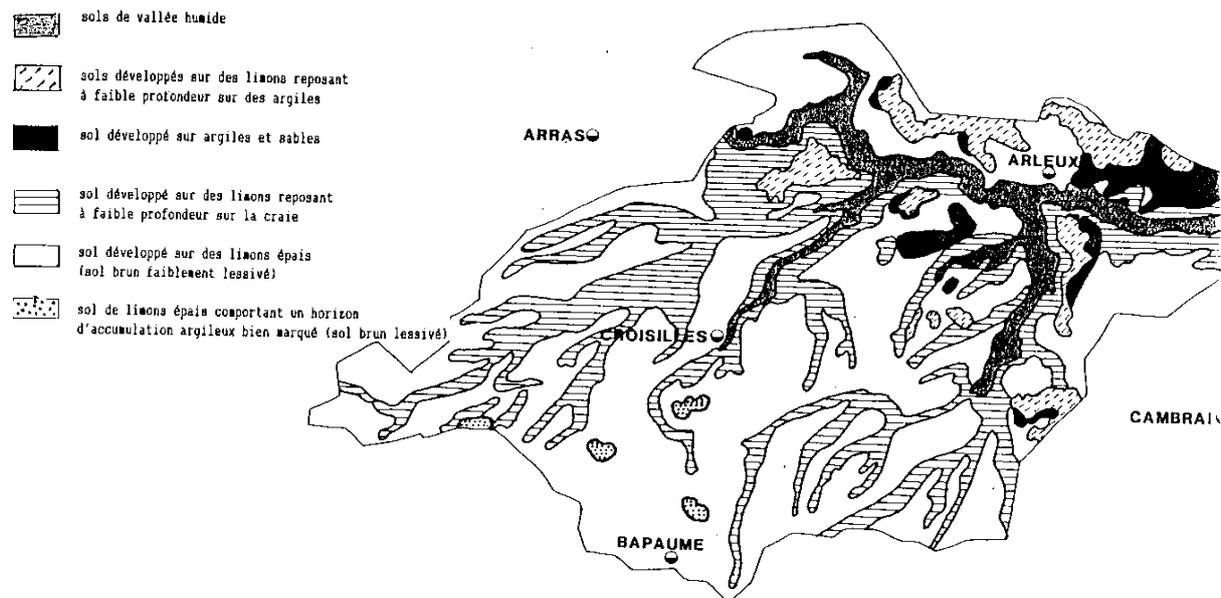


Figure 2. Sols du bassin versant de la Sensée (source : Thèse de FX. Masson¹)

¹ Gestion des sols de la Région du Nord (France) – Relations sols et formations superficielles – Proposition d'une démarche générale – Thèse de F.X. Masson – Université des Sciences et Technologies de Lille - 1992

D'autres écoulements d'eau ne dépendent pas des sols, mais peuvent provenir des voiries et des rejets urbains disséminés sur l'ensemble du bassin versant. Ces arrivées d'eau trouvent généralement leur exutoire dans des mares ou pertes vers la nappe de la craie. En raison des possibilités d'infiltration rapide, le réseau hydrographique supérieur (de la tête de bassin versant) de la Sensée a été supprimé. Les remembrements ont entériné cette disparition.

Il y a donc nécessité de rétablir un schéma d'écoulement des eaux cohérent à partir d'un ensemble raisonné et continu d'aménagements, pour prévoir et maîtriser le cheminement de l'eau.

Rappelons que les problèmes importants liés à la gestion de l'eau sur les territoires sont les suivants :

- qualité des nappes souterraines et des eaux de surface,
- envasement des étangs et cours d'eau,
- inondations de zones urbaines et de routes,
- évacuation de l'eau des zones hydromorphes (drainage agricole),
- pertes de récoltes liées au ruissellement.

Le SRAE² a établi, dans le cadre de l'opération Hydrosol³, un schéma hydraulique du bassin versant de la Sensée, visant à reconquérir un réseau hydrographique minimal. Les secteurs concernés sont des zones urbaines et voiries et des secteurs de sols hydromorphes ou de zones humides nécessitant des émissaires. L'emplacement du tracé (en rouge ci-dessous) reste à affiner par des études hydrauliques plus locales.

Il faut souligner que le rétablissement du réseau hydrographique ne peut être qu'une des pièces d'un aménagement hydraulique cohérent, sans quoi les écoulements seraient plus rapides, les débits de crue plus importants, et les volumes de sédiments érodés plus grands.

² Service Régional de l'Aménagement des Eaux du Nord-Pas-de-Calais, ancienne DREAL (DIREN)

³ L'opération Hydrosol a été conduite dans le pays d'Artois entre 1985 et 1990. Elle a comporté deux volets :

- agricole : actions au niveau des pratiques culturales, mené par la Chambre d'Agriculture du Pas-de-Calais,
- hydraulique : aménagements de l'espace rural et maîtrise des écoulements, mené par la DDAF du Pas-de-Calais et le SRAE.

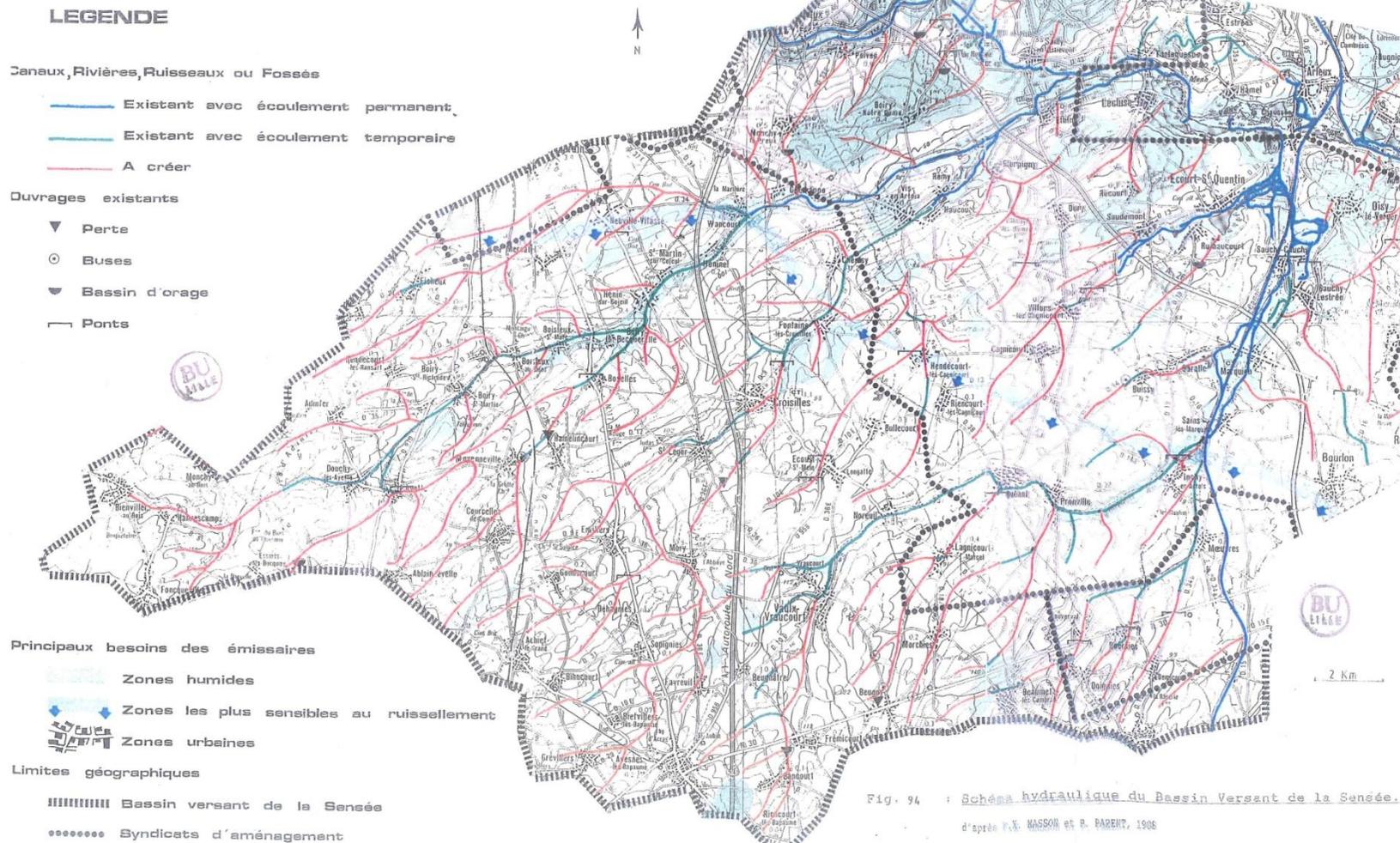


Figure 3. Schéma hydraulique établi par le SRAE (source : thèse de FX. Masson¹)



3.2 COMPREHENSION DES PHENOMENES DE RUISSELLEMENT ET D'EROSION

Des études menées dès 1978 par le SRAE (Service Régional de l'Aménagement des Eaux) et le laboratoire de géologie Dynamique de l'USTLFA (Université des Sciences et Techniques de Lille-Flandres-Artois) ont mis en évidence l'origine du ruissellement qui apparaît essentiellement lié aux conditions d'utilisation des sols de la région.

Le ruissellement apparaît, même si la pente est très faible (1‰), dès qu'un niveau superficiel du sol s'imperméabilise et limite l'infiltration de l'eau, il génère ensuite l'érosion.

L'imperméabilisation superficielle est plus fréquente dans les sols limoneux dont la structure est fragile que dans les autres sols. Cette imperméabilisation est favorisée :

- par le labour, générant une semelle de tassement imperméable ;
- par le phénomène de battance, qui forme une croûte imperméable ; l'eau reprend des particules élémentaires de limons libres qui sédimentent à la surface du sol et colmatent les espaces libres entre les agrégats. La nature limoneuse pauvre en argile et l'émiettement excessif du sol lors des travaux cultureux constituent des facteurs non négligeables de la battance.

La période la plus courante de l'activité de l'érosion est la période hivernale, de novembre à avril. Les orages importants en période estivale ont des conséquences bien plus faibles en termes de ravines.

Le climat de la région Nord-Pas-de Calais est peu agressif vis-à-vis de l'altération des sols. Par contre, le mode d'utilisation des sols est un facteur beaucoup plus déterminant (en plus de la prédisposition des sols à la battance) :

- la faible couverture végétale des sols en hiver accroît leur vulnérabilité ;
- les cultures avec labour représentent 80 à 90 % de la SAU en Artois ;
- le manque d'apport de matière organique (suppression des pailles, diminution de l'élevage) déstructure les sols et favorise la battance ;
- la mécanisation génère une semelle de tassement en profondeur (machines lourdes) et une croûte de battance en surface en raison d'un affinage excessif du sol (outils animés) ;
- l'agrandissement des surfaces des parcelles concourt à l'entraînement des terres par les eaux de ruissellement ;
- le travail du sol dans le sens de la pente accélère l'écoulement des eaux.

3.3 PHENOMENES OBSERVES DANS LE BASSIN VERSANT DE LA SENSÉE EN AMONT DE CROISILLES

Des phénomènes de ruissellement de faible intensité, n'entraînant pas d'érosions marquées, sont observés tous les deux ans en moyenne sur les communes en amont de Croisilles. Ils se produisent pendant la période hivernale ou lors d'épisodes pluviaux de printemps/été qui peuvent être plus intenses mais plus localisés.

Des phénomènes plus dommageables affectent parfois le bassin versant amont de la Sensée, souvent à la fin de l'hiver / début du printemps :

- en 1891 (3 m d'eau à Saint-Léger),

- lors d'un dégel brutal en 1947 (St-léger),
- entre 1954 et 1958 (St-léger),
- en 1965 (St-léger),
- en 1975 (Ervillers),
- le 1^{er} mai 1978 ou 79 (St-léger),
- en 1997 (Eterpigny),
- du 25 au 29 décembre 1999 (la plupart des communes touchées)
- le 11 mai 2000 (12 communes touchées, dont St-léger).

L'événement récent du 11 mai 2000 a été généré par des pluies très intenses en amont du bassin versant : de l'ordre de 40 mm en 30 min et 70 mm en une heure. A Saint-Léger même, il n'est tombé que 16 mm. Des courants d'eau et de boue ont dévalé le bassin versant et ont inondé St-Léger, malgré des travaux qui avaient été réalisés pour faciliter les écoulements dans le centre-bourg. La commune de Saint-Léger se situe au débouché d'un bassin versant de 58 km², qui a subi de nombreuses érosions et ravines dans les terres agricoles (cf. Figure 4).

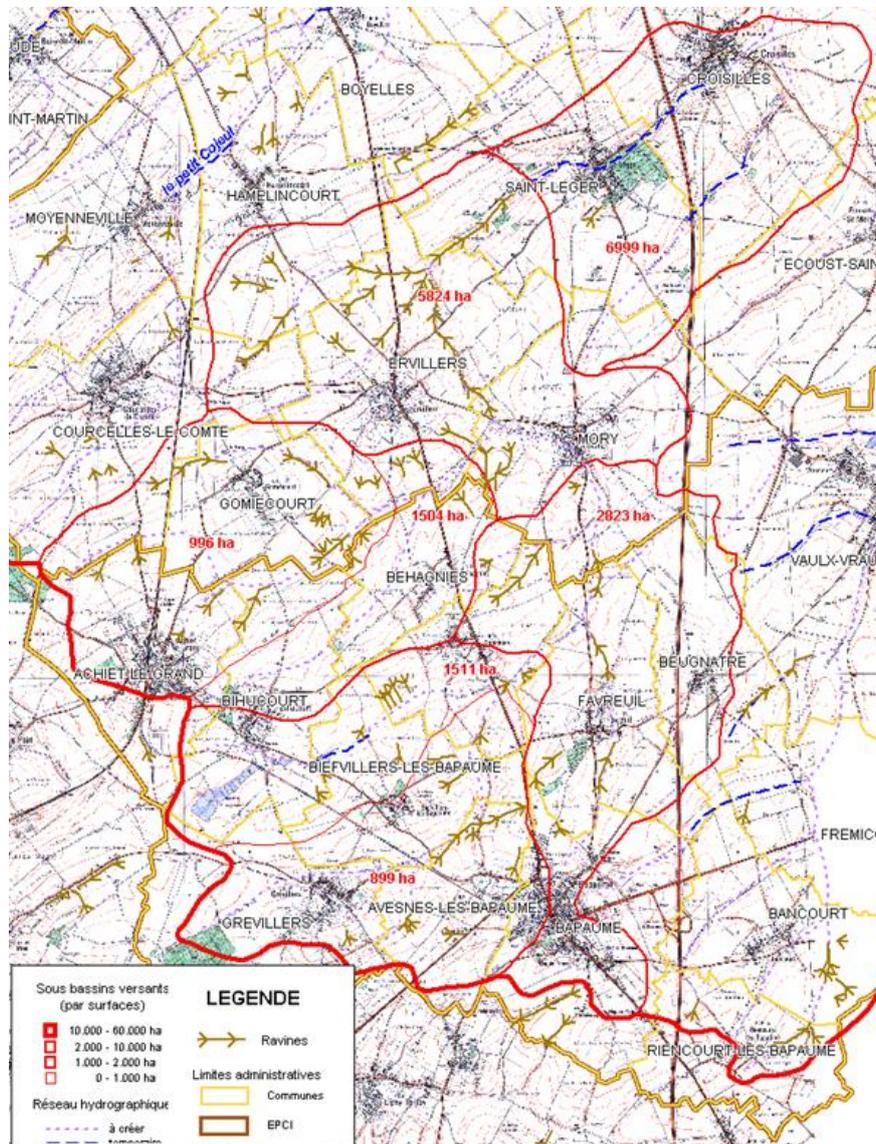


Figure 4. Ravines observées suite à l'événement de mai 2000 sur le bassin amont de Croisilles

Le ruissellement sur les terres agricoles participe à l'envasement des cours d'eau et étangs de la vallée de la Sensée (exemple ci-contre à la confluence fossé de Paillencourt / Sensée). Ce phénomène n'est cependant pas le seul facteur d'envasement : les apports urbains (ville, lavage des routes après la période des betteraves) y contribuent aussi. Il est toutefois difficile de déterminer la part relative de ces différentes causes de l'envasement.



La compréhension de l'origine du phénomène d'envasement et son solutionnement sur le long terme passent par une étude spécifique du transport sédimentaire à l'échelle du bassin versant (non prévu dans la présente étude), analysant en détail :

- la composition des sédiments pour en déterminer la provenance, au regard notamment des études réalisées dans les années 80/90, voire d'analyses complémentaires,
- les flux de MES, au regard des stations existantes et celles implantées pour l'étude, pour identifier les périodes d'apports la propagation des sédiments le long de la vallée,
- les hauteurs de dépôts dans les cours d'eau et étangs de la vallée de la Sensée pour quantifier le phénomène.

Les étangs de la vallée sont issus d'anciennes exploitations de la tourbe, qui se situaient à l'origine dans la vallée alluviale, à côté du cours de la rivière. La Sensée amont fut ensuite détournée de son cours en 1946 et 1963 et traverse aujourd'hui l'ensemble de ces plans d'eau jusqu'au canal du Nord. Cette modification du système hydraulique a eu des conséquences importantes sur l'hydrodynamique du cours de la Sensée amont, en favorisant le dépôt de son débit solide dans les étangs.

Un décanteur a été réalisé en 1999-2000 à Tortequesne au niveau d'un ancien marais pour piéger les sédiments avant leur entrée dans les étangs. Il semblerait que le décanteur joue pleinement son rôle (3 m de sédiments par endroits d'après l'Institution).

Les derniers travaux de désenvasement de certains étangs (Lécluse, Saudemont) ont été réalisés en 1993.

La synthèse des actions mises en œuvre pour lutter contre le ruissellement et l'érosion à l'échelle du bassin versant indique qu'elles sont dispersées et embryonnaires (opération Hydrosol de 1985-1990 non suivie, actions agricoles non mutualisées, aménagements hydrauliques ponctuels par certaines structures). **Il n'y a pas à ce jour de véritable stratégie globale. Un tel plan d'actions est donc à solliciter dans le cadre du SAGE de la Sensée.**

3.4 DEMARCHE MISE EN ŒUVRE POUR PROPOSER UN PLAN D' ACTIONS

3.4.1 Choix d'un site pilote

Dans une logique hydraulique, opérationnelle et de représentativité, et en tenant compte des caractéristiques physiques du bassin amont de la Sensée, nous avons défini un sous-bassin versant pilote de 1170 ha délimité en rouge ci-dessous. Il s'étend sur les communes d'Ervillers, Saint-Léger, Hamelincourt, Courcelles-le-Compte, Mory, Boyelles et Gomiécourt, de la communauté de communes du Sud Arrageois. Ce sous-bassin versant est situé à l'aval d'un bassin versant plus vaste, qui s'étend de Saint-Léger à Bapaume.

La photo aérienne ci-dessous rend compte avec précision des phénomènes de ruissellement et d'érosion observés sur le site pilote lors de l'événement du 11 mai 2000.



Figure 5. Localisation du site pilote étudié

3.4.2 Concertation avec les agriculteurs

La concertation avec les agriculteurs s'est déroulée tout au long de l'étude :

- réunion de présentation de la démarche et d'écoute des attentes en début d'étude ;
- rencontres individualisées avec tous les agriculteurs du site pilote.

3.4.3 Modélisation hydraulique

Le bassin versant pilote et les écoulements qui s'y propagent en crue ont été modélisés à l'aide du logiciel de simulation hydrologique et hydraulique HYDRA, développé par Hydratec.

La crue de projet simulée est celle du 11 mai 2000, car marquante et récente.

Les ruissellements sont restitués par le modèle à partir des données de pluie saisies en entrée. Les relevés pluviométriques des agriculteurs ont été utilisés, car les postes pluviométriques de Météo France n'ont pas mesuré l'épicentre de l'orage du 11 mai 2000.

Le recouplement de diverses méthodes d'estimation laisse penser que la période de retour de l'événement du 11 mai 2000 est comprise entre 50 et 100 ans.

En l'absence de données de calage précises, différents tests de sensibilité du modèle ont été effectués, selon des hypothèses de types de sols plus ou moins favorables.

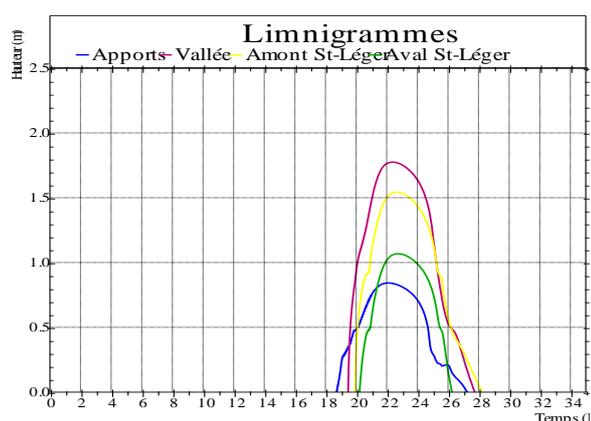


Figure 6. Crue de mai 2000 : Hauteur d'eau en fonction du temps en différents points de la vallée

Les résultats des simulations indiquent les ordres de grandeur suivants pour l'événement de mai 2000 :

- le débit ruisselé a atteint 45 à 50 m³/s, ce qui correspond à une vitesse de pointe de 0,5 à 0,6 m/s en pointe dans la vallée ;
- la hauteur de la vague ayant déferlé à Saint-Léger était de 1,70/1,80 m à l'entrée du village ;
- le volume d'eau transité était de l'ordre de 586 000 à 816 000 m³.

3.5 PROPOSITIONS D'ACTIONS POUR LIMITER L'EROSION

L'événement de référence pris pour la définition du plan d'action est celui de mai 2000.

Les actions agronomiques (simplification du travail du sol ou la gestion de l'interculture avec des couverts végétaux hivernaux) sont adaptées dans les secteurs où des érosions et/ou du ruissellement apparaissent lors de pluies fréquentes (et donc faibles). Ce n'est pas le cas du site pilote, où les problèmes sérieux n'apparaissent généralement qu'au-delà de 30 mm de précipitations (période de retour de 2 à 5 ans). **Pour des tels événements, les actions agronomiques atteignent leurs limites : elles sont alors peu efficaces.**

Ces techniques allant toutefois dans le bon sens, avec notamment la rétention d'un peu de terre, elles peuvent cependant être recommandées, sans bien sûr pouvoir être imposées. En particulier, des actions d'animation pourraient être conduites par la Chambre d'Agriculture du Pas de Calais en association avec les antennes agricoles (GRDA) et le CETA de Bapaume pour sensibiliser les exploitants à ces nouvelles techniques (réunions techniques, bulletins d'information, démonstrations de techniques anti-érosives...etc.).

Il est donc nécessaire ici de recourir à des actions d'ordre hydraulique : organisation et régulation des écoulements.

Quatre types d'aménagement sont proposés :

- ♦ des bassins de retenue des eaux :
 - deux bassins excavés (comme celui qui existe à Mory), dont l'un pour tamponner les eaux de ruissellement du bourg d'Ervillers ;
 - quatre retenues sèches, constituées d'une digue en travers de l'écoulement. Les terrains de la retenue peuvent continuer à être exploités. La cuvette serait inondée tous les 5 à 10 ans (indemnisation à prévoir) et se vidangerait par infiltration (à confirmer) ;
- ♦ de petits fossés d'absorption transversaux aux axes d'écoulement, positionnés en limites de parcelles pour une meilleure intégration ;
- ♦ des haies (le plus souvent en parallèle à l'aval des fossés d'absorption) ;
- ♦ la recréation du lit de la Sensée et d'un fossé exutoire, bordés par des bandes enherbées.

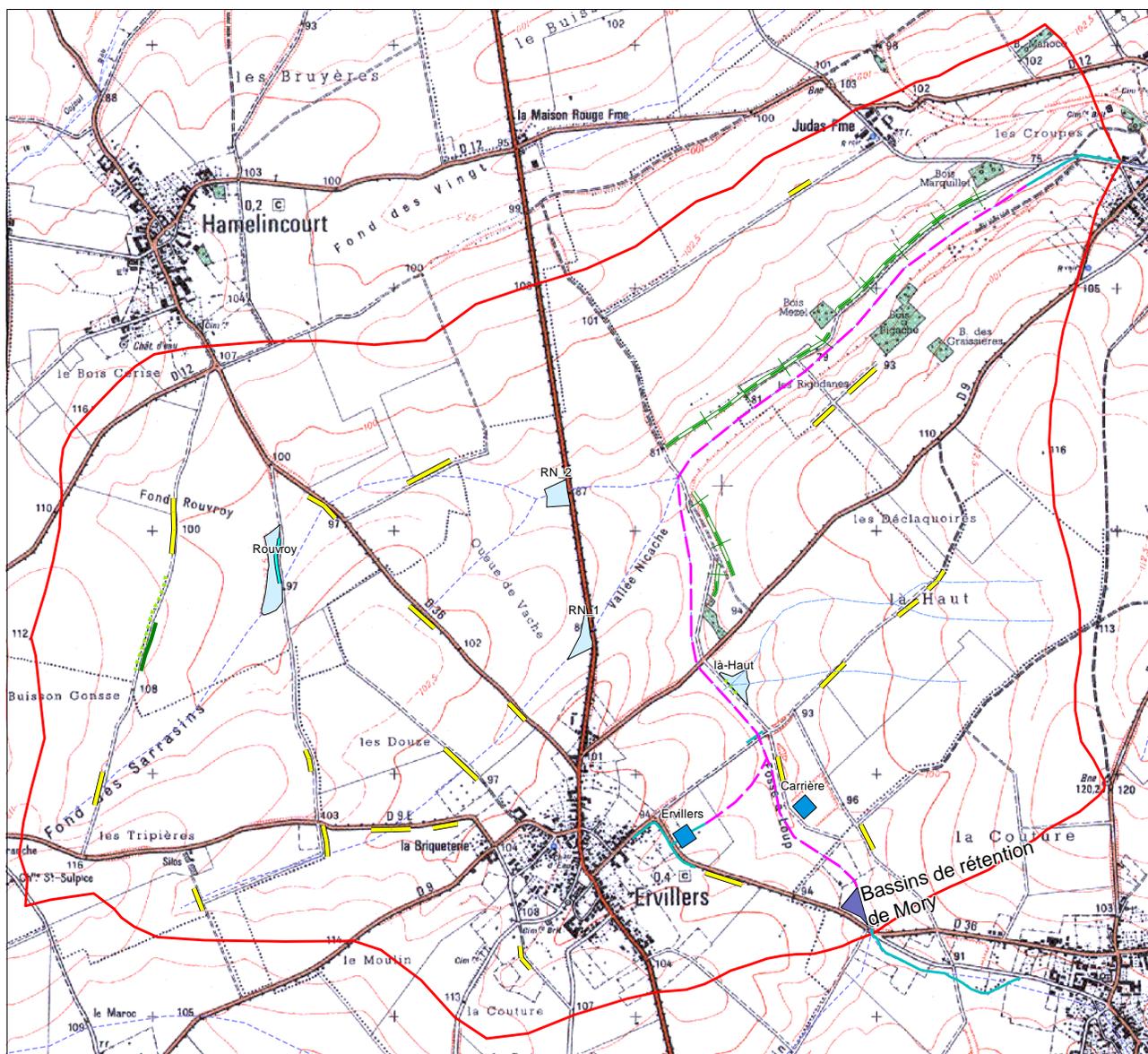
Les trois premiers types d'aménagement contribuent à réguler les débits (diminution du volume de crue) et les apports de matières en suspension.

L'impact hydraulique des aménagements structurants (bassins de retenue) est quantifié à l'aide du modèle hydraulique dans la situation de mai 2000. Il apparaît que le seul aménagement du site pilote ne permet pas d'écarter les ruissellements en provenance de l'ensemble du bassin versant de Saint-Léger. **La réduction significative des risques d'inondation sur St-Léger passe donc impérativement par l'aménagement dans sa globalité du bassin versant qui est intercepté.**

La présence sur la totalité du bassin versant de St-léger d'aménagements équivalents à ceux proposés permet d'abaisser de 1 mètre environ le niveau d'eau de l'inondation dans le village de St-Léger. Les gains en termes de volumes sont de 80 % et le débit maximum passe de 50 m³/s à 10 m³/s à l'entrée du village dans le cas de l'hypothèse la plus défavorable (égal au débit capable sous 1 m d'eau du nouveau chenal de St-Léger construit en 2002).

Ces types d'aménagements, ici définis sur le site pilote, pourront donc être étendus sur le même principe à l'ensemble du bassin versant de St-Léger (jusqu'à Achiet-le-Grand et Bapaume). Dans un souci de cohérence hydraulique, le phasage des travaux devra être le suivant :

1. aménagement des ouvrages de rétention du site pilote (bassins, fossés, haies),
2. aménagement des ouvrages de rétention sur le reste du bassin versant,
3. aménagement des exutoires (Sensée, fossé).



LEGENDE

Hydrographie

- Thalwegs naturels secs
- Bassin versant pilote
- Fossés existants

Aménagements existants

- Fossés d'absorption existants
- Haies existantes
 - haies fournies
 - haies clairsemées
 - haies jeunes

Aménagements proposés

Bassins de rétention

- excavés
- secs
- Fossés de rétention + haie en aval
- Fossés exutoires
- Haies seules

Figure 7. Aménagement du territoire proposé sur le site pilote pour maîtriser les ruissellements et coulées de boues

Le coût des travaux de réalisation des divers ouvrages proposés sur le site pilote s'élève à 1,4 millions d'euros HT environ (prix juillet 2004), achats fonciers compris. Les aménagements visant à retenir l'eau (bassins, fossés, haies) représentent 47 % du coût total des travaux.

L'aménagement du site pilote pourrait être réalisé sous la maîtrise d'ouvrage de la Communauté de Communes du Sud Arrageois ou du Syndicat Mixte pour la réhabilitation et l'aménagement de la vallée de la Sensée. L'aménagement de l'ensemble du bassin versant de St-Léger pourrait être réalisé par la(les) même(s) structure(s) pour la partie nord et par la communauté de communes de la région de Bapaume pour la partie sud. Comme elle le fait à travers la présente étude, l'Institution interdépartementale de la Sensée pourrait jouer un rôle moteur pour la mise en œuvre du programme d'aménagement : appui à la mise en place du maître d'ouvrage, appui technique.

Les organismes financeurs potentiels sont le Département du Pas-de-Calais, la Région Nord – Pas-de-Calais et l'Agence de l'Eau Artois Picardie, voire l'Etat et l'Union Européenne. Selon les taux de subventions, le maître d'ouvrage aurait à sa charge 20 à 30 % du montant des travaux.

3.6 SUITE DONNEE A L'ETAPE 1 « ACTION PILOTE »

L'étape 1 de l'étude ayant été achevée en 2004, les maîtres d'ouvrages ont engagé des investigations complémentaires sur la base des propositions exposées ci-dessus :

□ Communauté de Communes du Sud Arrageois

La mission Agenda 21 de la CCSA a affiné les relevés de terrain en matière d'érosion à l'échelle parcellaire, de dégâts sur les cultures et la voirie, et de propriétaires de parcelles. La superficie du site pilote a été portée à 1655 ha.

Une étude de faisabilité du programme de lutte contre l'érosion a ensuite été lancée en 2009, confiée au cabinet Delvaux. Elle a pour objectifs d'approfondir le diagnostic établi précédemment, d'émettre des propositions et de négocier avec le monde agricole.

Les premières propositions non négociées constituent un linéaire total de l'ordre de 40 km de haies, fascines, fossés, dans les termes suivants :

- une convention tripartite : exploitant / propriétaire / CCSA
- un engagement pour le maintien et l'entretien des ouvrages (durée de la convention 10 ans, puis renouvellement tous les 5 ans)
- dépenses d'investissement : fonds publics. Entretien confié à la CCSA.

□ Communauté de Communes de la Région de Bapaume

La CCRB a missionné après 2006 le SETA de Bapaume pour qu'il définisse un programme d'actions de lutte contre l'érosion des sols.

111 kilomètres de haies sont ainsi proposés, localisés sur 6 bassins versants (Sensée, Cojeul, Hirondelle, Escaut, Ancre, Haute Somme).

Les objectifs du programme sont multiples : lutte contre l'érosion des sols et les risques d'inondations, mais aussi création d'une biodiversité faunistique (cynégétique), préservation de la qualité de la nappe de la craie et des eaux superficielles.

Le SETA a passé une convention de 3 années avec l'agence de l'eau. Il est chargé de conseiller les agriculteurs pour l'implantation des haies et de suivre les travaux. Les haies sont achetées, implantées et entretenues par les agriculteurs. 40 kilomètres de haies sont prévus dans ce cadre.

6 kilomètres ont été plantés en 2010, et 17 km sont prévus en 2011.

4 ETAPE 2 : TABLEAU DE BORD ET RESEAU DE MESURES - ACQUISITION DE DONNEES QUANTIFIEES

4.1 DEFINITION DU RESEAU DE MESURES

En complément des réseaux de mesures existants, les stations de mesure suivantes ont été mise en place pour l'étude sur le bassin versant de la Sensée, sous maîtrise d'ouvrage de l'Institution interdépartementale de la Sensée :

Type de station	Existant	Créé pour l'étude
Poste pluviométrique	9	-
Débit	1 sur la Sensée amont (Etaing) 1 sur le canal du Nord à Arleux	3 sur les affluents de la Sensée amont 8 sur la Sensée aval (dont 2 affluents)
Echelle limnimétrique	1 sur la Sensée amont (Etaing) 1 sur le canal du Nord à Arleux	5 sur la Sensée amont (dont 3 affluents) 8 sur la Sensée aval (dont 2 affluents)
Qualité des eaux superficielles	2 sur la Sensée amont 2 sur le canal du Nord 1 sur la Sensée aval	5 sur la Sensée amont (dont 3 affluents) 8 sur la Sensée aval (dont 2 affluents)
Hydrobiologie	1 sur la Sensée amont 1 sur la Sensée aval	4 sur la Sensée amont (dont 3 affluents) 6 sur la Sensée aval (dont 2 affluents)
Piézomètre	2 dans la vallée ~10 hors de la vallée	10 dans la vallée, par couples sud/nord de la rivière
Qualité des eaux souterraines	~10 hors de la vallée	2 dans la vallée

Tableau 1. Inventaire des stations existantes et créées pour l'étude

Le réseau pluviométrique étant suffisamment dense, des postes supplémentaires se sont avérés inutiles.

Les stations surfaciques, tant qualitatives que quantitatives, sont relevées de façon hebdomadaire pour la plupart, continue pour trois d'entre elles (sur la Sensée aval). Les stations qualitatives mesurent les paramètres : O₂, conductivité, pH, température, MES, DB05, nitrates, nitrites, phosphates et ammonium.

Les campagnes IBGN sont réalisées tous les ans.

Les piézomètres, qui atteignent la nappe de la craie, enregistrent des mesures hebdomadaires, et pour deux d'entre eux des mesures en continu.

La qualité des eaux souterraines est évaluée de façon bimestrielle par leur teneur en nitrates.

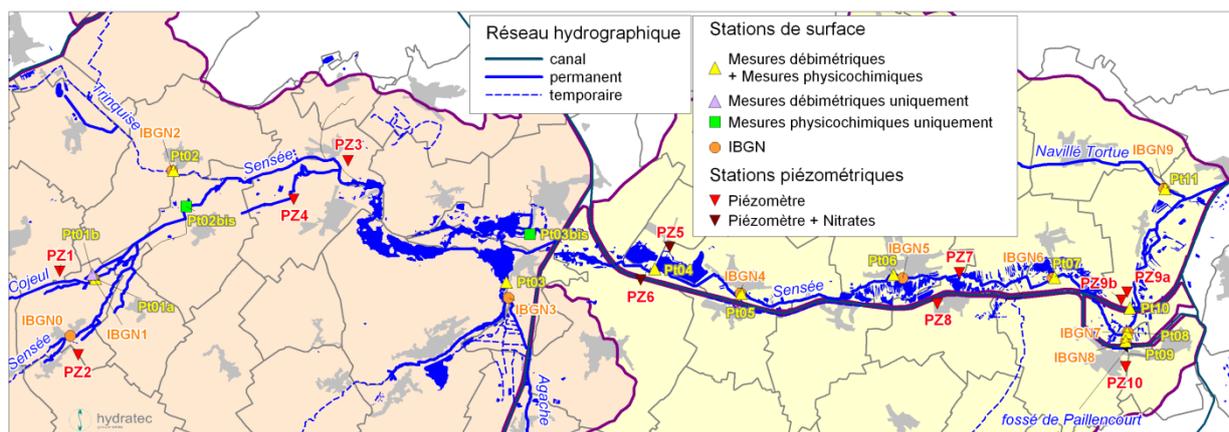


Figure 8. Réseaux de mesure implantés pour l'étude

4.2 MISE EN PLACE ET EXPLOITATION DU RESEAU

Les stations de mesure définies et positionnées par Hydratec ont été mises en place par l'Institution de la Sensée et exploitées pendant trois ans et demi, du 21 septembre 2005 au 22 mars 2009, par Otech Environnement (et par Hydrosphère pour ce qui concerne l'hydrobiologie). Les trois ans de mesures initialement prévus ont été prolongés de six mois pour ce qui concerne les mesures quantitatives, dans l'espoir de rencontrer une situation hydrologique de hautes eaux.



Hydratec a mis au point une base de données informatique constituant un « Tableau de bord », afin de centraliser toutes les mesures qualitatives et quantitatives concernant les eaux souterraines et de surface du bassin versant de la Sensée, tant les données issues des réseaux nouvellement implantés que celles issues des réseaux existants déjà par ailleurs (DIREN, Météo France, BNRM, SIDEN...etc.). Cette base de données est constituée :

- d'une interface graphique permettant de visualiser l'emplacement des stations ;
- de tableaux des données mesurées ;
- d'un grapheur pour visualiser graphiquement l'évolution temporelle des paramètres mesurés.

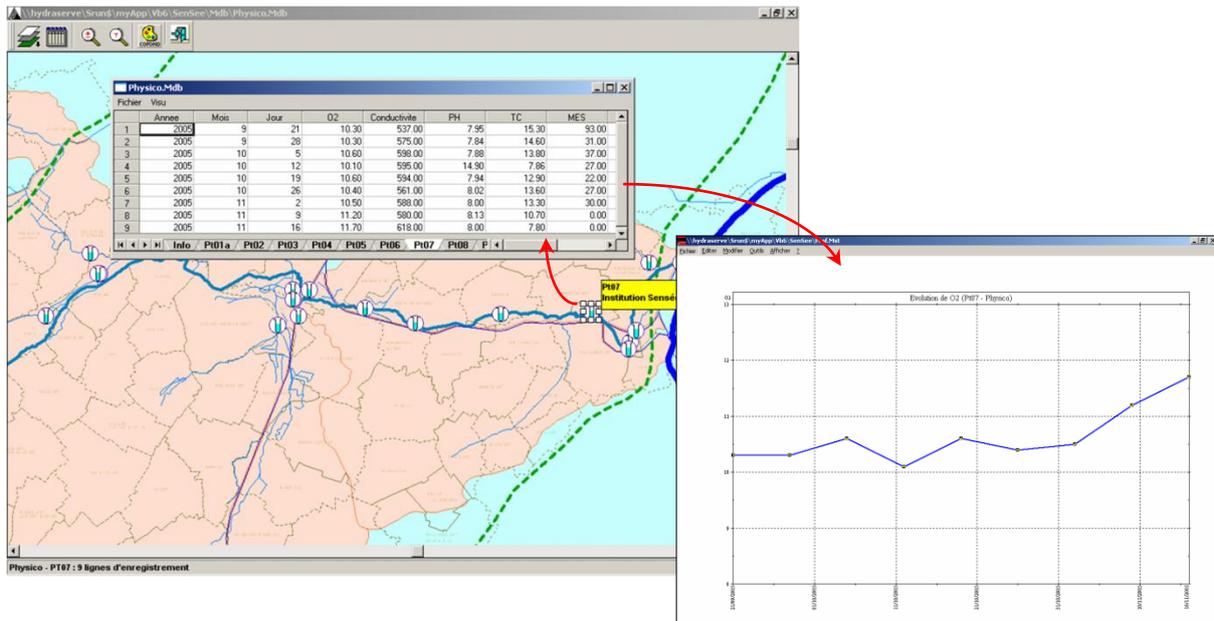


Figure 9. Interface graphique de la base de données

4.3 ENSEIGNEMENTS DES ANNEES DE MESURES

4.3.1 Mesures quantitatives

Les mesures ont débuté en période de nappes basses (sept. 2005). Le niveau de la nappe de la craie a ensuite progressivement augmenté pendant les 3,5 ans de mesures, sans toutefois atteindre leur niveau maximum ; 70% de l'amplitude moyenne de la nappe a été atteint.

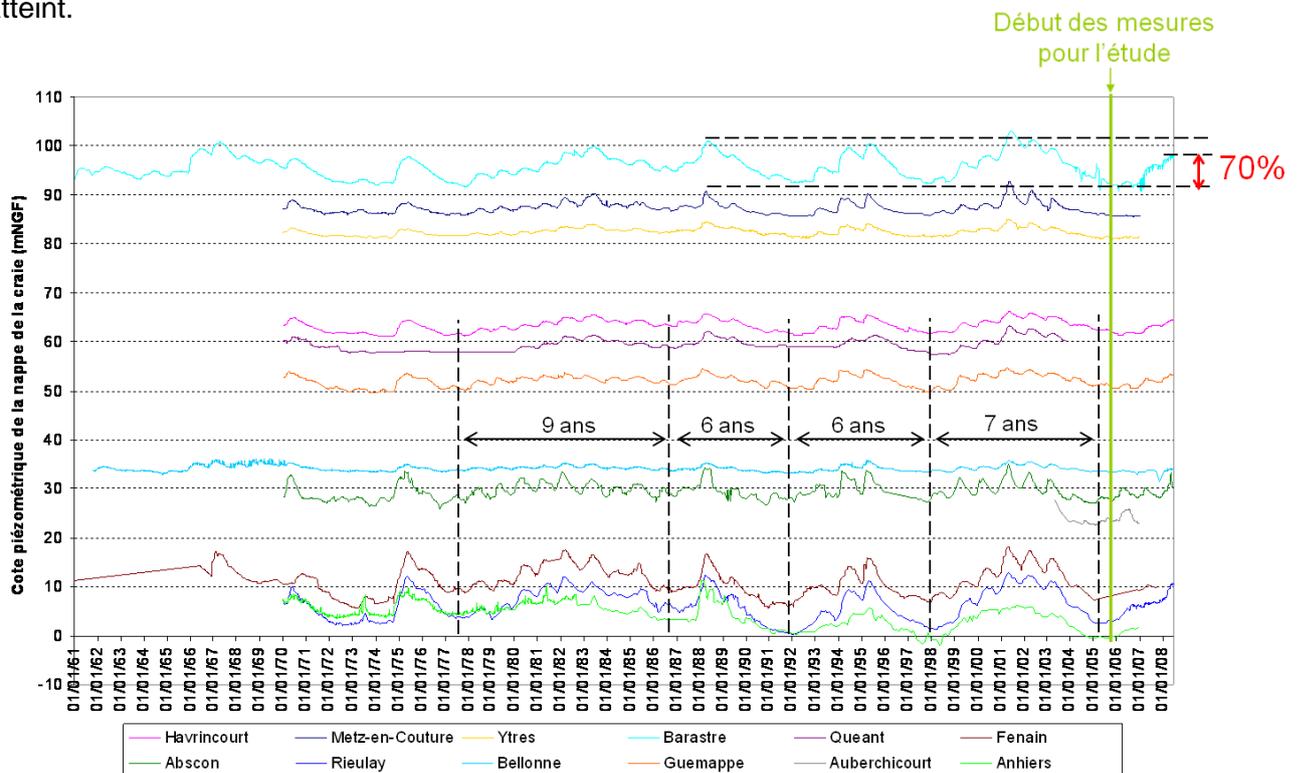


Figure 10. Variations piézométriques observées pendant la période de mesures

Bien que la pluviométrie relevée pendant la période des mesures soit très contrastée, les événements pluviométriques de faible durée, même intense, ne suffisent pas à gonfler de façon significative les débits de la Sensée. Pour observer une augmentation sensible des débits, il faut donc qu'une longue période de pluviométrie importante survienne en période de nappe haute.

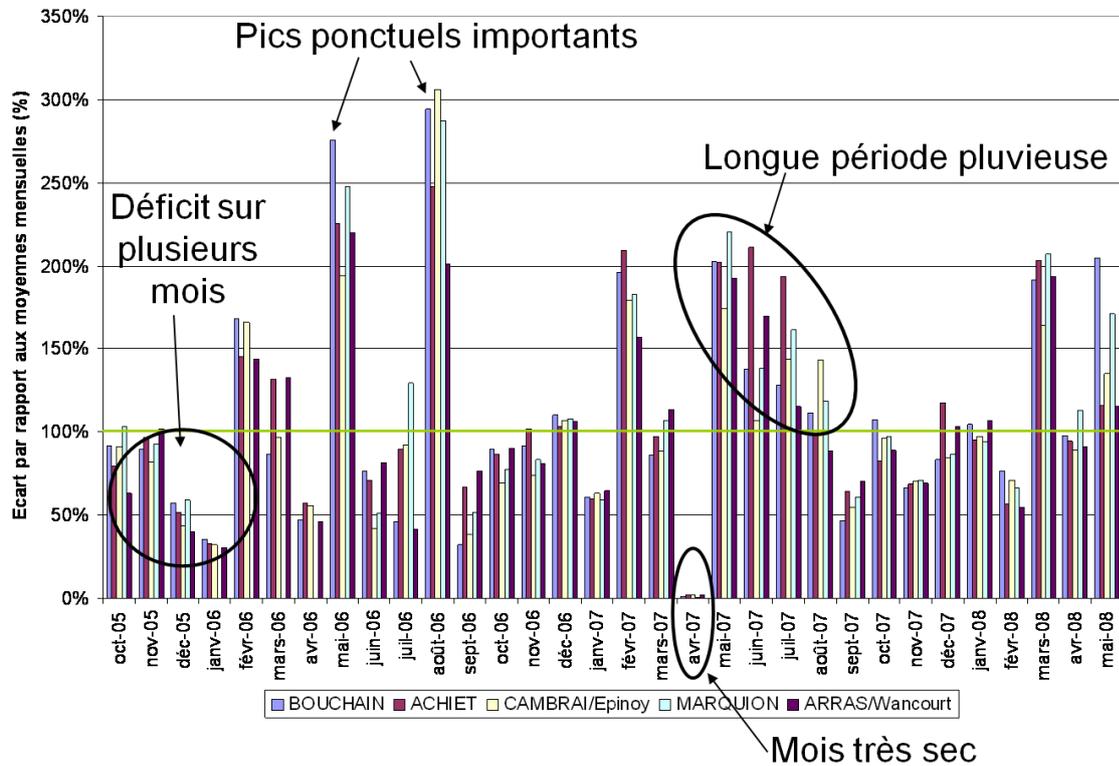
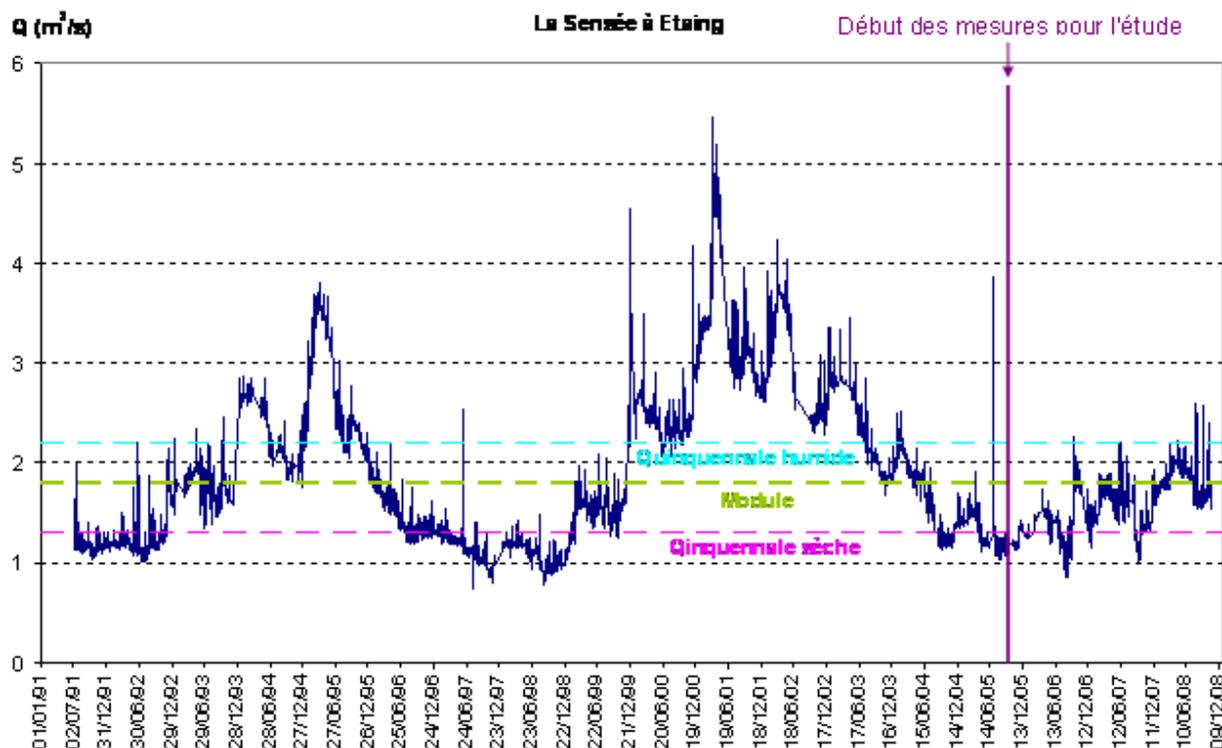


Figure 11. Pluviométrie relevée pendant la période de mesures

Les trois années et demie de mesures fournissent donc des éléments quantitatifs intéressants dont l'analyse permet de mieux comprendre le fonctionnement du système, mais aucun événement de crue n'a été relevé sur cette période.



4.3.2 Mesures qualitatives

Une synthèse de la qualité de l'eau du réseau de surface du bassin versant de la Sensée a été réalisée par l'Institution de la Sensée dans le cadre d'un stage⁴. Le rapport prend en compte :

- les mesures physico-chimiques réalisées dans le cadre des 3 ans de mesures,
- les mesures hydrobiologiques (IBGN) réalisées dans le cadre des 3 ans de mesures,
- une campagne de pêches électriques de 2007,
- une étude de la qualité hydromorphologique, Agence de l'Eau Artois Picardie, 2008.

Le but de cette analyse a été de caractériser le déficit biologique observé sur différents secteurs de la Sensée et de l'expliquer par la mise en évidence de facteurs pouvant affecter les écosystèmes aquatiques. Un autre objectif a été de voir si la qualité générale cours d'eau a évolué dans les 30-40 dernières années.

⁴ Etude de la qualité des cours d'eau de la vallée de la Sensée, Institution interdépartementale de la Sensée, Matthieu Dautricourt, USTL, août 2008

5 ETAPE 3 : ETUDE ANALYTIQUE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT

Les différentes problématiques liées à l'eau rencontrées dans le bassin versant sont étudiées de façon analytique (sans modèle) dans cette partie de l'étude, et pour la majorité d'entre elles approfondies dans l'étape 4 via la modélisation :

- l'état des cours d'eau (entretien, envasement...),
- les inondations par ruissellement, débordement, et remontée de nappe,
- la gestion des niveaux d'eau,
- l'exploitation de la ressource en eau (nappe).

5.1 PERCEPTIONS LOCALES DES PROBLEMATIQUES LIEES A L'EAU

Sur la base de questionnaires envoyés aux 134 communes du bassin versant de la Sensée et d'entretiens, la perception des problématiques liées à l'eau sur le territoire a été appréhendée.

Il apparaît que les principales difficultés rencontrées par les acteurs locaux sont l'**entretien** des cours d'eau et des plans d'eau (signalé dans 55% des questionnaires), la maîtrise des **ruissellements** (49%) et l'**envasement** excessif des rivières et plans d'eau (42%).

La perception de l'exploitation de la nappe est peu « palpable » et les élus locaux non avertis ne peuvent se prononcer sur ce point.

La gestion des niveaux d'eau est problématique pour 24 % des élus.

Concernant les débordements directs de cours d'eau ou de plans d'eau, 18 % des questionnaires reçus 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.

Il faut par ailleurs garder à l'esprit que les différentes problématiques listées 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...). La mauvaise qualité des habitats aquatiques est également très liée à ce phénomène ;
- 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.

5.2 GESTION DES NIVEAUX D'EAU

L'analyse des données hydrométriques mesurées pendant la campagne de mesures indique deux dysfonctionnements majeurs :

- La partie amont de la Sensée aval n'est pas suffisamment alimentée ; son débit est quasi-nul au niveau des marais du Haut-Pont, et la situation reste critique jusqu'à Brunémont et Aubigny-au-Bac ;
- **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.

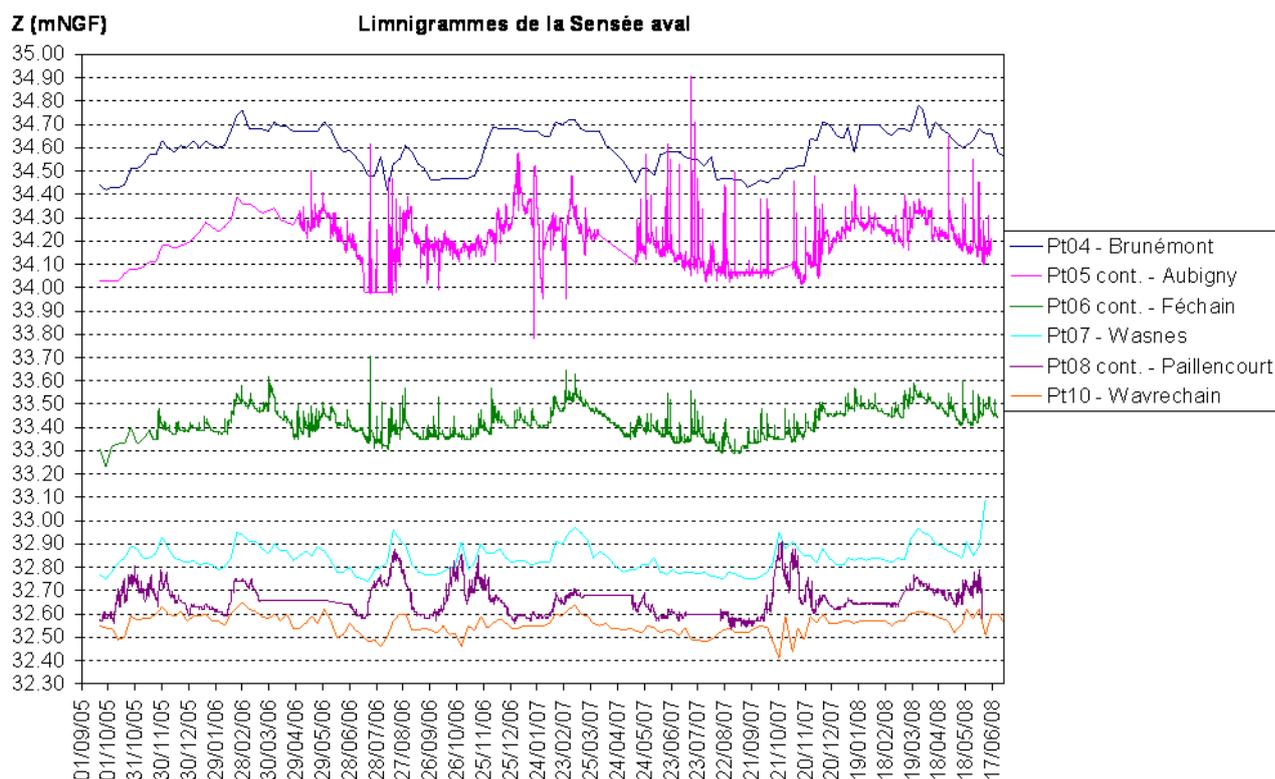


Figure 13. Limnigrammes aux stations de la Sensée aval pendant les trois ans de mesures

Par ailleurs, les ouvrages hydrauliques mobiles pouvant potentiellement influencer sur les niveaux d'eau sont les barrages de Lécluse (seuil fixe + clapet), du pont des Prussiens (batardeaux amovibles) et de Bouchain (poutre mobile sur seuil fixe).

Les autres ouvrages hydrauliques officiels, fixes, sont des siphons (11 sur l'ensemble des cours d'eau, dont 3 sur la Sensée aval et 1 sur l'Agache) et des buses assurant la connexion entre certains plans d'eau et la rivière.

A ceux-ci viennent s'ajouter quelques ouvrages sauvages ; il s'agit de seuils / vannages artisanaux destinés le plus souvent à maintenir un niveau suffisamment haut pour pouvoir alimenter un étang ou un marais situé en amont. Ils peuvent être supprimés ou déplacés au gré des conditions hydrologiques.

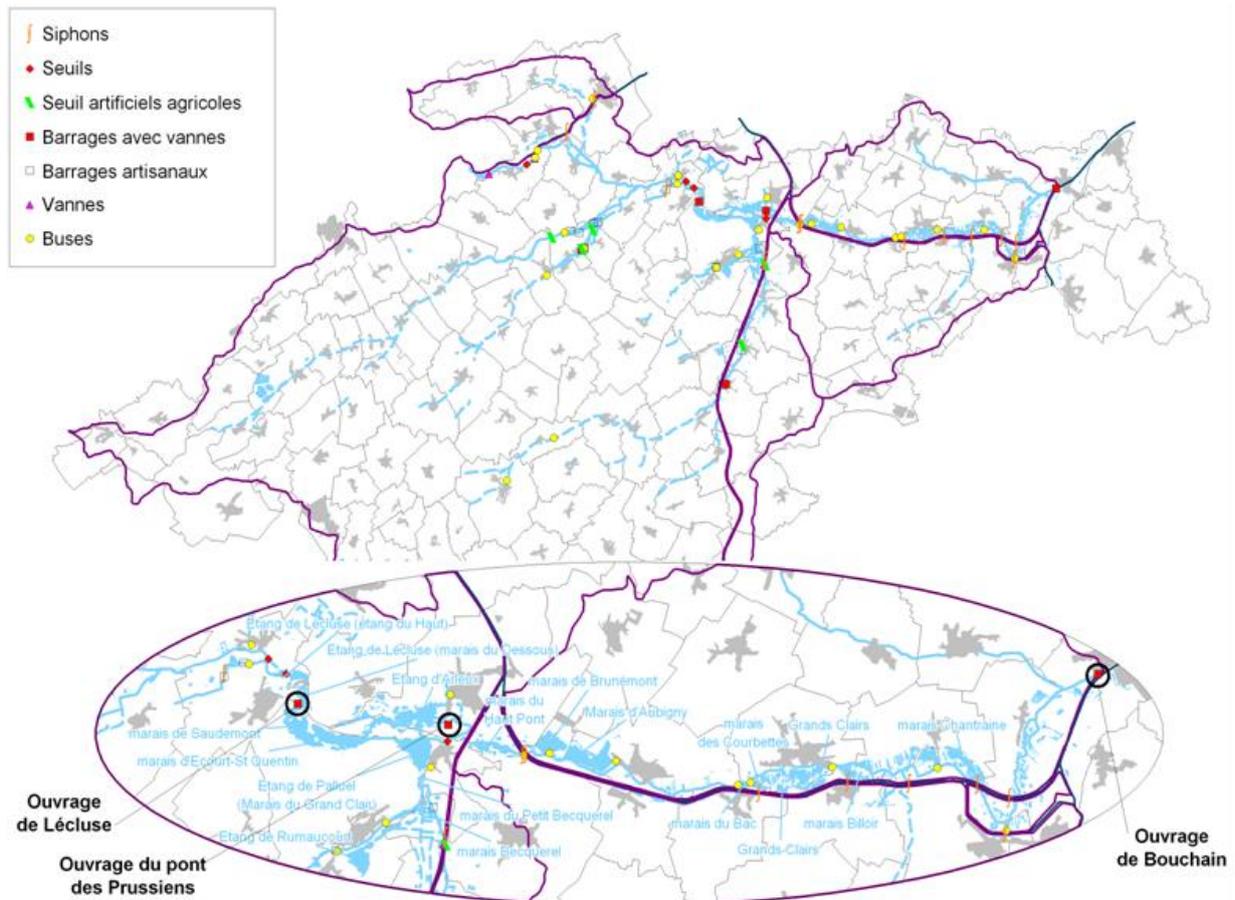


Figure 14. Ouvrages mobiles pouvant potentiellement influencer sur les niveaux d'eau

5.3 ENVAISEMENT DES COURS D'EAU ET PLANS D'EAU

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 plupart des interventions se sont déroulées au début des années 90.

La **qualité des habitats aquatiques** est évaluée principalement pour les poissons, considérés comme de bons intégrateurs des différents paramètres de milieu de par leur position au sommet de la chaîne alimentaire aquatique. Elle est jugée **très faible à faible** sur la majorité du linéaire des cours d'eau du bassin versant. Différents facteurs se complètent géographiquement et cumulent leurs effets, aboutissant à ce constat négatif généralisé. Les caractéristiques suivantes constituent les principaux facteurs limitants :

- **l'uniformité des faciès**, consécutive aux travaux anciens de rectification, recalibrage et curage du lit ;
- **le colmatage** généralisé du fond du lit ;
- **le faible débit** au regard de la largeur relativement importante des lits génère des dépôts de vase ou de limons importants.

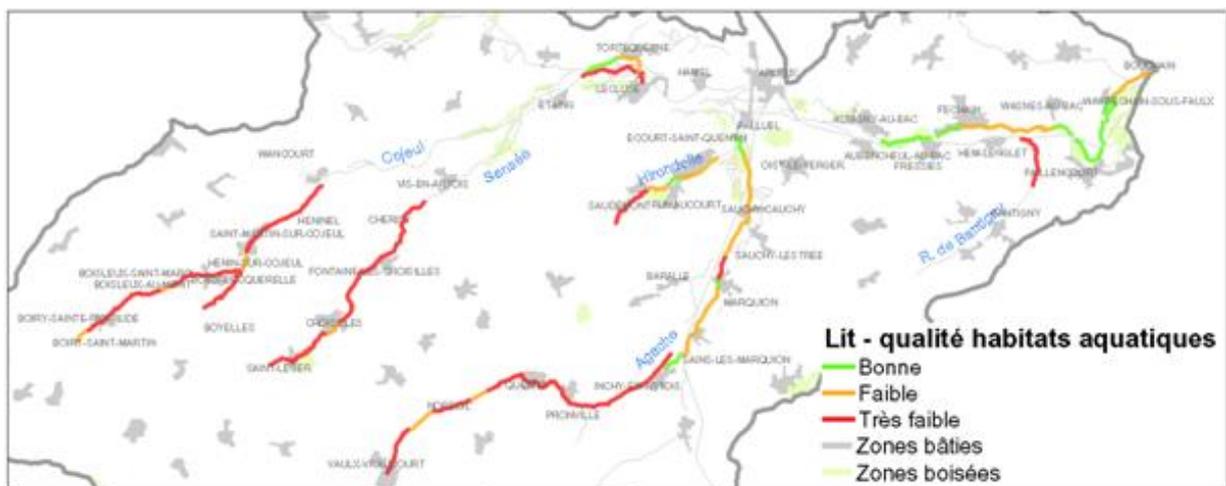


Figure 16. Qualité des habitats aquatiques (non inventorié sur le linéaire analysé dans les études précédentes)

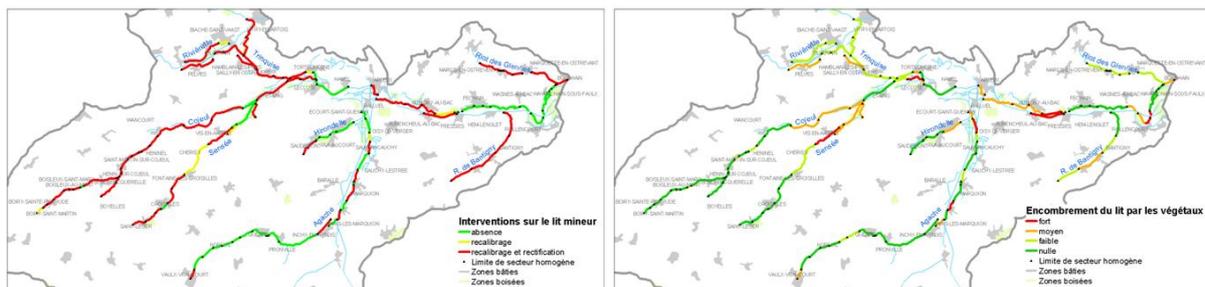


Figure 17. Historique des interventions lourdes sur le lit mineur et encombrement du lit par les végétaux

La **pollution** apparente ne se limite pas aux seuls secteurs où ont été relevés des rejets (non assainis pour la plupart). La forte charge en nutriments et autres produits polluants en provenance de l'agriculture, des effluents domestiques et industriels a un impact plus étendu et renforce la problématique d'envasement.

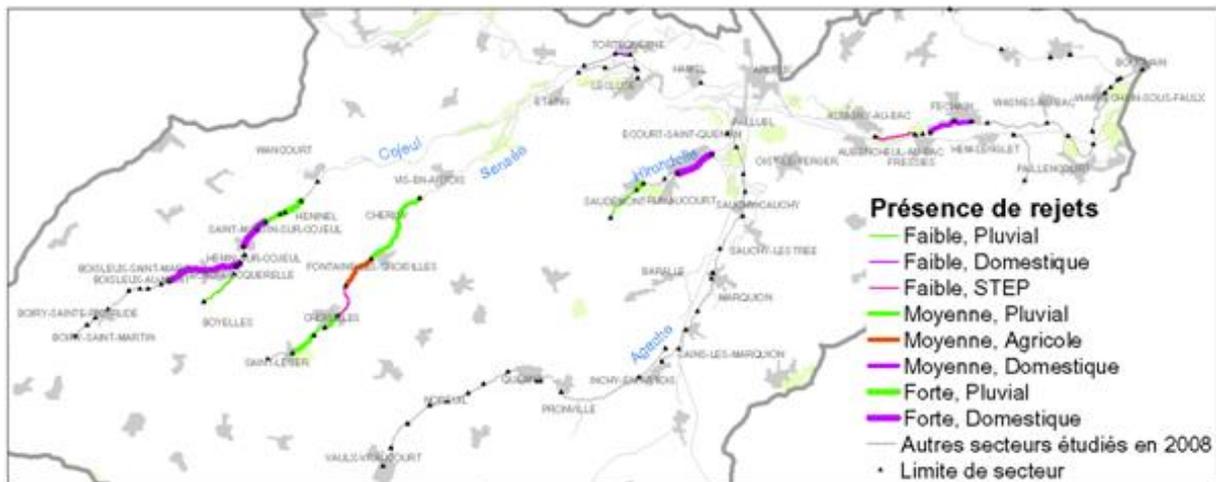


Figure 18. Présence de rejets (non inventoriés sur le linéaire analysé dans études précédentes)

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 lits mineur). Des **peupleraies**, plantations mal adaptées aux berges, sont régulièrement présentes.



Figure 19. Etat de la ripisylve

A la faveur de la forte charge en nutriments et du faible ombrage, les végétaux aquatiques ou semi-aquatiques se développent régulièrement sur le linéaire de cours d'eau, en particulier sur les secteurs à faible débit (parties amont).

5.5 ANALYSE CLIMATOLOGIQUE

La moyenne annuelle des précipitations relevées au poste de Wancourt est de 744 mm/an. On observe une dénivelée de 100 à 200 mm de pluie annuelle le long d'un axe sud-ouest/nord-est du bassin versant, la ligne de crête au sud du bassin-versant étant la plus arrosée.

Parmi les précipitations brutes (pluies tombées), 52 % sont consommées en évapotranspiration. La pluie efficace, qui génère les écoulements superficiels et la recharge de l'aquifère, représente quant à elle 15 à 27 % des pluies brutes d'une année (dépendant de la capacité de stockage du sol). Les pluies efficaces sont inexistantes ou faibles d'avril à novembre.

5.6 ANALYSE HYDROLOGIQUE

Le régime hydrométrique de la Sensée est essentiellement dépendant du régime hydrogéologique de la nappe de la craie. Le bassin versant réagit très peu aux ruissellements comparativement à d'autres bassins versant voisins (Escaut par exemple). 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 1991 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'étiage 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.

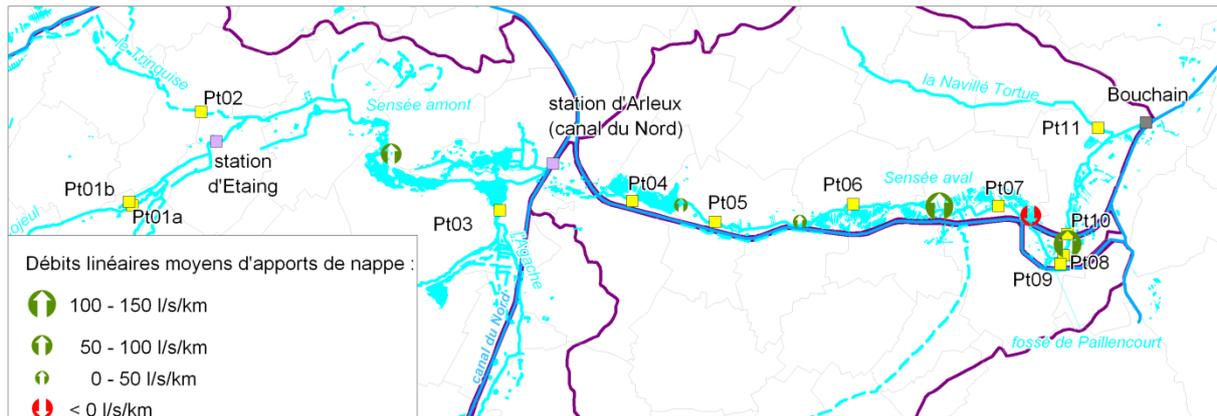


Figure 20 Apports linéaires de nappe vers la Sensée

5.7 ANALYSE HYDROGEOLOGIQUE

5.7.1 Contexte géologique

Les limons éoliens (loess) recouvrant les plateaux peuvent atteindre jusqu'à 25 m d'épaisseur au sud du territoire. Quelques dépôts tertiaires (sables et argiles) subsistent sous forme de buttes ou de collines, pouvant affleurer par endroits.

Sous ces deux couches se trouvent les craies sénonienne (craie blanche) et turonienne (craie grise à silex), dont la limite est difficile à établir. La craie sénonienne peut atteindre une cinquantaine de mètres d'épaisseur.

On trouve ensuite les marnes gris-bleu du Turonien moyen (20 à 40 m de puissance), qui elles-mêmes surmontent sur les assises marneuses du Turonien inférieur (20 à 40 m de puissance).

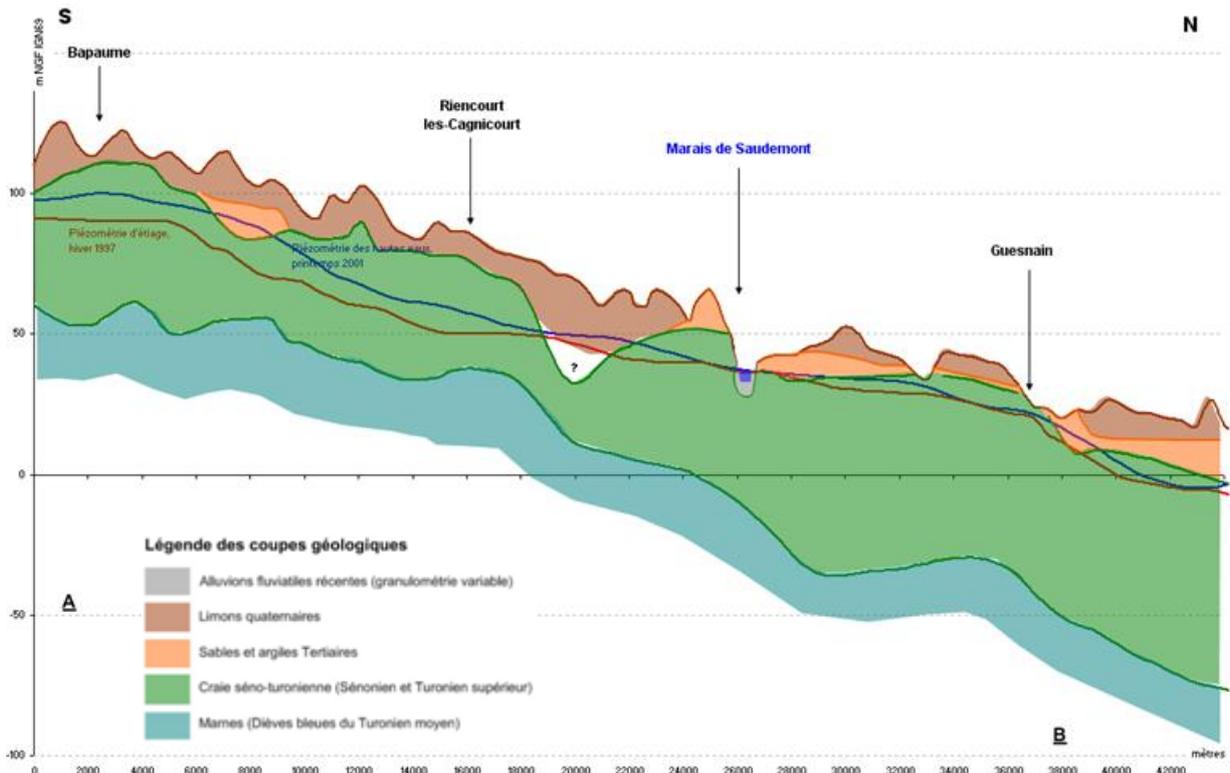


Figure 21. Coupe géologique sud ouest / nord est au milieu du bassin versant

Dans les vallées, la craie est surmontée d'alluvions modernes, dont l'épaisseur varie entre 0 et 10 m. 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.

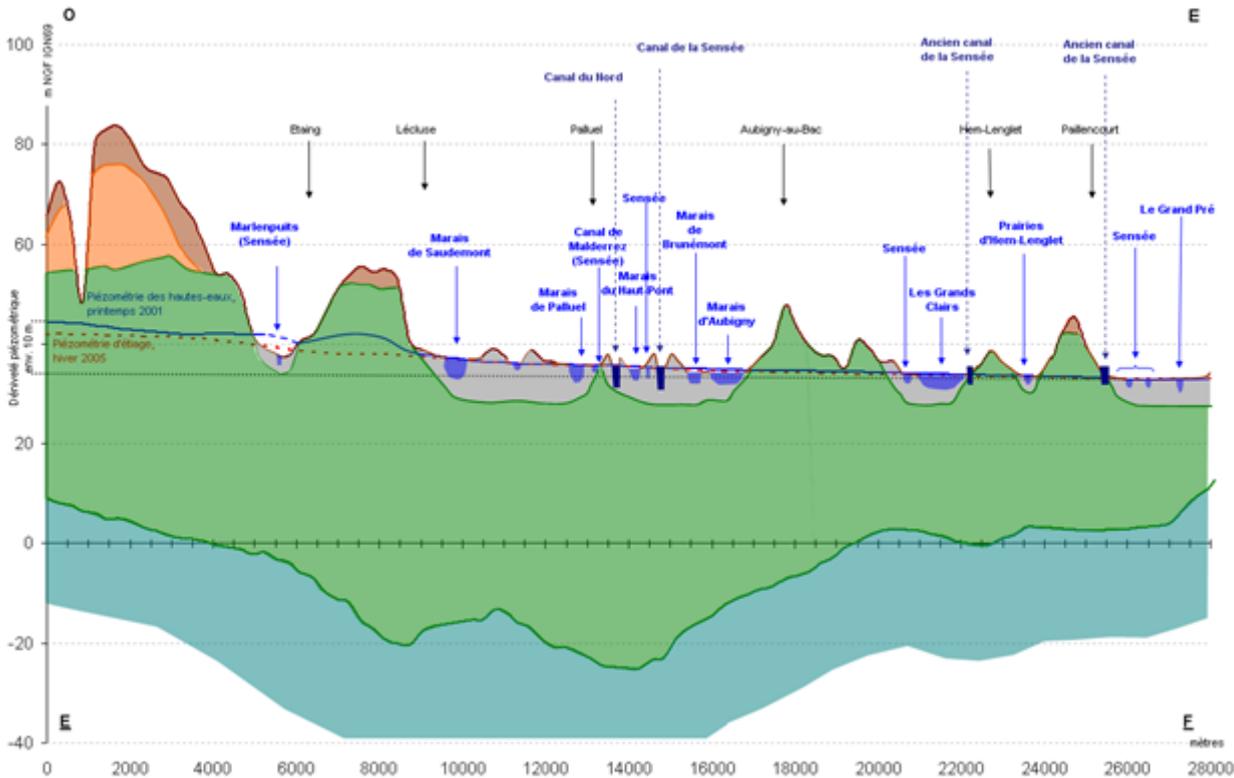


Figure 22. Coupe géologique ouest / est au niveau de la vallée de la Sensée

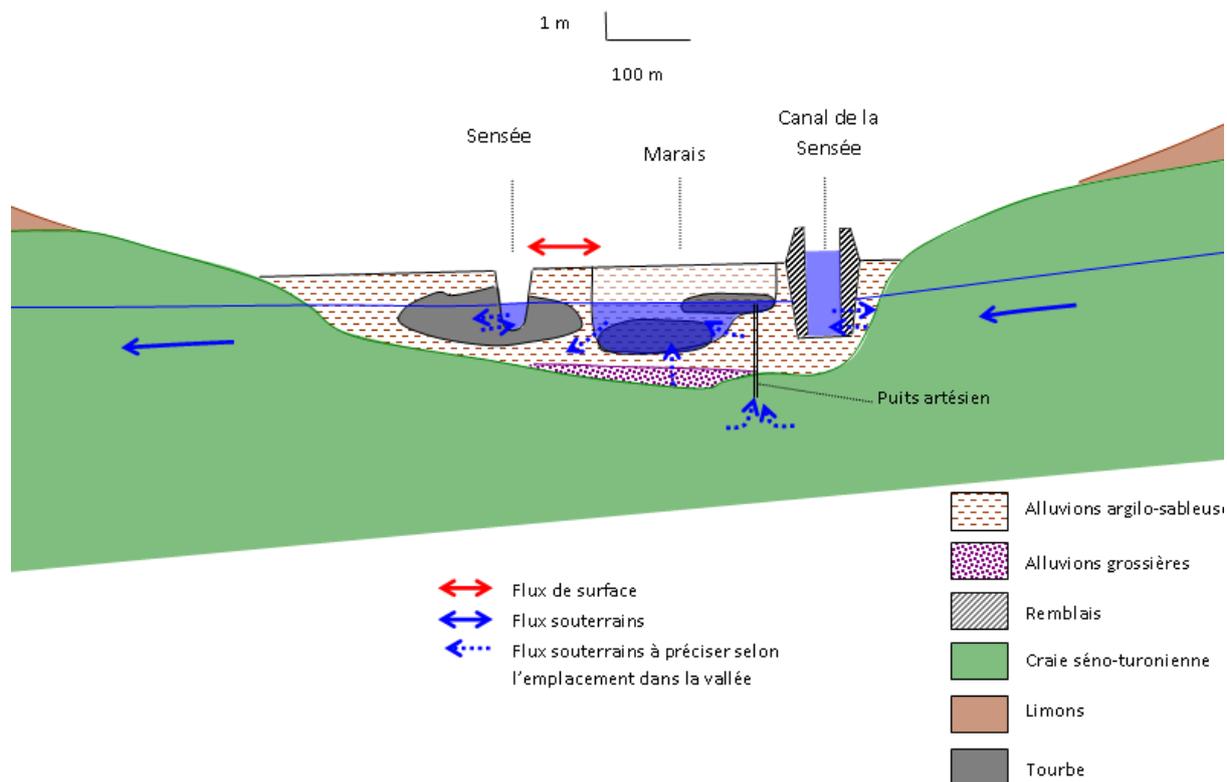


Figure 23. Coupe géologique Nord / Sud de la vallée au niveau d’Hem-Lenglet

La figure ci-dessous 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 cénomaniense au sud-ouest.

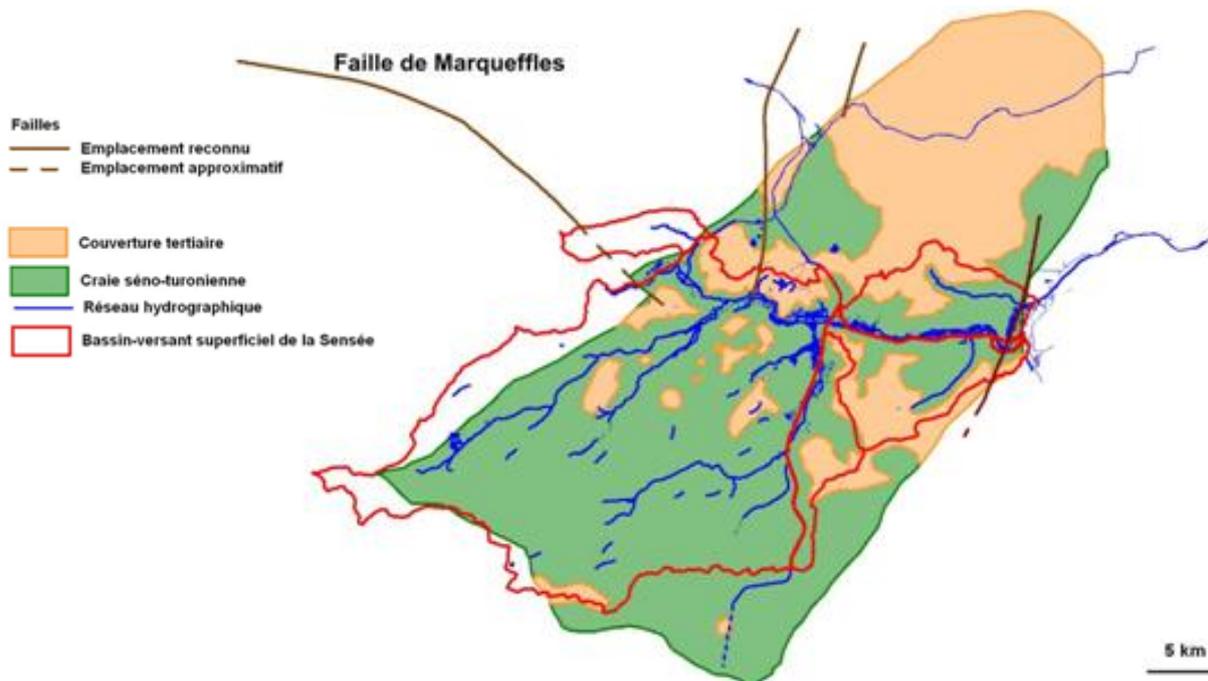


Figure 24. Carte simplifiée des structures géologiques affectant le bassin versant hydrogéologique

5.7.2 Contexte hydrogéologique

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

- la nappe des Sables tertiaires. Elle est limitée aux buttes témoins tertiaires au sud du bassin-versant hydrogéologique, mais est plus étendue au nord. Elle est libre.
- la nappe de la Craie séno-turonienne : elle circule dans les fissures de la craie, c'est-à-dire préférentiellement dans sa partie supérieure. 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 Rémy, Cojeul à partir de Boiry-Notre-Dame, Petite 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 (cf. 5.7.5).

5.7.3 Piézométrie de la nappe de la craie

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

Le bassin versant hydrogéologique associé à la nappe de la craie (en vert ci-dessous) est bien plus grand que le bassin versant hydrographique (1 130 km²). Le long de son axe d'écoulement, la nappe passe d'un régime libre à un régime captif.

La dépression située au nord et les écoulements de la nappe sont renforcés par les prélèvements importants des forages de Pecquencourt (env. 18000 m³/jour en 2007) et Wandignies-Hamage (env. 7000 m³/jour en 2007), qui impactent sensiblement la piézométrie.

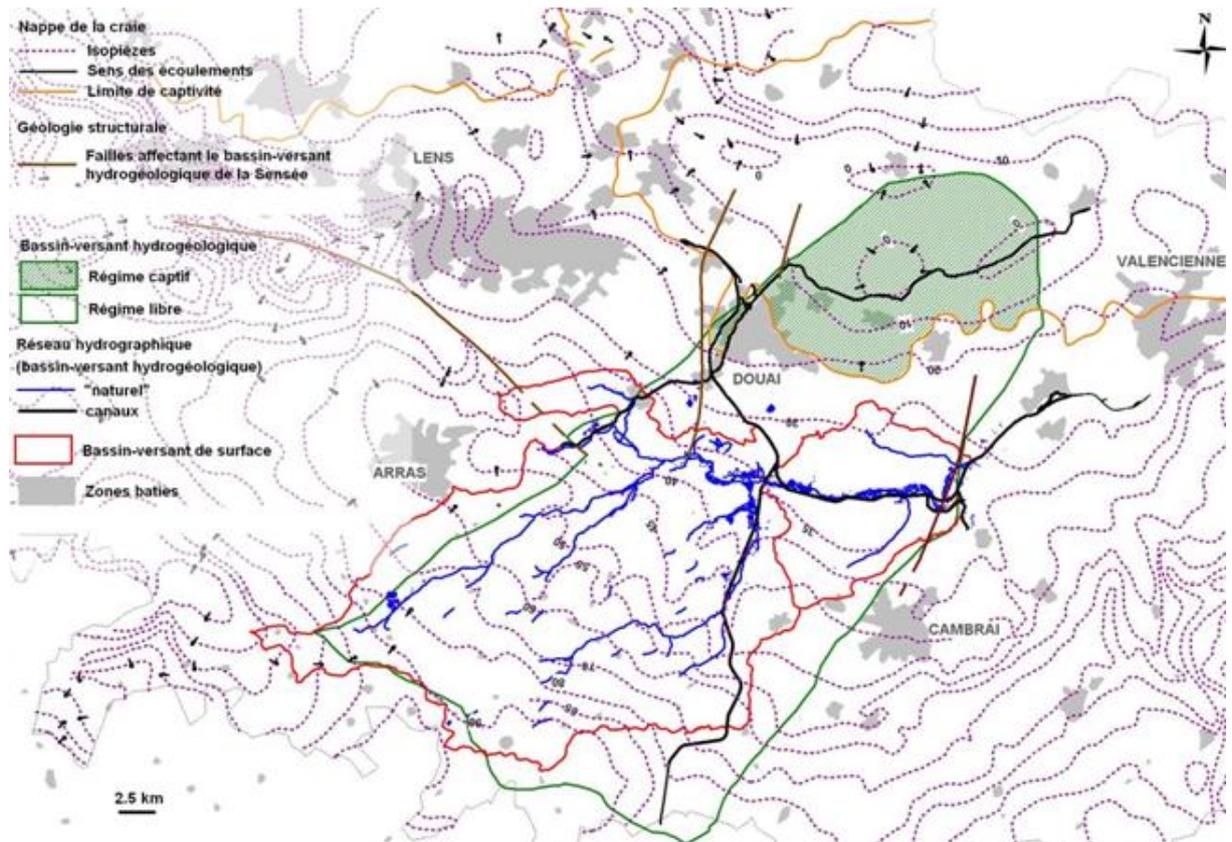


Figure 25. Piézométrie moyenne de la nappe de la craie

La nappe de la craie connaît des fluctuations de deux ordres :

- Saisonnières : les pluies n'étant efficaces que de décembre à mars, les hautes eaux de nappe ont lieu au cours du printemps (entre mars et juin), et l'étiage a lieu à la fin de l'automne - début de l'hiver (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, ce qui se traduit par des variations interannuelles du niveau de la nappe. Les années hydrologiques 2006 à 2008, pendant lesquelles ont été faites les mesures, connaissent une croissance de la piézométrie.

L'amplitude des variations saisonnières et des variations interannuelles n'est pas homogène sur l'ensemble du bassin-versant ; le battement interannuel de la nappe est maximum sur les coteaux et sous la nappe captive (de l'ordre d'une dizaine de mètres), et son amplitude baisse avec la proximité des axes de drainage (Cojeul, Sensée, Hirondelle et Agache). Les piézomètres proches du canal du nord montrent également une réduction des fluctuations interannuelles (5 m).

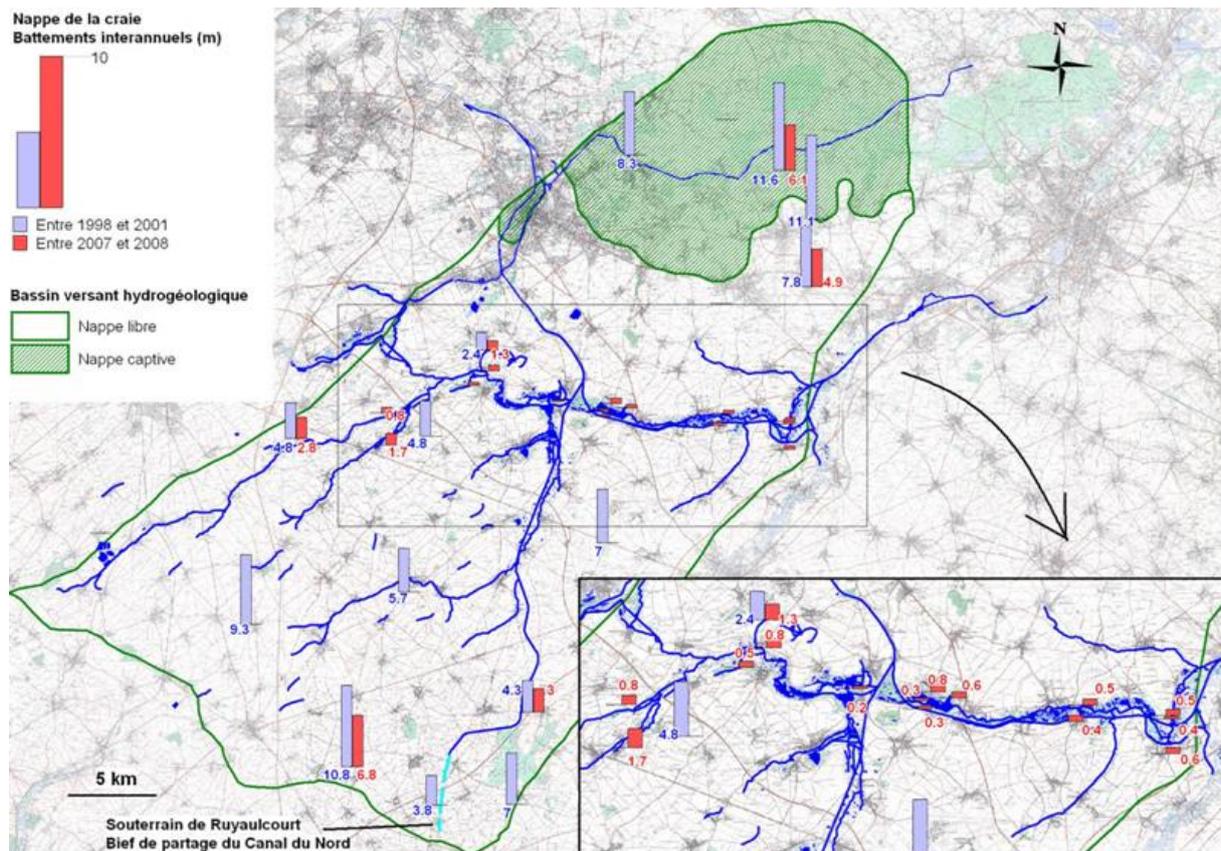


Figure 26. Battements de la nappe de la craie

L'analyse statistique des cotes de nappe relevées à Havrincourt indiquent que :

- l'étiage de 2006 (début de la période des mesures) a une période de retour hydrogéologique de 10 ans,
- les hautes eaux de 2008 ont une période de retour de 5 ans.

5.7.4 Piézométrie de la nappe alluviale

L'écoulement de la nappe alluviale suit celui de la Sensée (ouest / est). L'amplitude de ses variations annuelles est de 20 à 70 cm au niveau des piézomètres du SIDEN (Arleux, Brunémont, Aubigny).

Le niveau de la nappe alluviale est très fortement dépendant du réseau hydrographique de surface :

- 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 régissant 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.

La nappe de la craie est tantôt captive sous la nappe alluviale (Arleux, Brunémont), tantôt libre, en fonction des propriétés hydrodynamiques très hétérogènes 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.

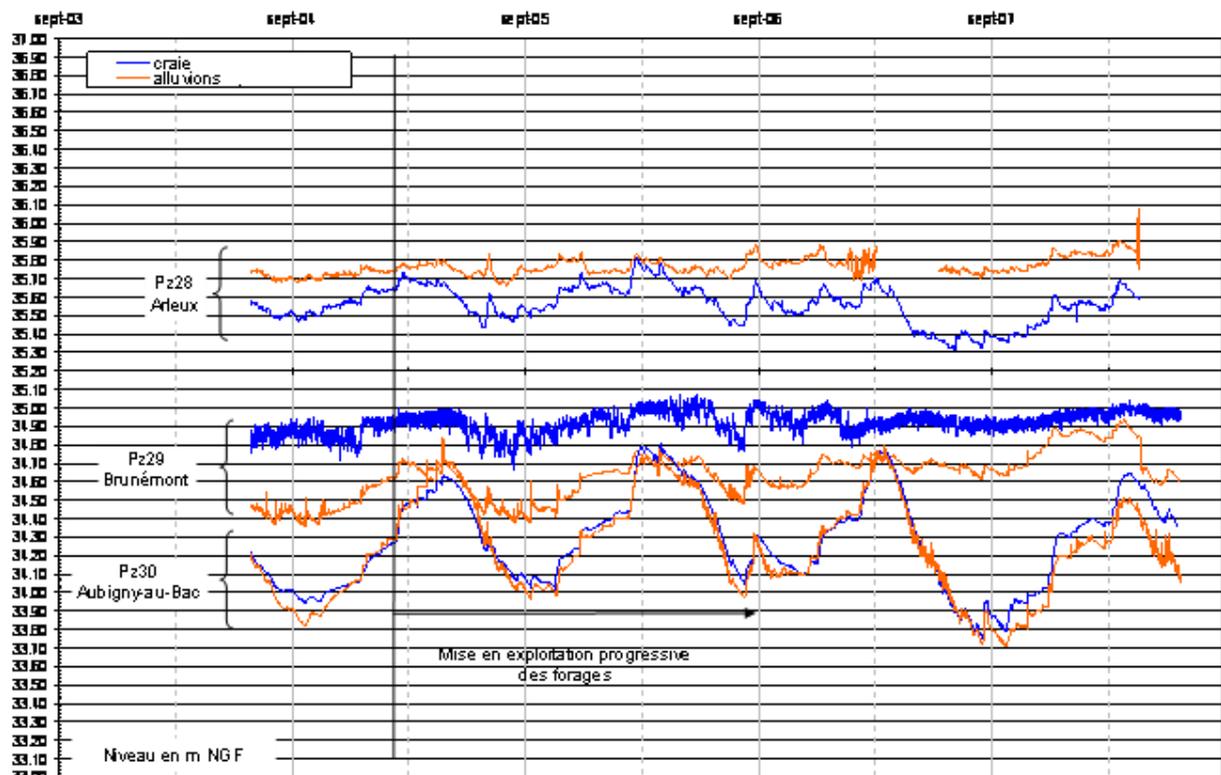


Figure 27. Piézométrie comparée de la nappe de la craie et de la nappe alluviale

5.7.5 Relation nappe / réseau hydrographique

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.

L'évolution synchrone des débits de la Sensée et des niveaux piézométriques indiquent que le débit de base de la Sensée (amont, comme aval) est assuré par la nappe de la craie.

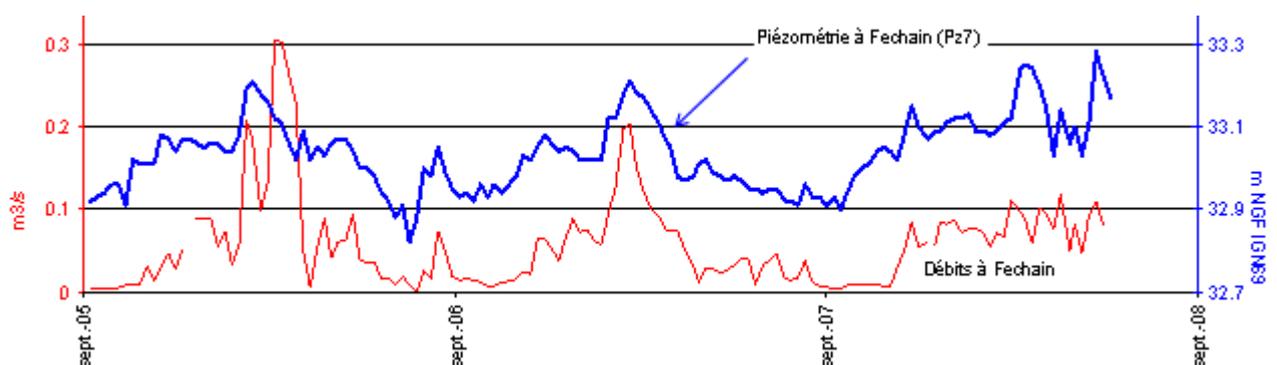


Figure 28. Evolution des débits et de la piézométrie à Féchain

Le fond de la vallée de la Sensée est jalonné de marais, qui sont en connexion avec la Sensée. 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 23.

La figure suivante 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**. On remarque que :

- Les étangs en amont d'Arleux ne seraient pas connectés à la nappe : il est avéré qu'ils sont envasés (un décanteur a été placé 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.

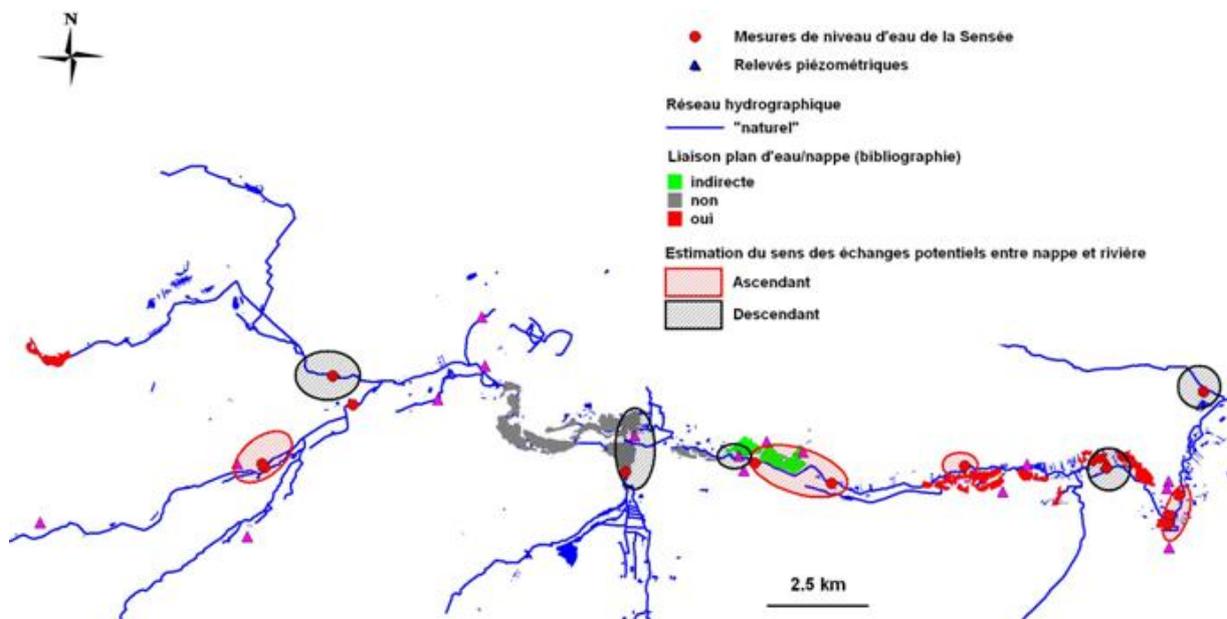


Figure 29. Estimation du sens des échanges nappe - rivière

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 (alimentation ou drainage), la nappe alluviale ou les marais, en fonction de la perméabilité de leur fond et berges. Bien que ces propriétés ne soient pas connues, la comparaison des cotes de retenue normale sur les canaux et des niveaux piézométriques permet de déterminer trois zones d'alimentation potentielle par la nappe :

- 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.
- Le canal du Nord (comme celui de la Sensée et de la Scarpe) traversent des zones d'affleurement de la craie. De plus, les berges de certains canaux (Sensée notamment) présentent un état de dégradation qui rend plausible l'occurrence d'échanges avec la nappe.

- De part et d'autre du canal de la Sensée, la surface piézométrique suit les oscillations 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.

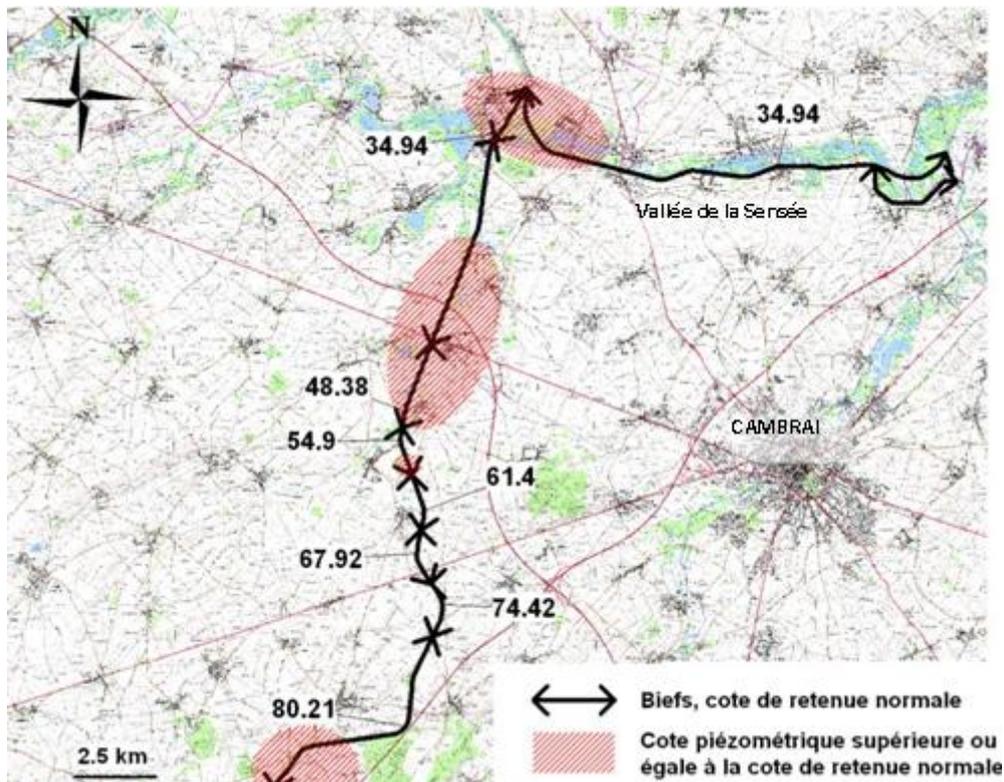


Figure 30. Zones d'alimentation potentielles des canaux par la nappe

5.7.6 Exploitation de 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.

Sur le territoire couvert par le bassin versant hydrographique, l'ordre d'importance des volumes prélevés dans la nappe de la craie est le suivant : eau potable, puis eau à usage industriel (industrie agro-alimentaire), et enfin eau à 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 du bassin versant hydrogéologique non couvert par le bassin versant hydrographique présente quant à lui un **fort caractère industriel et un enjeu eau potable important**. **Entre 2003 et 2007, on note une baisse des prélèvements totaux (-23%)**, conséquence d'une baisse des trois types d'usage.

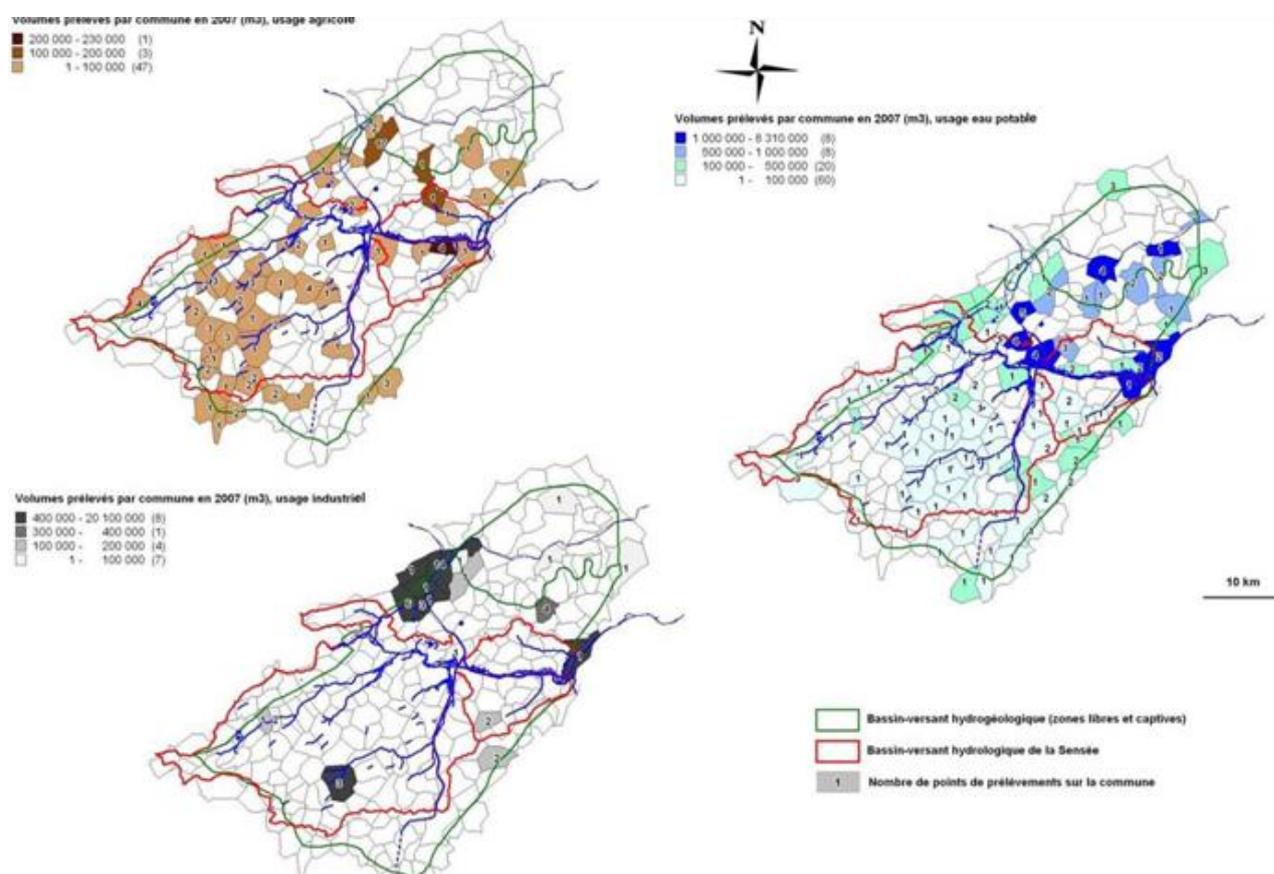


Figure 31. Bilan des prélèvements dans la nappe de la craie en 2007

Les perspectives d'évolution des prélèvements ont été cernées auprès de divers interlocuteurs du domaine :

- **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 de 15 000 m³/jour dans la vallée du Trinquise, à Hamblain-les-Prés. Le projet est aujourd'hui abandonné, mais 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.

6 ETAPE 4 : MODELISATION HYDROLOGIQUE / HYDRAULIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

6.1 DEMARCHE ET MISE EN ŒUVRE DES MODELES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

Les cours d'eau modélisés sont la Sensée amont à partir d'Etain et la Sensée aval à partir du siphon d'Oisy-le-Verger, l'Agache à partir de Marquion et l'Hirondelle depuis sa traversée du marais Becquerel, soit 45 km de linéaire cumulé. Tous les plans d'eau figurant sur ces tronçons sont modélisés.

Comme les bassins versants de la Sensée amont et de la Sensée aval sont complètement indépendants, deux modèles hydrauliques distincts ont été constitués.

Les apports des affluents non modélisés et du ruissellement sur l'ensemble du bassin versant sont pris en compte car injectés sous forme d'hydrogrammes dans le modèle hydraulique.

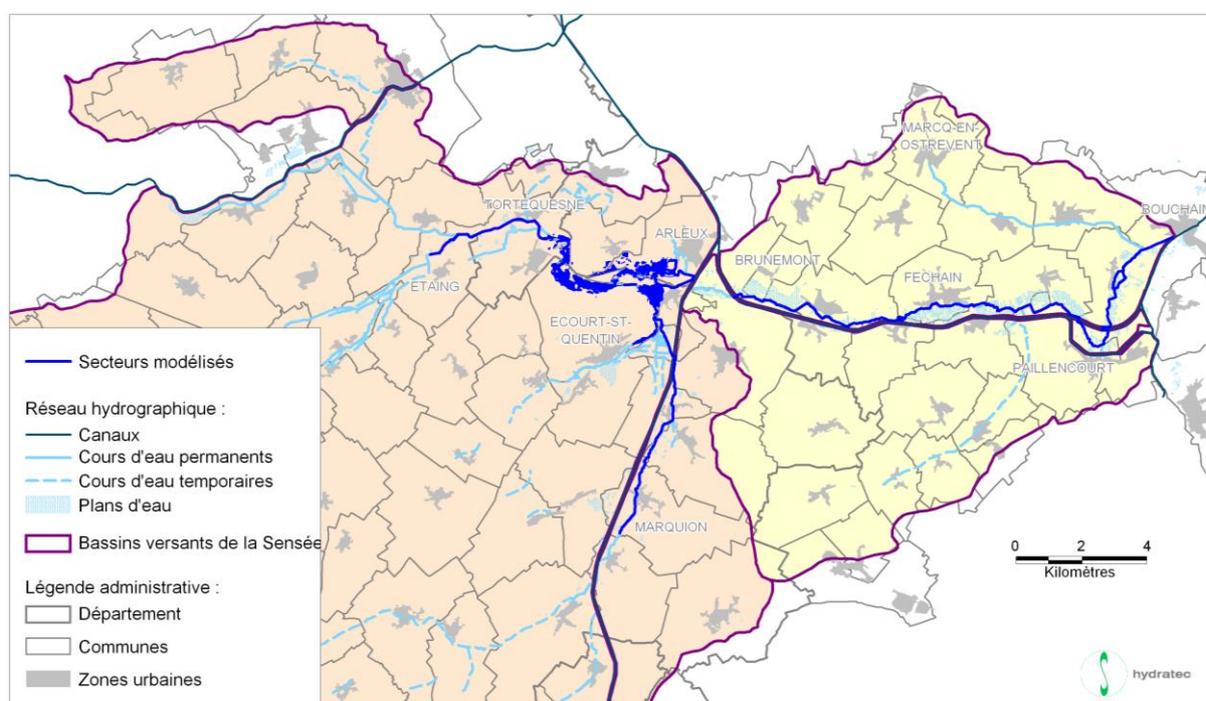


Figure 32. Tronçons modélisés dans la simulation hydraulique

Les crues modélisées sont celles d'août 2008 (période de retour 2 ans), de mars 2001 (période de retour ~25 ans) et de mars 1995 (période de retour ~10 ans).

Le calage est réalisé sur ces trois crues, lorsque des mesures existent. Devant le faible nombre des mesures continues existantes, le calage est délicat, notamment celui de la Sensée aval.

La configuration topographique prise en compte est la situation actuelle, relevée en 2009 par le géomètre.

Les modèles hydrologique et hydraulique sont construits sous le logiciel HYDRARIV, développé par Hydratec.

Les hydrogrammes d'apport du modèle hydraulique sont calculés à l'aide d'une modélisation hydrologique par transformation pluie/débit des hyétogrammes mesurés par Météo France.

Dans le modèle hydraulique, les vallées modélisées sont schématisées par des domaines filaires représentant le lit mineur, couplé à des domaines « casier » représentant le lit majeur. Ces différents éléments sont connectés entre eux par des liaisons. Chaque ouvrage est représenté par une singularité hydraulique ponctuelle.

Les conditions limites aval des deux modèles sont les limnigrammes mesurés sur le canal du Nord et l'Escaut canalisé.

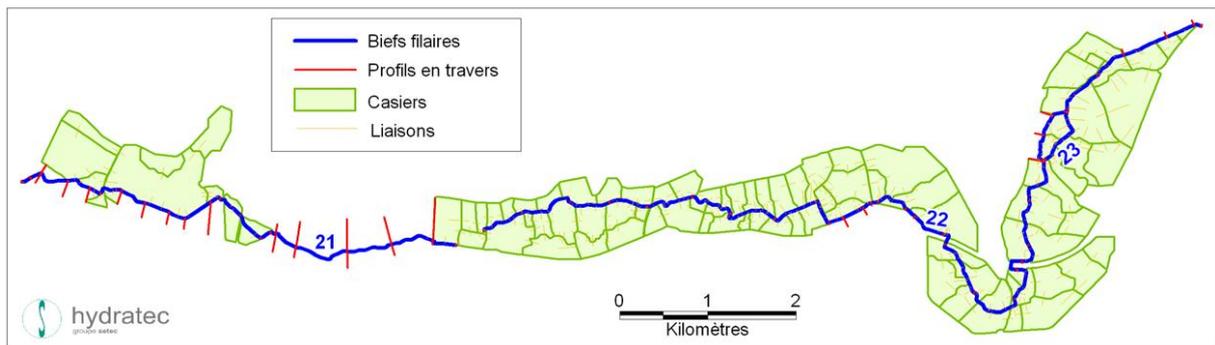


Figure 33. Représentation du modèle hydraulique de la Sensée aval

Malgré le faible nombre de mesures en continu, le calage des modèles hydrologique et hydraulique est satisfaisant, puisque les débits de pointe sont reproduits à 5% près, et le calage en cote est en moyenne à 9 cm près des mesures ponctuelles.

La procédure de calage a permis de mettre en exergue l'impact du phénomène d'eutrophisation sur le rehaussement des niveaux d'eau, qui peut atteindre 30 cm en été.

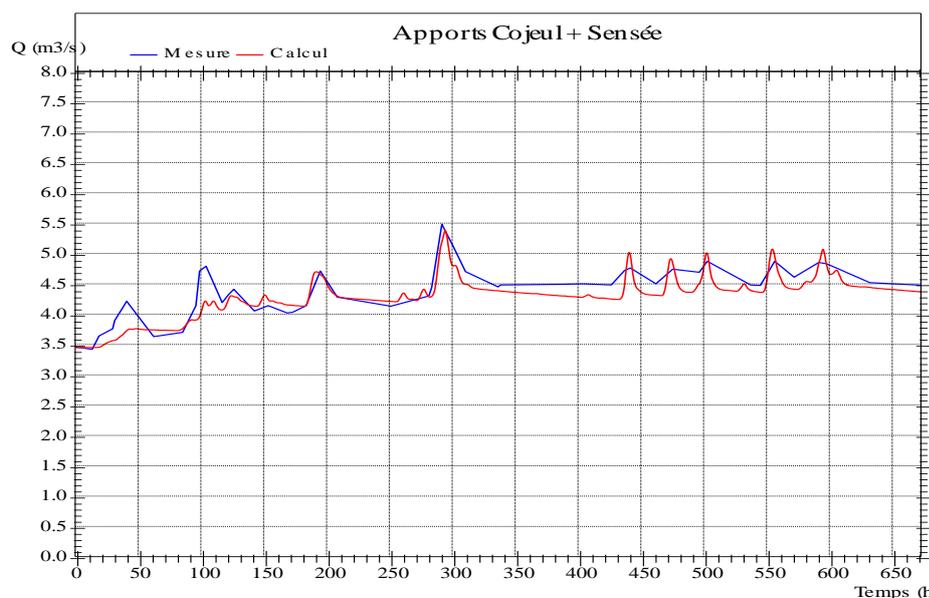


Figure 34. Exemple de calage de la Sensée amont à Etaing en mars 2001 (hydrogramme)

6.2 ENSEIGNEMENTS DU MODELE HYDRAULIQUE / HYDROLOGIQUE

6.2.1 Genèse des trois crues modélisées

La crue d'août 2008 est de type « orage d'été », c'est-à-dire que de fortes précipitations surviennent sur une courte période à un endroit très localisé, le reste du bassin versant ne subissant qu'une pluie modérée usuelle à une période estivale. C'est la tête du bassin versant de la Sensée amont (Cojeul et Sensée) qui est le lieu des plus fortes précipitations.

Les crues de mars 2001 et mars 1995 sont quant à elles au contraire de type « hivernal », c'est-à-dire générées par des pluies longues réparties de façon relativement homogène sur l'ensemble du bassin versant. La crue de mars 2001, plus forte que celle de 1995, est générée principalement par des précipitations survenues dans le centre du bassin versant (amont de la Sensée aval). L'événement de mars 1995 trouve quant à lui sa genèse sur un territoire plus étendu, à l'ouest de la Sensée amont (Cojeul, Trinquise).

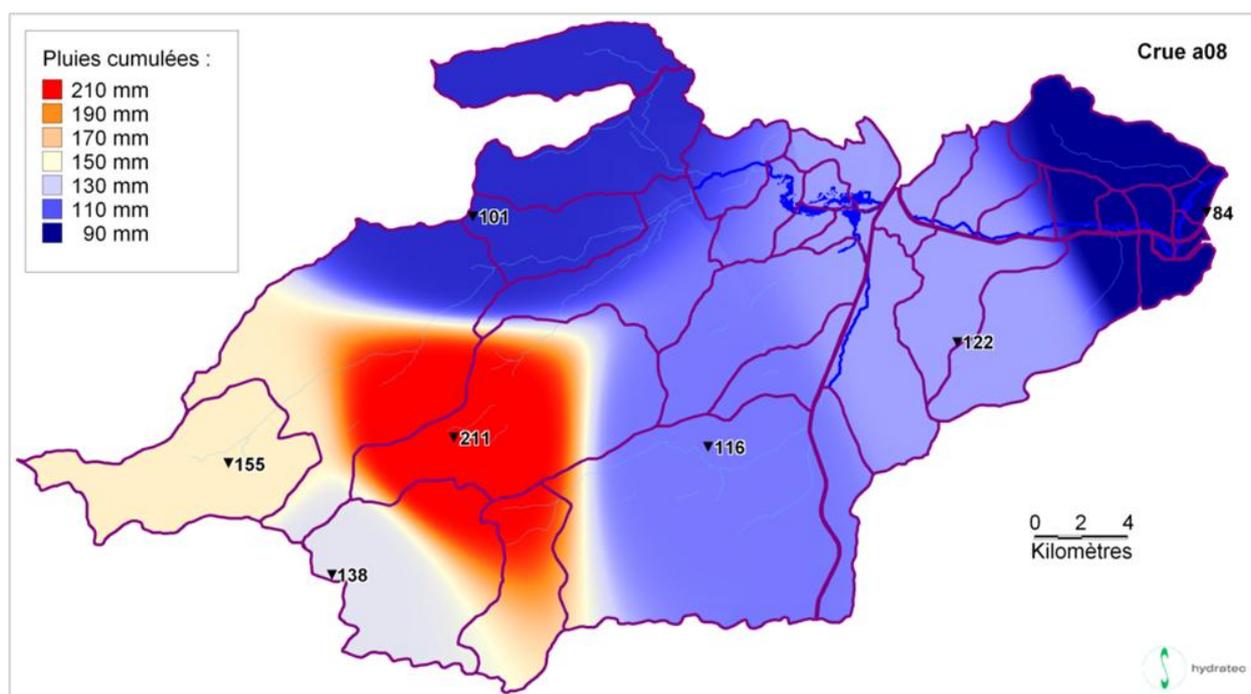


Figure 35. Répartition spatiale des pluies de l'événement d'août 2008

Le bassin versant de la Sensée est caractérisé par une très forte infiltration dans les sols et vers la nappe de la pluie précipitée. Le caractère ruisselant du territoire est en effet très faible, puisque le débit spécifique n'excède pas 55 l/s/km². En termes de volumes, sur 100 % de précipitations brutes (observées) :

- 1 % seulement ruisselle directement à la surface du sol ;
- 10 % environ cheminent en subsurface. Ce type de ruissellement est à priori légèrement plus important sur la Sensée aval que sur la Sensée amont. Cette composante est absente pour l'orage d'août 2008 ;
- les 89 % restants sont utilisés par les plantes, évaporés et alimentent la nappe.

Par ailleurs, **l'alimentation par la nappe est prépondérante et constitue pour les trois crues au moins la moitié du débit de pointe observé en rivière.**

Lors de l'orage d'août 2008, l'événement bref et intense survenu sur des sols secs n'a pas pu s'infiltrer dans les sols ; toute l'eau précipitée a directement ruisselé, probablement car l'intensité pluvieuse a largement dépassé la capacité d'infiltration des sols.

De par la pluviométrie précédant la crue, la saturation initiale des sols est plus importante en 2001 qu'en 1995, qui sont pourtant deux crues survenues au même moment de l'année (mars).

Le temps de réponse du bassin versant de la Sensée amont est de 8 à 10 h (temps entre les pluies relevées à St-Léger et la pointe de débit mesurée à Etaing). Sur la Sensée aval, cette valeur est beaucoup plus faible, de 2 à 4 h (temps entre la pluie mesurée à Epinoy et la pointe de crue calculée à Aubigny), dans la mesure où la pointe de débit est générée par les apports des eaux pluviales urbaines (cf. § 6.2.5).

6.2.2 Propagation des crues

Il apparaît à la lecture de ces graphiques que **les crues sont écrêtées lors de leur transfert vers l'aval, le long de la Sensée et de l'Agache.**

Le plus fort pouvoir écrêteur est bien sûr observé sur la Sensée amont lors de la traversée des étangs de Lécluse, des marais de Saudemont et d'Arleux. Entre l'amont du décanteur et la sortie du marais d'Ecourt-St Quentin, le débit de pointe peut diminuer de 15 %. Cet écrêtement est d'autant plus marqué que le pic de crue est pointu (écrêtement très faible pour la crue de mars 1995, qui est une crue lente). Le même phénomène est observé sur la Sensée aval, lors de la traversée du marais du Bac.

Même lorsque la Sensée conserve son tracé filaire, les multiples connexions avec les étangs et marais voisins de la rivière lissent la crue ; c'est le cas notamment sur la Sensée aval à l'aval de Féchain, où les liaisons avec le marais Billoir, l'étang du Grand Clerc et le marais Chantraine notamment écrêtent les hydrogrammes. Le petit chevelu hydrographique directement connecté à la rivière joue également ce rôle d'écrêtement, comme sur l'Agache, à Marquion et à Sauchy.

Ces écrêtements se traduisent également par le retardement de l'onde de crue, qui se propage moins vite dans les zones de marais et d'étangs que dans les biefs filaires. Par exemple, lors de l'orage d'août 2008, la crue s'est propagée à une vitesse de 0,8 m/s entre Etaing et l'entrée du décanteur (partie filaire), et seulement 0,1 m/s au travers du décanteur et des différents étangs jusqu'à la sortie du marais d'Ecourt-St-Quentin. L'inertie du système est également très visible à l'aval de la Sensée aval.

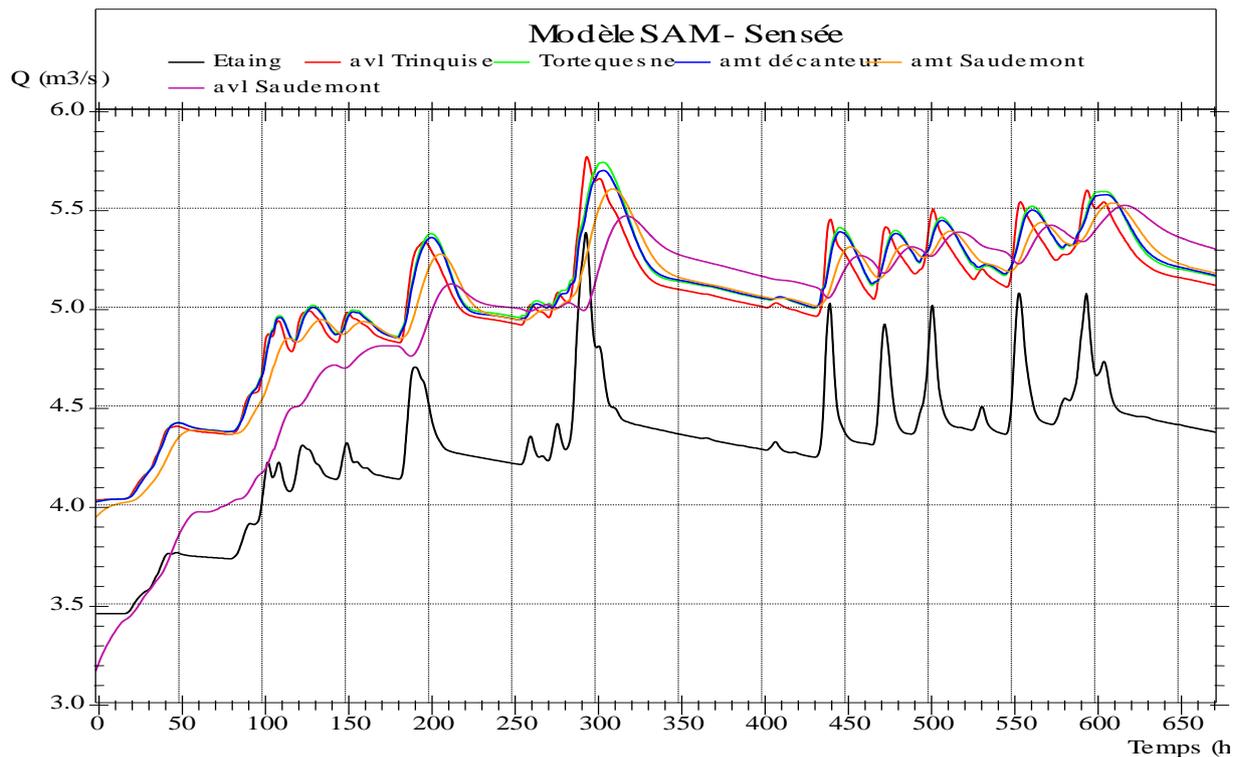


Figure 36. Propagation des hydrogrammes de crue en mars 2001

6.2.3 Inondations par débordement

Les tronçons filaires de rivière ne débordent que très peu et très localement, en raison des faibles débits générés lors des crues (productivité faible des bassins versants) et du large dimensionnement des lits mineurs de cours d'eau.

Les zones sensibles en termes de débordement se situent donc plutôt en bordure de plans d'eau et de marais. Il s'agit le plus souvent d'anciens habitats légers de loisirs convertis en habitations à l'année, comme par exemple :

- autour des étangs de Lécluse et d'Arleux ;
- autour du marais de Brunémont ;
- dans tout le secteur de marais en rive droite de la Sensée aval à Fressie, Féchain, Hem-Lenglet ;
- quelques habitations en rive droite à Bouchain.

Les bourgs sont quant à eux très peu touchés, même en périphérie. Par exemple, les constructions le long de la D49 (à Wasnes-au-Bac) ne sont touchées que pour la crue de mars 2001.

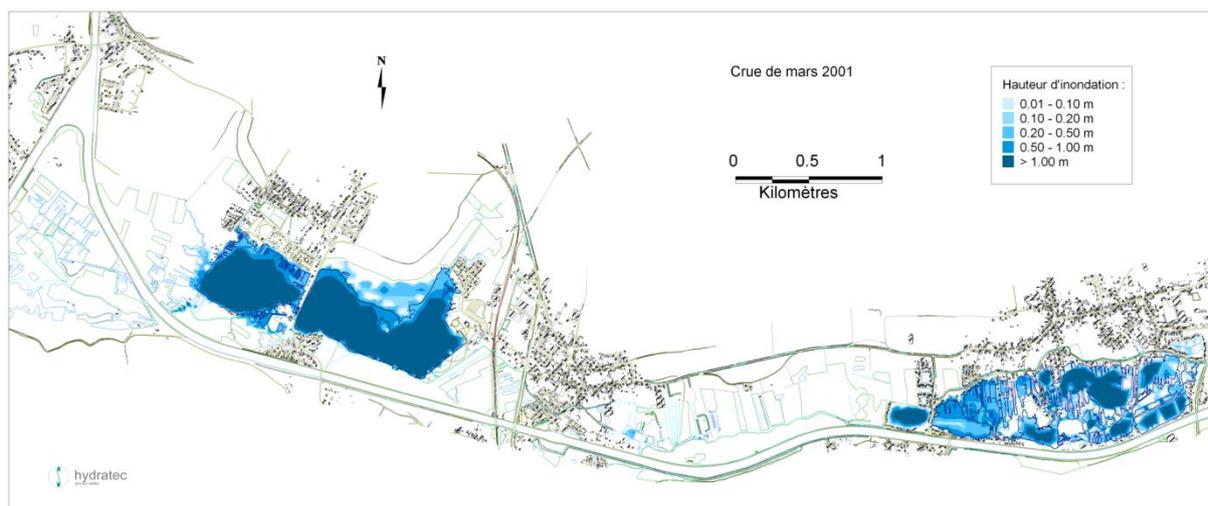


Figure 37. Zones inondées en amont de la Sensée aval en mars 2001

6.2.4 Impacts des ouvrages hydrauliques et pont

Les principales pertes de charge induites par les ouvrages hydrauliques et ponts en crue sont consignées ci-dessous (hors ouvrage de Bouchain). Elles sont localisées essentiellement sur la Sensée amont (y compris sur l'Agache).

Ouvrage	Perte de charge induite par les crues
Pont des vaches sur la Sensée amont	60 à 100 cm
Pont de Marquion sur l'Agache	30 à 100 cm
Seuil sur l'Agache en amont du siphon à Oisy-le-Verger	50 à 80 cm
Seuil du pont des prussiens sur le Surion	0 à 40 cm

Tableau 2. Principales pertes de charge en crue des ouvrages hydrauliques et ponts

Les siphons génèrent quant à eux une perte de charge maximale de l'ordre de 5 cm (au marais Chantraine) à 15 cm (sur l'Agache) pour la crue forte de mars 2001, hors phénomène d'embâcles.

Concernant les trois ouvrages structurants de la vallée, les manœuvres qui y sont effectuées influent sur la ligne d'eau :

- jusqu'au pont des Vaches, voire jusqu'au pont d'Etaing (en étiage) pour le barrage de Bouchain ;
- jusqu'au marais de Saudemont ou au décanteur de Tortequesne (selon les crues) pour le barrage du pont des Prussiens. Les étangs d'Arleux sont abaissés de - 10 à - 15 cm si un batardeau de 20 cm est retiré à l'ancienne écluse ;
- jusqu'au pont de Wasnes-au-Bac (D49) pour le barrage de Bouchain.

Par ailleurs, le niveau d'eau maintenu sur le canal du Nord influence la Sensée amont jusqu'aux seuils des deux ponts de la D65 (dont le pont des Prussiens).

6.2.5 Cause des brusques variations de niveau d'eau locales observées

Les manœuvres effectuées au barrage de Bouchain, ou la présence de tout autre barrage sauvage, ne peuvent pas être à l'origine des fortes variations de niveaux d'eau observées sur la Sensée aval (cf. § 5.2).

Ces brusques oscillations du niveau d'eau observées en rivière sont dues aux apports rapides et brutaux des eaux pluviales urbaines, qui sont pour la plupart non tamponnées dans des bassins d'orages avant rejet dans le milieu naturel. Les débits de crue sur la Sensée aval notamment étant très faibles, le débit d'apport urbain est significatif. Ces apports urbains sont visibles sur la Sensée aval à Aubigny, Féchain, Paillencourt, sur l'Agache à Marquion, Sauchy, et sur la Petit Hirondelle à Ecourt-St-Quentin notamment.

Là où ces rejets d'eau pluviale urbaine se déversent dans des plans d'eau, l'impact sur les niveaux d'eau est beaucoup moins visible.

6.3 DEMARCHE ET MISE EN ŒUVRE DU MODELE HYDROGEOLOGIQUE

Le modèle hydrogéologique réalisé s'étend sur l'ensemble du bassin versant hydrogéologique de la Sensée. L'emprise du domaine modélisé est de 57 x 37 km. Il est construit à l'aide du code de calcul Modflow 2000.

Le modèle hydrogéologique construit prend en compte :

- la géométrie des couches aquifères,
Les trois couches géologiques supérieures sont modélisées : la craie non altérée (couche 3), la craie altérée (couche 2), et les alluvions ou les sables tertiaires (couche 1).
- le réseau hydrographique,
Il peut être représenté par des cellules rivières, dont les échanges avec la nappe peuvent se faire dans les deux sens, ou des cellules drains, qui ne peuvent qu'extraire de l'eau au système aquifère. Les tronçons pérennes de cours d'eau et les étangs sont modélisés par des cellules rivière (ainsi que le souterrain de Ruyaulcourt). Les vallées sèches et les canaux sont représentés par des drains.
- les prélèvements souterrains,
- les relations entre ces différentes entités.

Le modèle est découpé selon un maillage rectangulaire de taille variable, fluctuant entre 125x125m (dans les vallées) et 500x500m (sur les plateaux). Il compte 178 710 mailles.

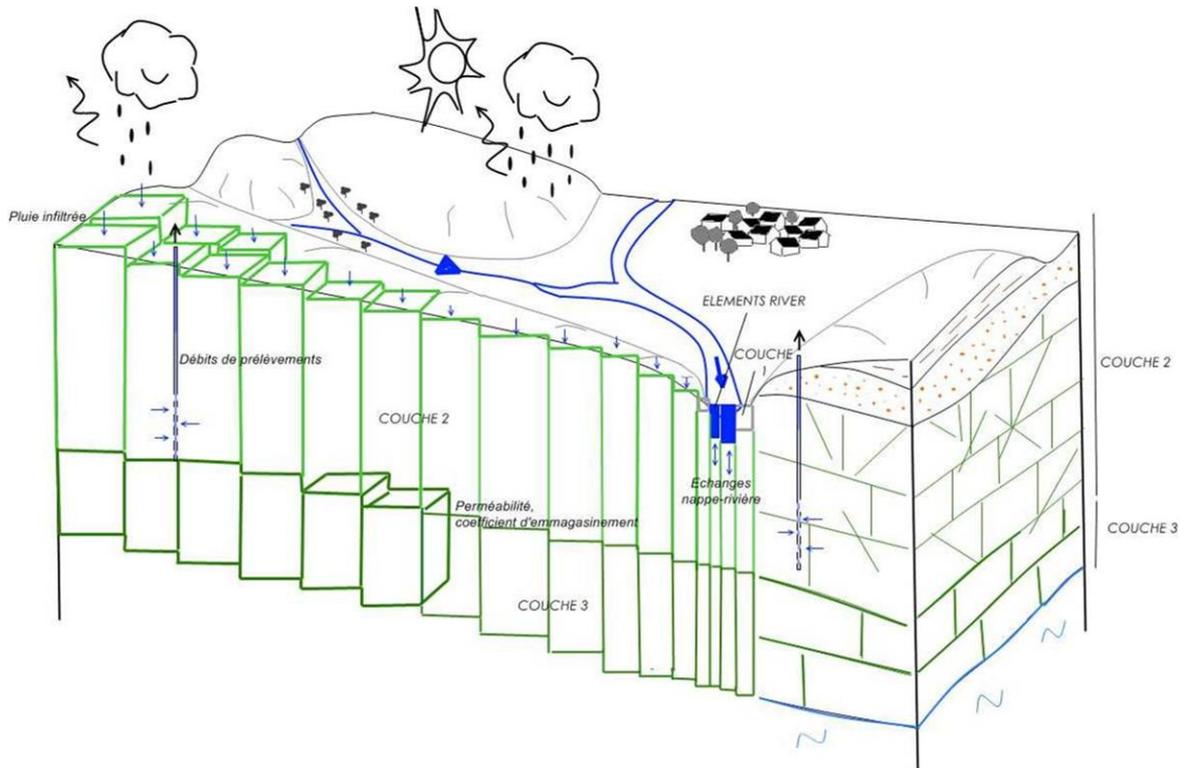


Figure 38. Schématisation du modèle hydrogéologique

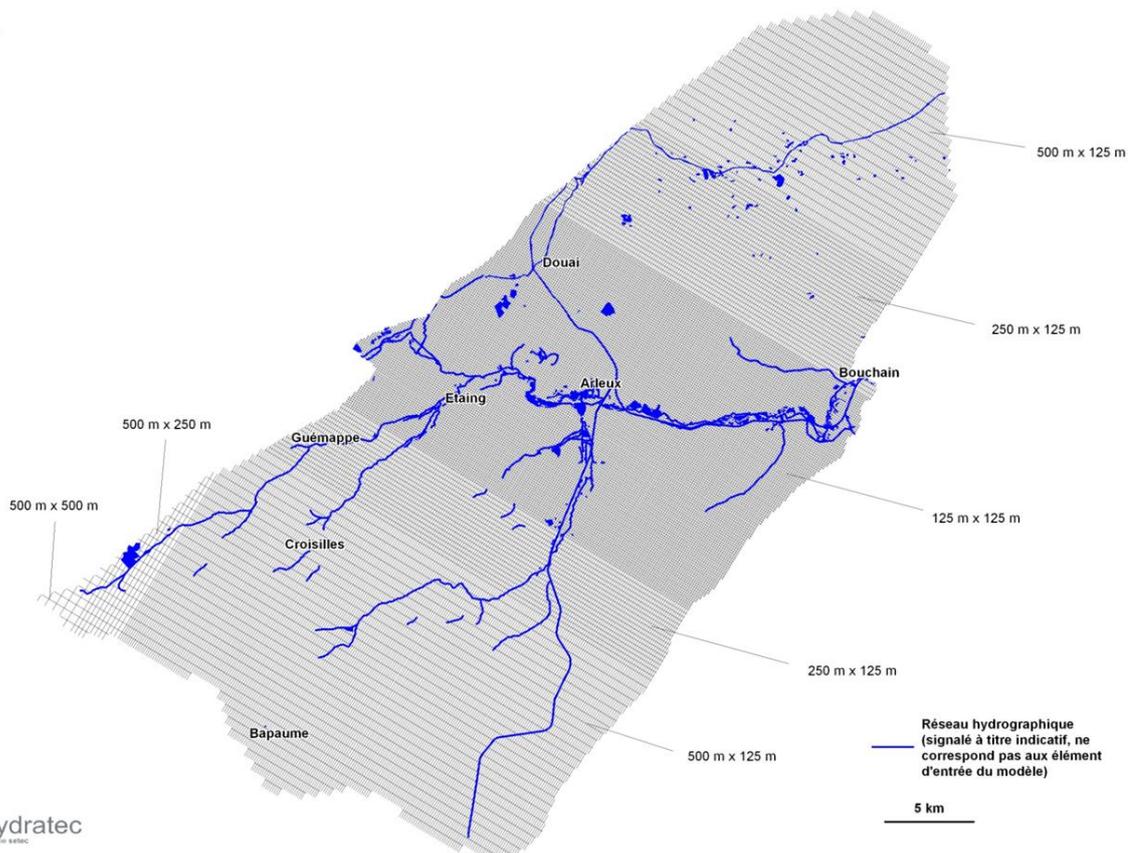


Figure 39. Maillage du modèle

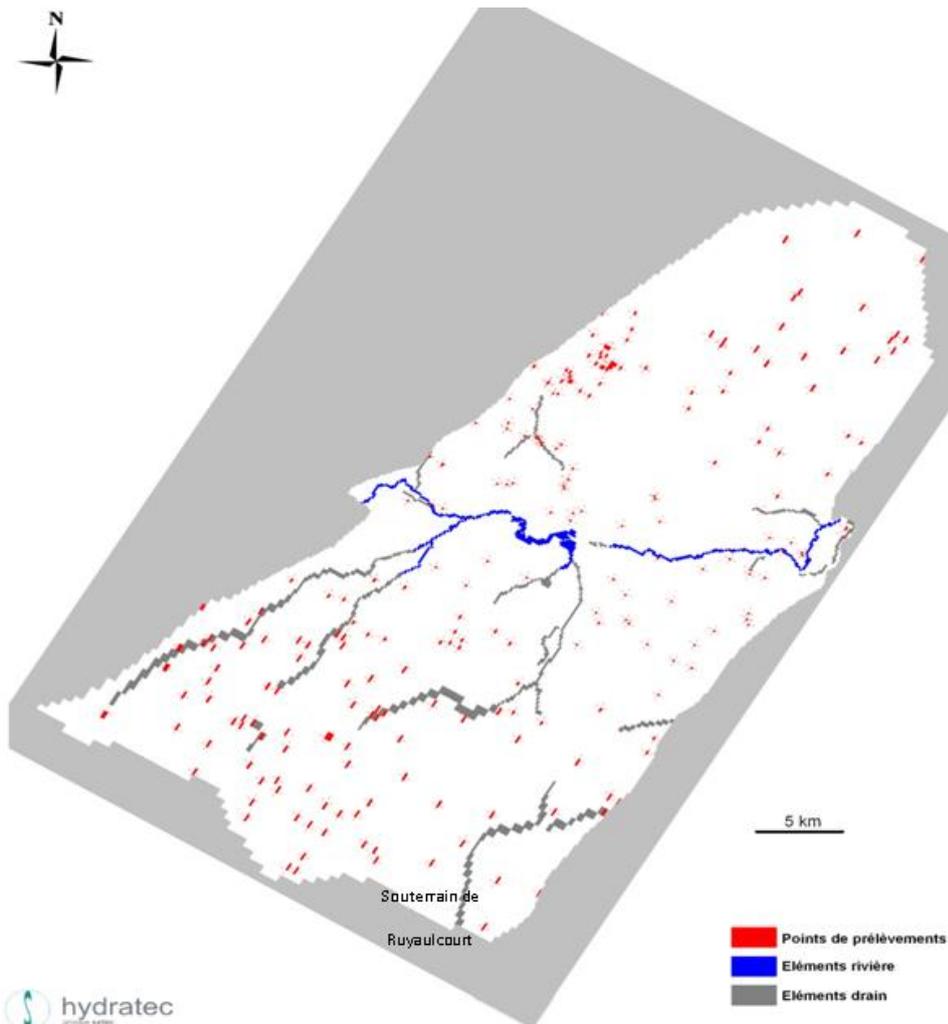


Figure 40. Prise en compte du réseau hydrographique et localisation des points de prélèvements

La simulation hydrogéologique est réalisée en régime transitoire, sur la période comprise entre le 1^{er} octobre 1997 et la 3 octobre 2008.

Le modèle est calé en régime permanent sur la situation piézométrique d'étiage du 8 novembre 2005, puis en régime transitoire sur l'évolution des niveaux piézométriques de 1997 à 2008. Les tendances de variations piézométriques sont correctement restituées par le modèle.

Les valeurs de réserve utile maximale retenues sont de 180 mm (au sud), 150 mm (au centre) et 0 mm (nappe captive au nord).



Figure 41. Exemple de calage de la piézométrie de la nappe de la craie en régime transitoire

6.4 ENSEIGNEMENTS DU MODELE HYDROGEOLOGIQUE

6.4.1 Pluie infiltrée vers la nappe

La pluie infiltrée vers la nappe représente une fraction de la pluie efficace, qui dépend du caractère ruisselant du bassin versant. Ce ratio est variable au fil des années car il dépend des précipitations et de la saturation des sols.

D'une manière générale, **le bassin versant hydrogéologique de la Sensée présente un caractère très peu ruisselant et une forte aptitude à l'infiltration. Celle-ci est cependant soumise à de fortes variations induites notamment par l'état dans lequel se trouve la végétation au moment des pluies et par le niveau de saturation des sols.**

Cette forte infiltration permet une alimentation de la nappe de la craie variant selon les années entre 10 et 300 mm quels que soient les terrains de surface (hors recouvrement tertiaire).

Les années de forte infiltration, 60 à 90 % de la pluie efficace s'infiltrer dans les terrains sous-jacents et atteint la nappe. A l'inverse, lors des périodes de décroissance des niveaux piézométriques, une infiltration modérée de 20% est observée.

6.4.2 Bilan des échanges hydrauliques globaux

A l'échelle du territoire du SAGE, la nappe de la craie subit des entrées (infiltration d'une part de la pluie) et des sorties (drainage par les rivières, pompages, écoulements vers le nord du bassin versant). La différence entre les entrées et les sorties traduit par la fonction de stockage instantané présenté à la figure suivante. Lorsque la courbe est positive, l'aquifère de la craie stocke, et inversement.

Les périodes de stockage durent de 1 à 6 mois et les périodes de déstockage de 7 à 11 mois, compris entre mars-avril et novembre-décembre. Les périodes où les phases de stockage sont plus larges et présentent une amplitude importante correspondent à des périodes d'élévation des niveaux piézométriques.

Deux extrêmes sont signalés sur la figure :

- durant les années hydrologiques 2000-2001, la période de vidange a duré seulement 7 mois (mars à octobre), ce qui correspond à une année de très hautes eaux (2001) ;
- en 2005-2006, elle a duré 11 mois. Effectivement, 2006 a été une année d'étiage sévère.

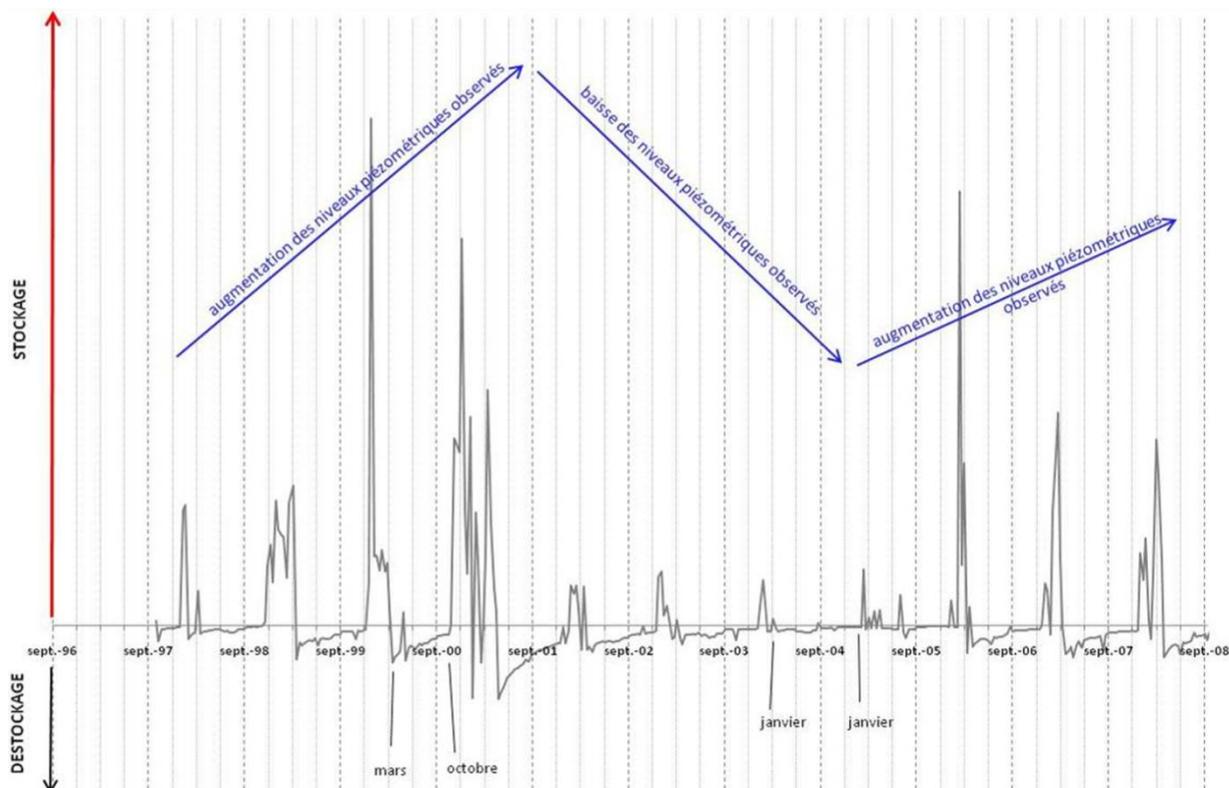


Figure 42. Bilan des échanges hydrauliques globaux sur le territoire du SAGE

Les moyennes annuelles des termes du bilan des échanges avec la nappe de la craie sont consignées dans le tableau suivant. Hormis l'année 2005 qui fut très déficitaire (les prélèvements ont largement dépassé la recharge de la nappe), les débits prélevés atteignent généralement 40% de la recharge de la nappe, voire 70% en 2004.

	2003	2004	2005	2006	2007
Prélèvements souterrains (m ³ /an)	34 267 191	33 771 960	33 789 040	33 149 500	35 706 800
Alimentation du bief de partage du canal du Nord	1 390 919	754 454	455 292	1 004 657	1 153 267
Recharge de la nappe (m ³ /an)	89 886 332	48 803 343	28 274 704	72 613 868	73 606 553
Sollicitation =Prélèvements/recharge de la nappe	38%	69%	120%	46%	49%

Tableau 3. Termes du bilan des échanges hydrauliques globaux avec la nappe de la craie

6.4.3 Entités de fonctionnement dans le bassin versant

Deux grands types de fonctionnement hydrogéologique de la nappe de la craie se distinguent sur le bassin versant :

- Au nord, la zone de nappe captive n'est pas alimentée par les précipitations. C'est ce défaut d'alimentation, conjugué au pendage de la craie qui crée l'écoulement vers le nord du bassin versant (phénomène renforcé par les prélèvements importants dans cette zone). La craie présente une faible perméabilité et une faible porosité, l'ensemble des couches crayeuses assurent le rôle capacitif de l'aquifère.
- Sur le reste du bassin versant, la part de l'infiltration dans les pluies efficaces est forte (de 20 à 90%), ce qui assure une bonne alimentation de la nappe. Dans cette zone, deux types de fonctionnement se distinguent :
 - Au droit des vallées et au nord de la Sensée : la perméabilité de la craie est forte, la porosité de la craie aquifère est bonne, le rôle capacitif de l'aquifère est assuré principalement par le niveau crayeux le plus aquifère. Dans les vallées, la couche d'alluvions assure le même rôle capacitif que la craie aquifère.
 - Au niveau des plateaux : la perméabilité de la craie est moyenne à faible, la porosité de la craie aquifère est moins bonne que sur le reste de la zone libre. Le rôle capacitif de l'aquifère est assuré par l'ensemble des niveaux crayeux.

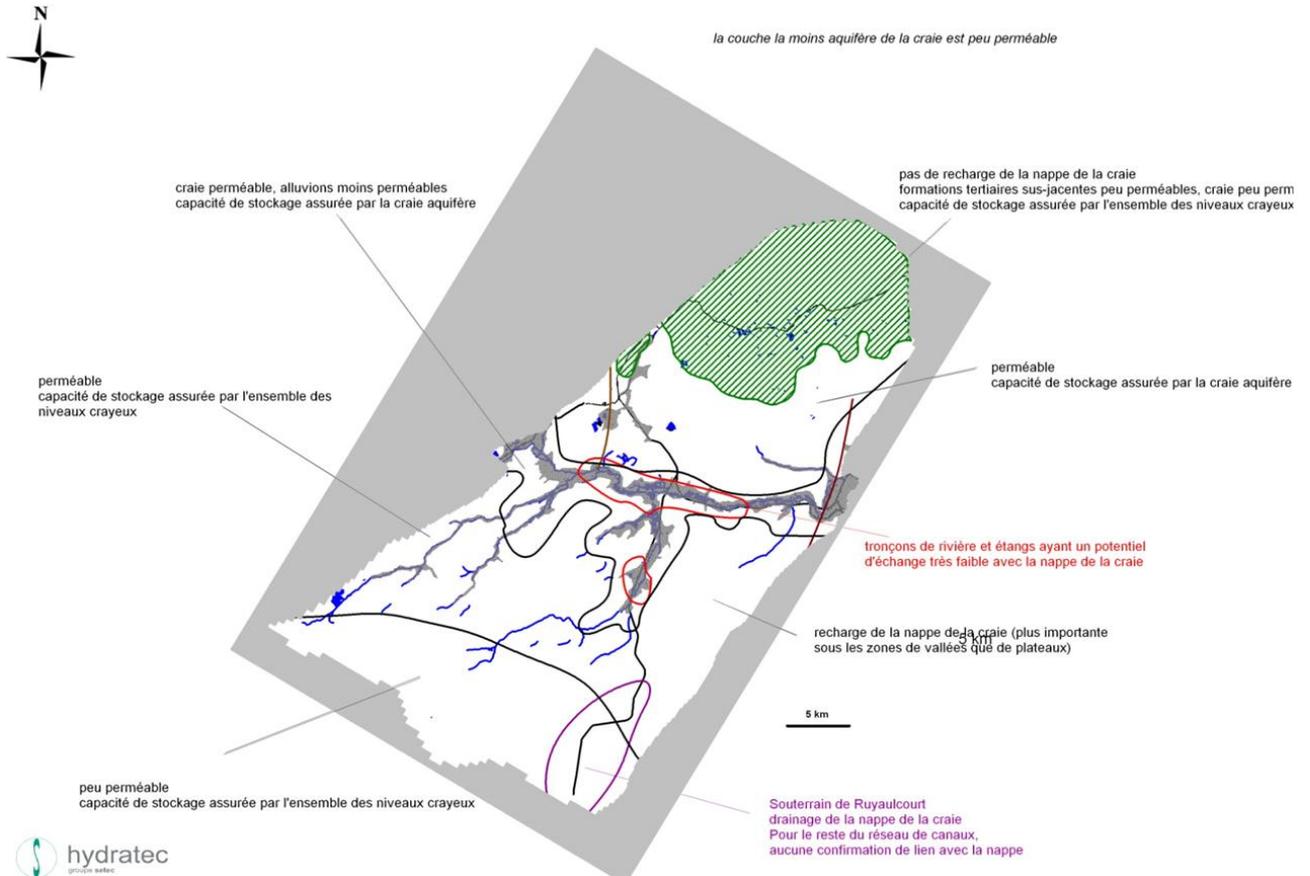


Figure 43. Localisation des différentes entités de fonctionnement hydrogéologique

6.4.4 Echanges entre nappe et réseaux hydrographiques

□ Cours d'eau

Concernant les relations entre la nappe et les cours d'eau :

- Les vallées amont du Cojeul, de la Sensée et du Trinquise présentent un bon potentiel d'échange.
- L'Agache et l'Hirondelle présentent un potentiel faible à bon, sauf entre Marquion et Sains-les-Marquion où les échanges sont plus difficiles.

Deux tronçons de rivière sont apparus comme alimentant la nappe de la craie :

- Le tronçon de la Sensée aval entre Paillencourt et Wasnes-au-Bac où le forage d'alimentation en eau potable situé à proximité induit une inversion des débits d'alimentation par la nappe ;
- Le Trinquise où la nappe draine la rivière et la nappe alluviale en période d'étiage.

Les relations entre la nappe et le Trinquise seraient périodiques : drainage de la nappe en étiage et alimentation par la nappe en hautes eaux.

Les modélisations hydrauliques et hydrogéologiques ont montré que les débits de crue des cours d'eau étaient pour grande partie apportés par la nappe. Ainsi, lors de la crue de mars

2001, les débits apportés par la nappe à la Sensée en amont d'Etaing atteignaient 3.35 m³/s, soit plus de 60% du débit de pointe de la crue.

□ Plans d'eau

Les étangs de la Sensée amont (à partir d'Etaing-Lécluse) ont été représentés avec un potentiel très faible qui s'explique à la fois par leur envasement important et par la présence de niveaux peu perméables au sein des alluvions. La première partie de la Sensée aval (jusqu'à Féchain) est dans la même situation. Vers l'aval, les échanges se rétablissent.

Par contre, la rivière traverse les étangs de la Sensée amont et puisque son débit amont est régi par la nappe, c'est la rivière qui répercute les variations de niveaux de la nappe dans ces zones de plans d'eau à faible potentiel d'échange.

□ Canaux

Les relations entre canal et nappe de la craie ont été testées pour les différents biefs situés sur le bassin versant. A part pour le souterrain de Ruyaulcourt, aucune confirmation de l'existence d'une relation canaux - nappe n'a pu être établie.

Des mesures de différentiels de débits entre l'amont des biefs de canaux et l'aval seraient nécessaires pour établir plus précisément ces relations.

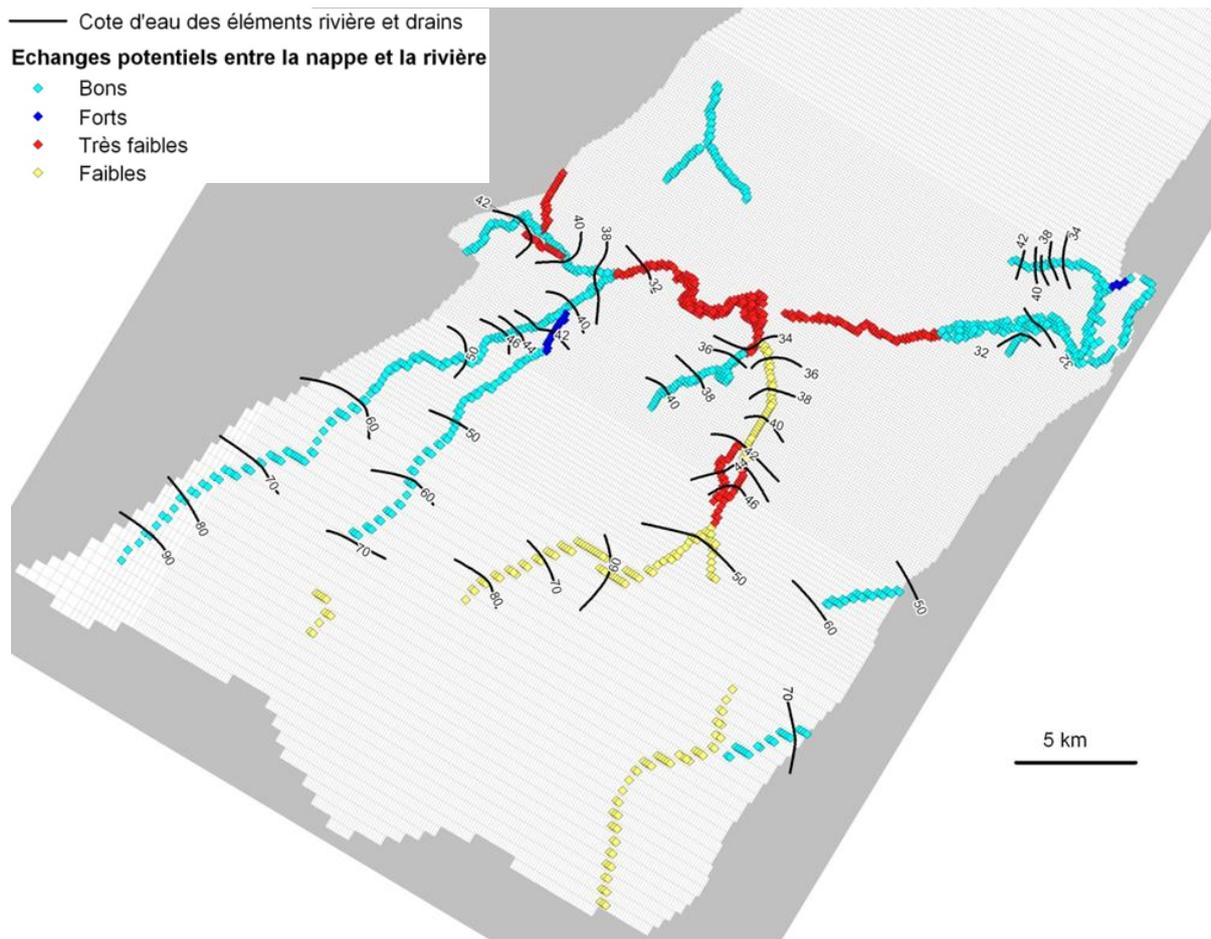


Figure 44. Potentiel d'échange entre la nappe de la craie et les réseaux hydrographiques

6.4.5 Inondations par remontées de nappe

La modélisation hydrogéologique a permis de recenser de manière exhaustive les secteurs où les oscillations de la nappe de la craie s'approchent le plus de la surface du terrain naturel en hautes eaux (cf. carte page suivante).

Les remontées ont généralement lieu dans les fonds de vallées à proximité des émissaires naturels, qu'il s'agisse de thalwegs secs en amont des bassins versants ou de cours d'eau pérennes.

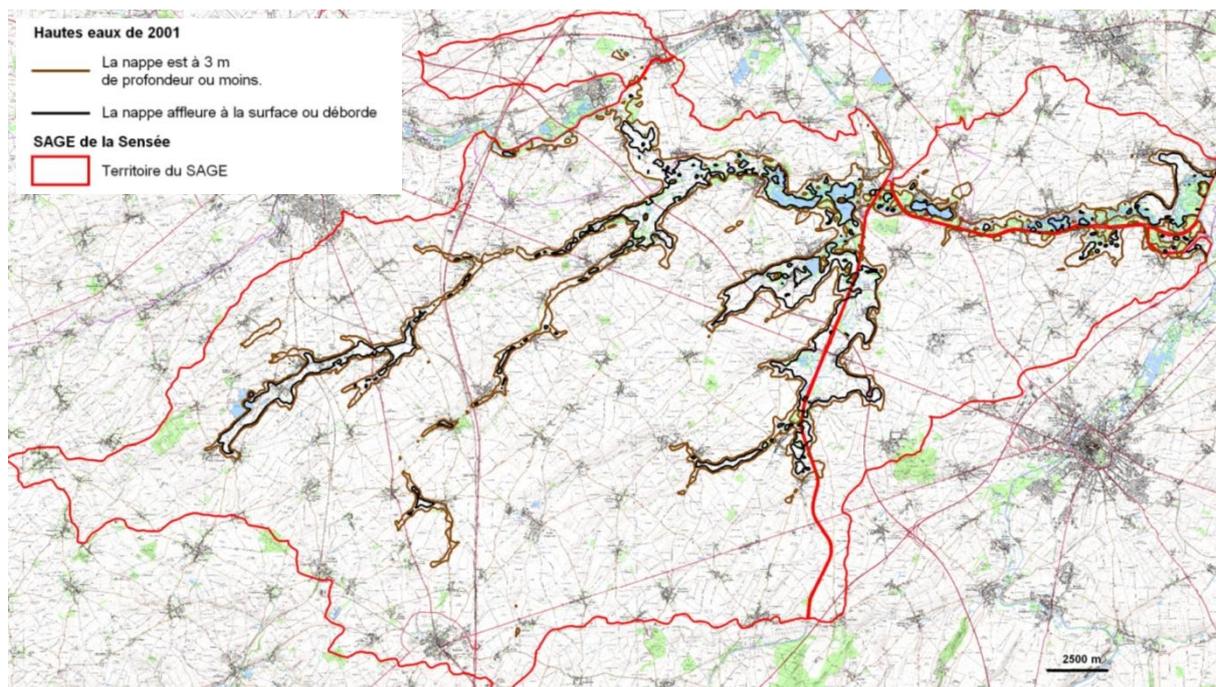


Figure 45. Localisation des secteurs sensibles aux remontées de nappe

6.4.6 Impacts des prélèvements en nappe sur les niveaux piézométriques

Deux simulations hydrogéologiques fictives ont été réalisées pour mieux appréhender l'impact des prélèvements en nappe sur les niveaux piézométriques. Les préconisations pour le SAGE qui en découlent sont décrites dans l'étape 5.

□ Arrêt des prélèvements sur le territoire du SAGE

Ce test permet d'apprécier un fonctionnement non influencé de la nappe de la craie, notamment en situation d'étiage.

Pour l'étiage de 2006, l'impact des pompages actuels est de rabattre la nappe de 25 cm dans les vallées et de 1,50 m sous les coteaux (voire plus localement). L'incidence sur les niveaux piézométriques est donc plus forte sous les plateaux.

De plus, les prélèvements actuels induisent une baisse des débits d'apport de la nappe de la craie vers le réseau hydrographique de surface (-300 l/s en 2006 sur l'ensemble des rivières).

85 % des débits prélevés actuellement par les captages proviennent des cours d'eau, et les 15 % restants de la nappe.

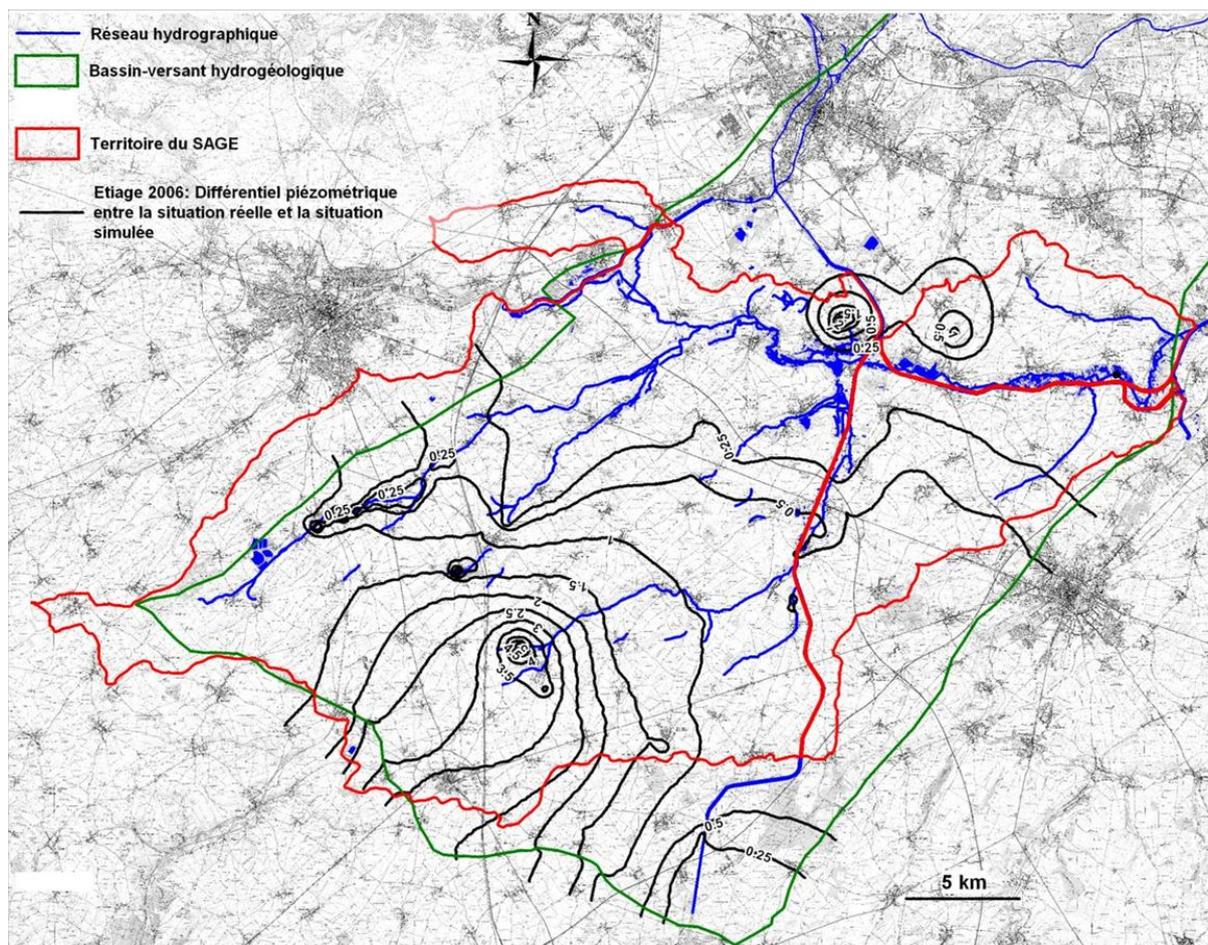


Figure 46. Rehausse des niveaux de nappe pour l'été 2006 en cas d'arrêt des pompages

□ **Nouveau champ captant à Hamblain-les-Prés**

Ce test évalue l'impact d'un tel prélèvement, qui a été un temps envisagé par la CUA (20 000 m³/j), à l'échelle du territoire du SAGE.

L'augmentation des prélèvements induit un rabattement des niveaux de la nappe de la craie et de la nappe alluviale atteignant jusqu'à 1.75 m pour l'été 2006. Le cône de rabattement se propage sur plus de 3 km vers le nord et est stoppé par le Trinquise au sud-ouest.

Le nouveau prélèvement induit une baisse des débits d'apport de la nappe vers le Trinquise ce 100 l/s. Celle-ci se traduit par un drainage plus fort par la nappe durant les périodes sèches et une baisse des débits d'apport au cours des périodes humides.

Ainsi, 90% des débits prélevés dans le champ captant auraient été drainés par le Trinquise. Les 10% restant proviennent de la partie nord du front d'appel.

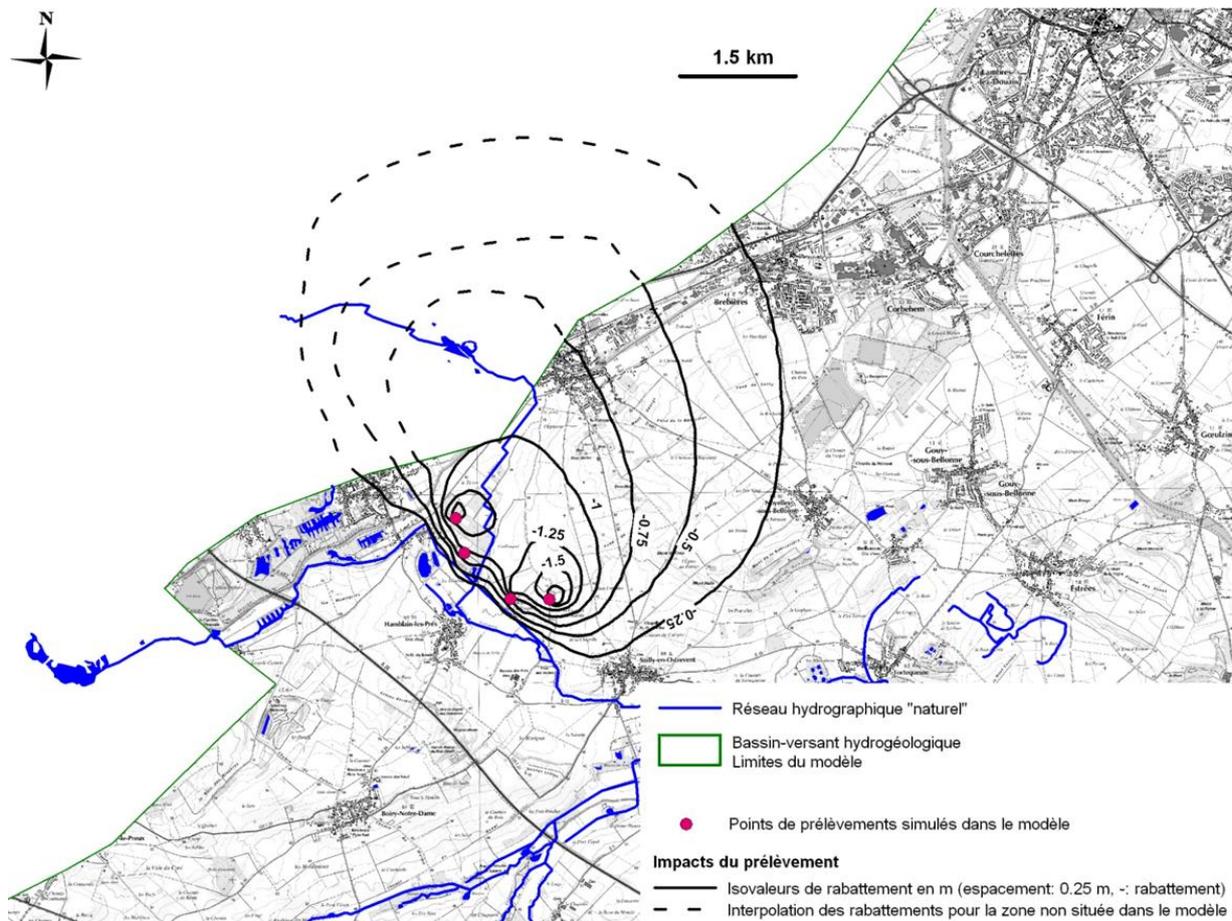


Figure 47. Abaissement des niveaux de nappe pour l'été 2006 en cas de création d'un nouveau champ captant à Hamblain-les-Prés

□ **Conclusion**

L'impact des prélèvements dans la nappe de la craie ne se fait pas sentir de la même manière selon leur situation dans le bassin versant :

- Les prélèvements situés sur les plateaux induisent des impacts piézométriques forts, qui se propagent loin. Ils influencent les prélèvements adjacents et la localisation du début de l'écoulement des cours d'eau intermittents. La baisse de la piézométrie induit une migration vers l'aval de la source des écoulements de surface et un retard dans leur apparition.
- Les prélèvements situés le long de la vallée de la Sensée induisent des impacts piézométriques plus faibles, mais on constate une baisse des débits de nappe vers le réseau hydrographique, voire un drainage de la rivière par la nappe (dépendant de la capacité d'échange du tronçon de rivière voisin avec la nappe de la craie).

Les prélèvements actuels ont un impact sur les débits d'alimentation de la nappe vers les rivières : l'équivalent de 22% des débits d'apport de nappe actuels sont prélevés. Cette baisse est due à la fois aux forages situés sous les plateaux et aux forages proches des rivières.

7 ETAPE 6 : PROPOSITION D' ACTIONS

7.1 TRAVAUX DE RESTAURATION DU MILIEU

Afin d'atteindre les objectifs fixés par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), un ensemble d'actions de restauration du réseau hydrographique est proposé. Elles permettront notamment de répondre aux besoins de réhabilitation des habitats aquatiques, de restauration de la dynamique sédimentaire et d'amélioration des processus d'autoépuration. Il s'agit de répondre aux problèmes observés par des interventions sur le milieu physique du cours d'eau (incluant la végétation des berges et des lits). Hormis des préconisations de suivi et contrôle, les interventions nécessaires sur le domaine de l'assainissement ne font pas l'objet de cette étude.

Les actions sont présentées ci-dessous avec la synthèse des quantités correspondantes :

Enjeu	Domaine	Action	Quantité totale
A- Sécurité des personnes et des biens publics	Gestion des ouvrages et des berges	A1 Reprise de maçonnerie	8 sites, 7.5 m3
		A2 Stabilisation de berge par génie végétal	12 sites, 616 ml
		A3 Coupes sélectives d'arbres instables	302 unités
	Gestion des écoulements	A4.1 Retrait d'encombre de taille moyenne	339 unités
		A4.2 Retrait de gros encombre	9 unités
		A5 Désenvasement d'ouvrages	1 site, 3.5 m3
		A6 Faucardage de la végétation dans le lit mineur	16 sites, 18 435 ml
A7 Nettoyage du lit mineur	23 sites, 6 812 ml		
B- Hydromorphologie des cours d'eau	Gestion du profil du cours d'eau, de l'espace de divagation, de la fonctionnalité des milieux	B1.1 Restauration du lit mineur - épis	9 sites, 141 unités
		B1.2 Restauration du lit mineur - création de microradiers échancrés	4 sites, 23 unités
		B1.3 Restauration du lit mineur - banquettes végétalisées	4 sites, 380 ml
		B1.4 Restauration du lit mineur - adoucissement de berge	4 sites, 600 ml
		B2 Reméandrement	5 sites, 4.3 kml
		B7 Contournement de plan d'eau, création d'un lit mineur	3 sites, 550 ml
	Gestion de la continuité écologique	B3 Mise en place d'une passe à anguilles	1 ouvrage
		B4 Mise en place d'un pré-barrage	2 ouvrages
		B5 Démantèlement d'un seuil	2 ouvrages
		B6 Ouverture de partie busée	3 sites, 550 ml

Enjeu	Domaine	Action	Quantité totale
C- Qualité des eaux	Gestion qualitative (pollutions, colmatage...)	C1.1 Retrait de dépôts sauvages (points noirs)	8 sites, 2.5 j.h
		C1.2 Nettoyage de berge	21 sites, 3 961 ml
		C2 Aménagement de zones d'abreuvement	19 unités
		C3.1 Contrôle des pollutions d'origine domestique (rejets directs ou pollutions diffuses)	10 sites, 3 j.homme
		C3.2 Contrôle des pollutions d'origine industrielle (rejets directs)	2 sites 0.5 j.h
		C4 Mise en place de clôtures	9 sites, 2 570 ml
		C5 Mise en place de bandes enherbées si nécessaire	~7 sites, 8 510 ml
	Gestion quantitative (débits et prélèvements)	C6 Contrôle des pompages et prélèvements	1 site, 0.25 j.h
D- Patrimoine naturel et milieux annexes	Gestion de la ripisylve	D1 Replantation simple	56 sites, 32 235 ml
		D2.1 Débroussaillage ripisylve	21 sites, 20 130 ml
		D2.2 Coupe de rajeunissement ripisylve	8 sites, 6 751 ml
		D2.3 Taille de saule en têtard	320 unités
		D2.4 Elagage ripisylve	32 sites, 22 804 ml
	Gestion des espèces envahissantes ou non adaptées	D3 Coupe des peupliers plantés en berge	19 sites, 615 unités
		D4 Lutte contre la prolifération des rats musqués	4 sites, 4 j.homme

Tableau 4. Récapitulatif des actions de restauration proposées

Le montant total des interventions préconisées s'élève à :

	Priorité		
	1	2	3
Programmes des études antérieures	1 919 050 €HT		
Programme d'actions 2010	2 158 220 €HT	626 317 €HT	83 130 €HT

Tableau 5. Récapitulatif des coûts des programmes d'actions de restauration

Les actions de restauration hydromorphologique permettront une diversification des écoulements et des habitats qui favorisera l'implantation et la reproduction d'espèces de faune et de flore variées, contribuant à la vie des milieux aquatiques.

Parmi celles-ci, **les reméandremets proposés n'ont aucun impact sensible sur la ligne d'eau**, quel que soit le régime hydrologique considéré.

Il est de plus noté que **l'augmentation du débit sur la Sensée aval** aura un intérêt hydromorphologique et écologique important, favorisant une accélération du courant et améliorant ainsi l'auto-curage sur le tronçon concerné.

D'autre par, **l'envasement chronique des cours d'eau et des plans d'eau ne peut être résolu de manière pérenne par le curage.**

En effet, la dynamique spontanée du système hydrographique actuel créé par l'homme est un comblement progressif des dépressions artificielles (lits mineurs surdimensionnés, plans d'eau alimentés directement pas la rivière). **Le curage artificiel** peut remédier à ce problème de façon **temporaire**, mais devra être réalisé à intervalles réguliers. Il n'apporte en outre pas de réelle plus-value écologique au milieu, puisque le colmatage du lit se reproduira dès les premiers dépôts de sédiments, a priori quelques mois après l'intervention.

Le comblement spontané conduirait à long terme à la **restauration d'une vallée marécageuse** qui entraînerait très probablement une **forte amélioration globale de la qualité écologique** : capacité d'auto-épuration par les zones humides, biodiversité...etc. Cette dynamique spontanée pourrait même être accélérée par le remblaiement de certains plans d'eau.

Si cette solution n'est pas acceptable partout du point de vue social et économique, des modifications peuvent être apportées de la façon suivante :

- **déconnexion des plans d'eau du lit mineur des cours d'eau**, que ceux-ci soient en série ou en parallèle de la rivière (action B7),
- **opérations pilote de restauration hydromorphologique** permettant une **accélération du courant et un auto-curage pérenne** (actions B1 et B2). A l'issue d'un bilan à mener après 2 à 4 années, les opérations pilote pourront être expérimentées sur des linéaires plus importants, voire généralisées.

De façon complémentaire, la restauration de zones tampon permettra de limiter les apports de sédiments : bandes enherbées, ripisylve, préservation des zones humides (actions classées en D).

Par ailleurs, **la mise en place de systèmes d'assainissement est primordiale et semble prioritaire comparée aux autres opérations à réaliser**. Les opérations signalées ici seront certes utiles et pérennes pour l'auto-épuration (enjeux B et D) si elles sont correctement mises en œuvre, mais elles ne seront pas suffisantes à une reconquête de la qualité des eaux et des milieux étant donnée l'importance de la pollution physico-chimique.

7.2 ACTIONS D'ORDRE HYDRAULIQUE POUR LIMITER LES INONDATIONS

7.2.1 Actions pour limiter les débordements dans la vallée

Une mauvaise gestion hydraulique en crue peut engendrer des débordements au niveau de points bas des berges de rivières ou de plans d'eau, qui peuvent être dommageables pour les habitations ou habitats de loisir situés en bordure d'étangs.

Une amélioration de la maîtrise des apports hydrauliques et de la gestion des niveaux d'eau est proposée dans le paragraphe 7.5.

Deux aménagements locaux sont étudiés pour décharger des secteurs sensibles :

- Reconquérir la rivière du Moulin pour faire en sorte quelle soit l'exutoire du Courant des Warrennes (et non le fossé du Cordon de la Ville comme actuellement), afin de décharger l'étang d'Arleux,

- Aménager un fossé de délestage pour court-circuiter la Sensée entre le siphon du marais Chantraîne et celui du Pré-Piton.

Il apparaît que l'intérêt hydraulique de ces aménagements n'est pas avéré, puisque les abaissements de ligne d'eau induits en amont ne sont pas suffisants (de l'ordre du millimètre pour le premier, et du centimètre pour le second).

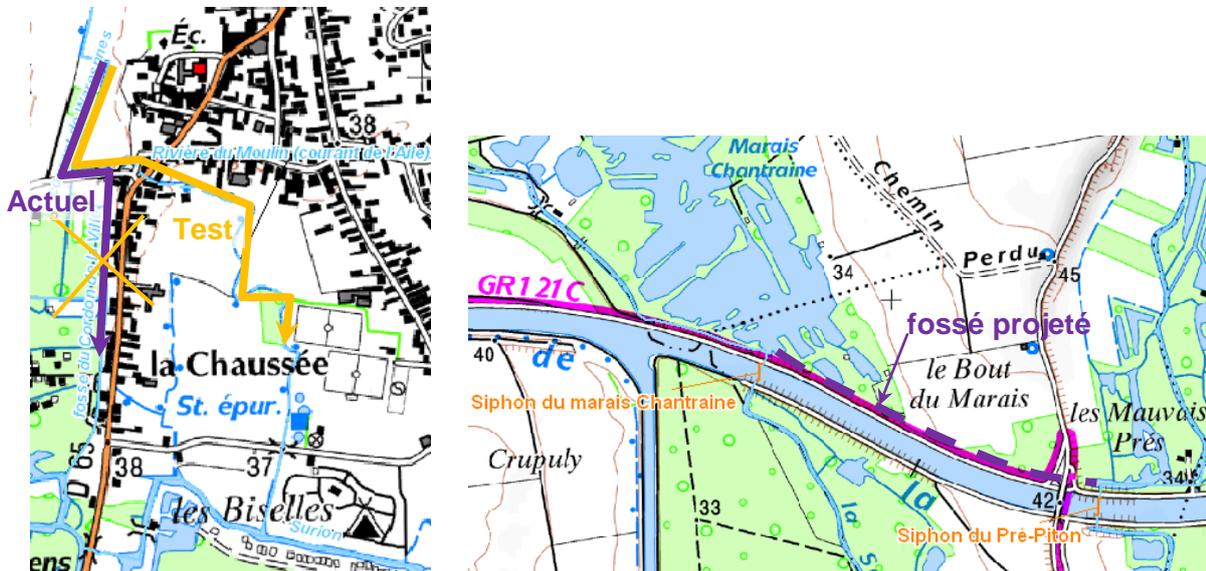


Figure 48. Aménagements hydraulique locaux testés

La reconquête de la rivière du Moulin peut toutefois être envisagée pour optimiser la gestion des flux polluants par exemple. Il conviendra toutefois de vérifier que l'état physique et écologique actuel de la rivière du Moulin est compatible avec un tel aménagement.

L'aménagement du fossé court-circuitant les deux siphons n'est quant à lui pas viable, car les contraintes du projet (franchissement de route, topographie) sont beaucoup trop lourdes face au bénéfice hydraulique apporté.

La gestion des eaux en temps de crue constitue donc la principale action permettant de limiter les inondations par débordement dans la vallée.

7.2.2 Actions pour limiter les ruissellements

Une démarche identique à celle suivie sur le bassin versant de Saint-Léger en phase 1 de l'étude peut être conduite par sous-bassin, sur les autres secteurs où la problématique ruissellement est présente, à savoir :

- Priorité 1 : sous-bassin de St-Léger et de la Sensée ,
- Priorité 2 : le bassin versant du ravin de Bantigny, la tête du bassin de l'Hirondelle et la rive gauche de la Sensée de Boiry-Notre-Dame à Hamel,
- Priorité 3 : la rive droite de l'Agache aval et l'aval de la Sensée aval.

La démarche, qui sera menée à l'occasion d'études spécifiques de ces territoires, pourra être la suivante :

1. Identifier et analyser précisément les mécanismes d'érosion du sous-bassin et leur localisation ;
2. Quantifier les ruissellements par une modélisation hydrologique ;
3. Délimiter un sous-bassin versant pilote sur lequel sont définies des aménagements limitant les ruissellements (fossés transversaux, talus, haies, bassins de retenus secs ou excavés...) et des actions de reconquête du chevelu hydrographique principal.
4. Une fois que le site pilote est aménagé, étendre ces actions à l'ensemble du sous-bassin versant.

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).

De telles actions peuvent être envisagées dans les sous-bassins versant identifiés comme prioritaires (actions à définir dans des études locales spécifiques).

7.3 PROBLEMATIQUES LIEE A LA NAPPE DE LA CRAIE

7.3.1 Les prélèvements en nappe

La modélisation hydrogéologique a mis en évidence :

- la forte dépendance des débits de la Sensée et de ses affluents aux apports de la nappe de la craie,
- les fortes incidences des prélèvements en eaux souterraines sur les débits et les écoulements des cours d'eau du bassin.

Dans la situation écologique dégradée des cours d'eau du bassin de la Sensée, **il paraît vraisemblable que l'incidence des prélèvements sur les débits des cours d'eau participe à la dégradation de la vie biologique des cours d'eau du bassin. Cependant, nous ne sommes pas en mesure de préciser le poids de la baisse des débits due aux prélèvements dans la dégradation de la qualité écologique du réseau hydrographique.**

Préalablement à la détermination de ce poids, il serait nécessaire de déterminer les débits seuils permettant d'atteindre une bonne qualité écologique et de les comparer aux débits réels. Un manque dans les débits serait à attribuer à des prélèvements trop importants, aussi bien en nappe qu'en rivière.

Dans l'attente de cette comparaison, par principe de précaution, **la reconquête de la qualité de la vie aquatique de la Sensée et de ses affluents** passe par :

- la lutte contre les pollutions qui arrivent dans les cours d'eau,
- des travaux de restauration des cours d'eau, intégrant des actions sur leur morphologie,

- la réalimentation de la Sensée aval,
- le maintien des débits des cours d'eau, ce qui signifie la limitation des prélèvements d'eaux souterraines supplémentaires.

Il y a lieu de préconiser aussi une **politique d'économie d'eau sur le territoire du SAGE et sur les territoires adjacents** qui sont alimentés avec de l'eau puisée sur le territoire du SAGE Sensée.

La limitation des prélèvements supplémentaires doit être modulée en fonction des débits demandés et de la localisation des ouvrages. Les gros prélèvements, tels ceux qui sont nécessaires à l'alimentation en eau potable, au voisinage de tronçons de rivières ayant une bonne capacité d'échange avec la nappe seraient préjudiciables au maintien des débits de la Sensée. Les petits prélèvements isolés sous les coteaux auraient peu d'incidence sur les débits des rivières, mais leur cumul induirait des impacts piézométriques pouvant conduire à faire migrer vers l'aval le point d'initiation de l'écoulement du cours d'eau.

Nous recommandons donc d'inscrire dans le SAGE Sensée la limitation des prélèvements supplémentaires d'eaux souterraines dans l'attente de l'établissement des débits seuils biologiques des cours d'eau.

7.3.2 Les remontées de nappe

Les phénomènes de remontée de nappe ne peuvent être contenus. Les oscillations de la nappe de la craie dépendent de sa recharge interannuelle, qui est elle-même tributaire de la pluviométrie moyenne de plusieurs années.

La seule façon de se prémunir de cette problématique est donc de **réduire la vulnérabilité des enjeux présents dans les secteurs sensibles aux remontées de nappe** :

1. Ne pas construire de bâtiment sensible aux inondations dans les secteurs où la nappe affleure (zones délimitées en noir sur la Figure 45) ;
2. Ne pas construire de caves / sous-sols dans les secteurs où la nappe peut remonter jusqu'à 3 m sous le terrain naturel (zones délimitées en marron sur la Figure 45).

7.4 ANALYSE DES POSSIBILITES DE REALIMENTATION DE LA SENSEE AVAL

Le défaut d'alimentation de la partie amont de la Sensée aval, depuis sa déconnection de la Sensée amont, se fait sentir sur la vie aquatique, le transport sédimentaire et la qualité de l'eau notamment. Il s'agit ici d'analyser la faisabilité technique d'une réalimentation en eau de la Sensée aval.

Les conditions hydrauliques nécessaires au bon fonctionnement du milieu naturel de la Sensée aval dépendent de la définition d'un débit minimum biologique, qui ne peut

être déterminé dans le cadre de la présente étude. Une étude spécifique sur le sujet est recommandée.

En l'état des connaissances actuelles, les grandeurs suivantes peuvent être fournies à titre indicatif :

- En période de nappe basse comme ce fut le cas en 2005, **le débit de base de la Sensée amont** peut être évalué à **1,5 m³/s**.
- **Le débit capable actuel du premier bief de la Sensée aval** (jusqu'au marais du Bac) **est de l'ordre de 0,5 m³/s**.
- **En période de nappe haute (type 2001) mais hors période de crue, le débit maximum acceptable par la Sensée aval en l'état actuel est de 0,4 m³/s**.
- **Le Service de la Navigation serait favorable à déverser l'eau du canal de la Sensée pour réalimenter la Sensée aval, à raison de 50 l/s en première approche (en dehors des périodes de forte pénurie d'eau)**. Ce débit défini par le Service de la Navigation en 1999 serait révisable moyennant une argumentation des besoins du milieu.

7.4.1 Impacts hydrauliques de la réalimentation

Dans ces conditions, plusieurs débits de réalimentation de la Sensée aval ont été testés pour en évaluer les impacts à l'aide du modèle hydraulique. Les enseignements sont les suivants :

- **Aucun débit de réalimentation, aussi faible soit-il, n'est acceptable dans la Sensée aval en plus d'une crue forte de type mars 2001, même si la Sensée aval est en partie reprofilée.** Le délestage devra donc pouvoir être arrêté en période de crue.
- Le débit de réalimentation acceptable par une crue de type mars 1995 (importance moyenne) en situation actuelle est de 0,1 m³/s (moyennant la réfection de la berge séparant la Sensée du marais d'Aubigny).
- Le débit de réalimentation acceptable par une crue de type août 2008 (importance faible) en situation actuelle est de 0,4 m³/s (moyennant la réfection de la berge séparant la Sensée du marais d'Aubigny).
- Un débit de réalimentation pouvant aller jusqu'à 0,4 m³/s est acceptable hors crue en période de nappe haute en situation actuelle, moyennant quelques restaurations ponctuelles de berges (en bordure de l'étang d'Aubigny).
- Si la Sensée aval est reprofilée jusqu'au marais du Bac, ce débit maximum acceptable hors crue peut monter au maximum jusqu'à 0,6 m³/s, avec toutefois l'apparition de deux autres secteurs (aval Aubigny et au niveau de la STEP d'Aubigny) où la cote de plein bord est légèrement dépassée localement (bande inondée de 20 et 50 cm de large).
- Le reprofilage de la partie amont de la Sensée aval, dans les conditions testées, implique une très nette amélioration de la situation actuelle jusqu'au pont d'Aubigny, mais son impact est négatif à l'aval (et s'atténue progressivement jusqu'à l'exutoire à Bouchain). Le reprofilage n'induit néanmoins aucun débordement de la Sensée lorsqu'un débit de 0,4 m³/s est injecté.

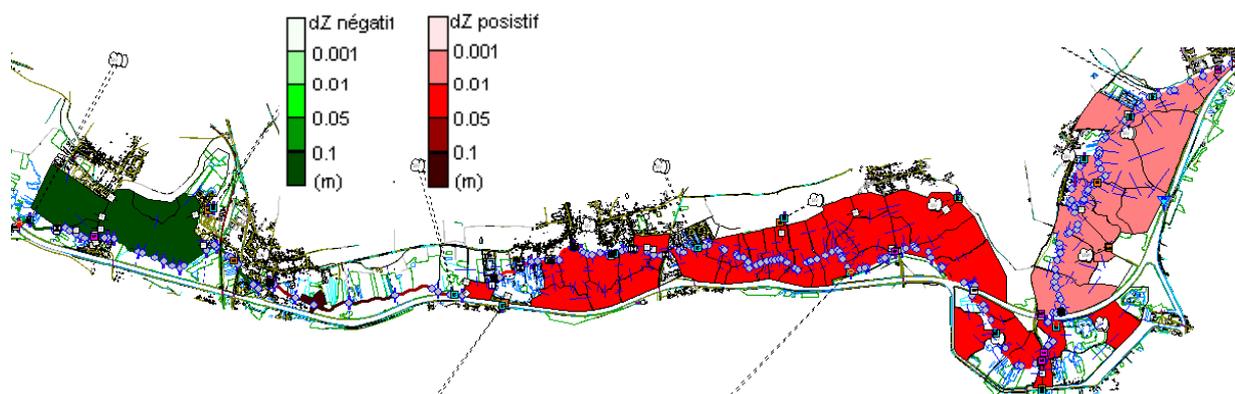


Figure 49. Impact du reprofilage en crue (mars 2001) par rapport à la situation actuelle

La réalimentation profite totalement à la rivière Sensée au bout de quelques semaines de fonctionnement ; le régime permanent (débit constant) ne s'établit dans la rivière qu'une fois que les plans d'eau qui lui sont directement connectés sont au même niveau que celle-ci.

NOTA BENE : Tous les débits indiqués ici sont des débits maximum admissibles de point de vue de la capacité des cours d'eau. Il ne s'agit donc pas du débit de délestage recommandé. Pour un bon fonctionnement du milieu naturel, et pour se constituer une marge de sécurité vis-à-vis des débordements, le débit à délester devra être en-deçà des différentes valeurs maximales avancées ici.

7.4.2 Impacts hydrogéologiques de la réalimentation

La réalimentation de la Sensée aval induira une élévation bénéfique des niveaux de la Sensée au moins jusqu'au marais du Bac (au niveau de la D140), car ce tronçon de rivière subit très peu d'échanges avec la nappe.

Au-delà, les échanges de la nappe vers la rivière sont importants et ne seront pas perturbés par l'élévation des niveaux induite par la réalimentation. Seul le tronçon situé entre Wasnes-au-Bac et Paillencourt réalimente la nappe en raison du pompage de Paillencourt. Cependant, si les débits de pompage ne sont pas augmentés, ces échanges ne devraient pas changer, même avec l'augmentation de débits de la Sensée.

Ainsi, en l'état actuel, le débit de réalimentation de la Sensée aval devrait bénéficier uniquement aux écoulements de surface et à l'état des milieux humides et ne devrait pas être remobilisé par la nappe de la craie.

7.4.3 Définition de la réalimentation

Pour réalimenter la Sensée aval, il est proposé de prélever l'eau dans le canal de la Sensée, à l'aval du siphon d'Oisy-le-Verger.



Figure 50. Localisation du site de délestage des eaux

Un **règlement d'eau** devra être élaboré entre les différents partenaires pour convenir d'une gestion de l'ouvrage de délestage. **Les suggestions ci-dessous ne concernent que les conditions restrictives du délestage liées au risque inondation. Les possibilités de délestage en étiage du canal à Grand Gabarit et les besoins en eau du milieu aquatique ne peuvent être prises en compte à ce stade.**

Deux options s'offrent aux gestionnaires pour définir les débits maximums admissibles dans la Sensée :

- Soit Définir la ou les période(s) de délestage par des dates calendaires

Il s'agit de l'option la plus simple à mettre en œuvre et la moins coûteuse, mais la moins optimisée. Par exemple, deux périodes pourraient être définies :

- une en été (15 mai - 15 septembre), où le débit délesté pourrait être relativement important, puisque les risques de crue sont moindres. Le débit délesté devra être inférieur au débit maximum de $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (acceptable si une crue de type août 2008 survient).
- une en hiver (15 septembre - 15 mai), où aucun débit ne serait délesté en raison des risques de crue.

- Soit Asservir la ou les période(s) de délestage à une mesure hydrologique

Cette option nécessite de rattacher les manœuvres de l'ouvrage de délestage aux mesures prises en un endroit représentatif de la situation hydrologique de la Sensée aval. Cette corrélation peut être faite par intervention humaine ou bien automatisée. Le point de mesure pourra être une station hydrométrique continue (par exemple le Pt04 ou le Pt05 créés pour l'étude). Cette station mesurera donc directement l'impact du délestage.

Le règlement d'eau devra également définir un gestionnaire responsable de la conformité des manœuvres avec le règlement et de l'entretien de l'ouvrage, qui pourrait être le Service de la Navigation par exemple. Comme pour tous les ouvrages mobiles, le suivi de l'ouvrage de délestage nécessitera un régime d'astreinte.

La maîtrise d'ouvrage des travaux pourrait être conjointement assurée par le Service de la Navigation et les collectivités localement compétentes (avec le soutien des politiques volontaristes des Conseils Généraux).

7.4.4 Conception et coût de l'aménagement

L'ouvrage de réalimentation est positionné à une cinquantaine de mètres du siphon d'Oisy, côté rive droite de la Sensée. Les eaux délestées sont acheminées via un chenal d'alimentation débouchant dans la Sensée.

L'ouvrage est composé de deux buses Ø800 en tête desquelles est apposée une vanne murale (côté canal) pour contrôler le débit dérivé. Les buses comme le chenal d'amenée sont dimensionnés pour avoir une capacité de 0,6 m³/s. Même si dans un premier temps le débit de réalimentation est moins important, une marge de progression restera ainsi possible en cas d'adaptation ultérieure du règlement d'eau.

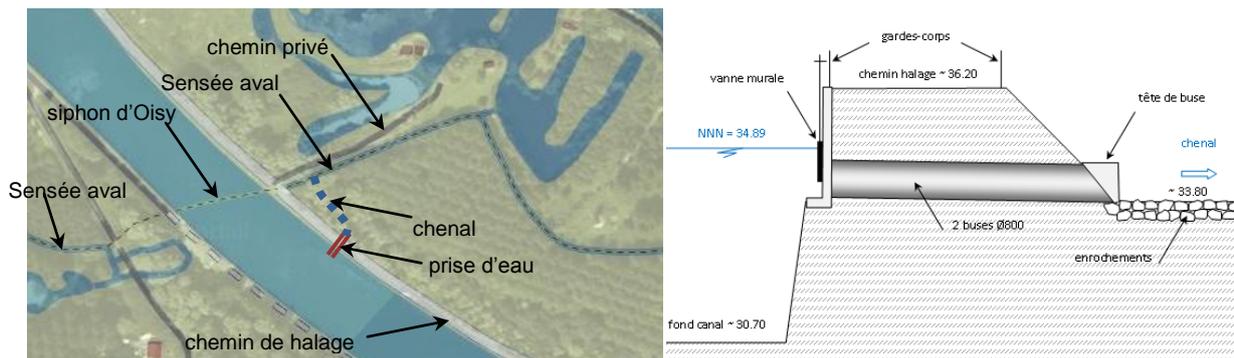


Figure 51. Principe de l'aménagement

Le coût des travaux liés au projet de réalimentation de la Sensée aval s'élève en première approche à 150 000 €HT, hors investigations complémentaires (levés topographiques, étude géotechnique...etc.) et maîtrise d'œuvre des travaux. Il est considéré dans ce chiffrage que les vannes d'alimentation sont manœuvrées manuellement (pas d'automatisme). La réfection de certaines parties des berges et le reprofilage éventuel de la Sensée aval ne sont ici pas comptabilisés.

7.4.5 Option de reprofilage partiel de la Sensée aval

La réalimentation de la Sensée aval a été testée dans la configuration topographique actuelle, puis dans une **situation hypothétique où le lit mineur de la Sensée serait reprofilé entre le siphon d'Oisy et le marais du Bac.**

Ce reprofilage est proposé car une longue contre-pente est actuellement présente sur ce tronçon. Il n'est pas proposé plus en aval afin de limiter le linéaire impacté, car il s'agit d'une intervention lourde pour le milieu. **Le linéaire concerné par le reprofilage est de 5 600 ml.**

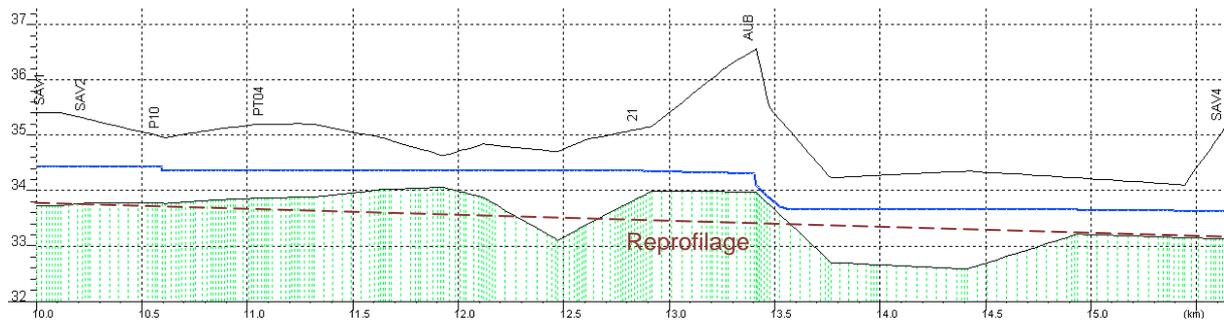


Figure 52. Profil en long de la Sensée aval du siphon d'Oisy au marais du Bac

Le reprofilage testé en première approche dans le présent rapport est homogène sur tout le linéaire traité afin d'appréhender l'ordre de grandeur de l'impact hydraulique d'une telle intervention, mais la réalisation pratique de cet aménagement devra faire l'objet d'études de définition détaillées visant à diversifier les faciès d'écoulement.

Le reprofilage ici testé a été arbitrairement défini selon les critères suivants :

- fond uniformisé selon la pente moyenne actuelle de 0,1 ‰ figurée ci-dessus ;
- largeur au fond du lit de 1 m ;
- fruit des berges de 2,5/1 pour une bonne tenue des berges ;
- cote de berge non modifiée par rapport à la situation actuelle.

L'intérêt du reprofilage jusqu'au marais du Bac est que la capacité de plein bord du lit mineur hors crue peut être augmentée de 0,4 m³/s à 0,6 m³/s, avec toutefois l'apparition de deux autres points critiques (aval Aubigny et au niveau de la STEP d'Aubigny). Un reprofilage n'est pas nécessaire si le débit de réalimentation n'excède pas 0,3 m³/s.

Dans le cas où un reprofilage du lit de la Sensée aval serait réalisé, le retrait des dépôts de sédiments imperméables pourrait peut-être restaurer des relations entre la nappe et la rivière. Dans le cadre des études complémentaires à mener, il faudra alors révéifier l'état des connexions entre la nappe et le cours d'eau dans cette situation modifiée.

De plus, la qualité des sédiments qui se sont déposés dans le lit mineur de la Sensée aval devra être analysée pour déterminer le mode d'extraction des produits du reprofilage et le devenir de ces derniers.

Le coût du reprofilage testé dans les simulations hydrauliques s'élève à 758 000 €HT. Il s'agit d'un ordre de grandeur basé sur un dimensionnement non justifié d'un point de vue biologique. Le coût de travaux est alors de 135 €/ml de cours d'eau. Il est considéré pour cette estimation que les sédiments de la rivière ne sont pas pollués et ne nécessitent pas de mode d'extraction particulier ni de traitement/stockage spécifique après extraction.

7.5 AMELIORATION DE LA GESTION DES NIVEAUX D'EAU

7.5.1 Programme de gestion des eaux pluviales urbaines

Vu l'origine des brusques variations des niveaux d'eau, il est nécessaire de mettre en œuvre un programme de gestion des eaux pluviales urbaines des centre-bourgs jalonnant le cours d'eau. Cette action va par ailleurs dans le bon sens vis-à-vis de la protection du milieu, comme évoqué dans le paragraphe 7.1.

Les communes à investiguer sont :

- Priorité 1 : les communes rejetant leurs eaux pluviales dans les cours d'eau modélisés : sur la Sensée aval (Aubigny, Féchain, Paillencourt, Wavrechain), sur l'Agache (Marquion, Sauchy-Lestrée, Sauchy-Cauchy), sur la Petite Hirondelle (Ecourt-St-Quentin) ;
- Priorité 2 : les autres communes rejetant leurs eaux pluviales dans des cours d'eau, par exemple sur la Sensée amont (Etaing, Sailly-en-Ostrevant, Tortequesne...etc.) ;
- Priorité 3 : les communes rejetant leurs eaux pluviales dans des plans d'eau.

On peut par ailleurs imaginer une mise en commun de la démarche et des moyens, avec un programme de gestion des eaux pluviales établi en cohérence sur l'ensemble des communes riveraines des deux Sensées, ou à l'échelle du SAGE Sensée.

Pour chaque commune concernée, l'élaboration d'un programme de gestion des eaux pluviales urbaines nécessitera une étude spécifique, intitulée Etude de Schéma Directeur de Gestion des Eaux Pluviales. Ces études permettront de définir les actions adaptées aux spécificités locales à entreprendre pour :

- Réduire les apports urbains à la source :
Il s'agit de techniques alternatives de stockage des eaux pluviales à mettre en place pour toute nouvelle construction. On peut citer à titre d'exemple : les noues d'infiltration, les tranchées drainantes, les puits d'infiltration, les citernes individuelles, les structures alvéolaires, les bassins à sec (utilisés hors crue comme terrain de sport, parc, vélodrome...), les chaussées à structure réservoir, les toits stockants...etc.
Les effets de ces actions se feront sentir à long terme, par effet cumulatif.
- Tamponner les apports urbains :
Le tamponnage des apports peut être réalisé dans la partie aval du réseau de collecte des eaux pluviales. Il peut prendre la forme d'un bassin d'orage souterrain ou à l'air libre (mare ou noue par exemple). Lorsqu'ils sont souterrains, ces bassins tampon sont le plus souvent créés sous des ronds points, parkings, rues...etc.
Le débit de fuite du bassin (débits de sortie) est contrôlé et réduit de façon à ce que le bassin se remplisse puis restitue les eaux de pluie progressivement dans le milieu récepteur.

7.5.2 Consignes de manœuvres des ouvrages hydrauliques structurants

Pour compléter le programme de gestion des niveaux d'eau, nous proposons dans un second temps des consignes de manœuvre des trois ouvrages mobiles qui influent sur les niveaux d'eau de la Sensée amont et aval (à Lécluse, au pont des Prussiens et à Bouchain).

L'objectif du plan de gestion des niveaux d'eau est double :

- Définir un niveau de consigne des ouvrages structurants suffisamment bas pour qu'en crue, les débordements soient évités au droit des zones sensibles ;
- Définir un niveau de consigne des ouvrages structurants suffisamment haut pour que la vie aquatique puisse perdurer en étiage, et garantir les usages liés à la rivière (tourisme, pêche, chasse). *Nota : Ces différents usages peuvent parfois avoir des intérêts divergents en termes de gestion des niveaux d'eau.*

Nous proposons les valeurs suivantes :

Ouvrage	Cote de consigne
Barrage de Lécluse	36,00 mNGF69
Seuil du pont des Prussiens	35,65 mNGF69
Barrage de Bouchain	32,45 mNGF69

Tableau 6. Cotes de consignes à maintenir en amont des 3 ouvrages structurants de la vallée

La gestion des trois ouvrages mentionnés pourra faire l'objet d'un **règlement d'eau** élaboré en concertation avec tous les acteurs locaux de l'eau (gestionnaire, propriétaire, institutions, police de l'eau, usagers...etc.). La présente étude constitue une base technique de réflexion pour l'élaboration de ce règlement d'eau. Le cas échéant, ce dernier pourra ensuite être amendé après un temps de mise en œuvre, en fonction du retour d'expérience (par exemple cote de consigne variable en cours d'année).

Afin d'assurer sa bonne mise en œuvre, le règlement d'eau devra désigner **un gestionnaire par ouvrage**, par exemple les syndicats de rivière en présence ayant la compétence entretien du cours d'eau, ou du Service de Navigation.

La réfection des barrages les plus rustiques (Bouchain et Prussiens), et l'automatisation du barrage de Lécluse (non manœuvré actuellement), permettraient de mieux gérer les niveaux d'eau. Même en cas d'automatisation, les gestionnaires ne seraient pas dédouanés d'un entretien régulier et de la vérification du bon fonctionnement des automates (retrait des embâcles par exemple).

Ouvrage	Aménagement	Coût (€HT)	Priorité
Barrage de Lécluse	Automatisation locale du clapet existant	82 000 €HT	3
Seuil du pont des Prussiens	Pose d'une vanne guillotine manuelle sur maçonnerie existante	45 000 €HT	2
Barrage de Bouchain	Pose d'une vanne guillotine manuelle sur maçonnerie existante	45 000 €HT	1

Tableau 7. Actions d'automatisation des trois ouvrages structurants de la vallée

Les problèmes de vandalisme devront être traités afin d'empêcher les manœuvres intempestives (clôtures grillagées fermées à clé isolant l'ouvrage et organes de gestion protégés par des cadenas). Parallèlement, la concertation avec les riverains et usagers de la Sensée et des plans d'eau sera requise afin de bénéficier de leur retour d'expérience et faire évoluer le règlement d'eau si nécessaire, et trouver un consensus entre les usages.

7.6 DEVENIR DU RESEAU DE MESURES

La prolongation des mesures quantitatives entre septembre 2008 et mars 2009 a été motivée par l'absence de phénomène de crue observé sur les trois ans de mesure prévus initialement (sept. 2005 - sept. 2008).

Les très hautes eaux n'ayant pas été observées durant cette période, dans un souci d'approfondissement des connaissances concernant l'hydrologie du cours d'eau et de validation des résultats de la modélisation en crue (notamment sur la Sensée aval), il est proposé de conserver ce réseau de mesures quantitatives, selon différents scénarios décrits ci-après. Il revient au Maître d'ouvrage et ses partenaires de choisir parmi ceux-ci, au regard des données qui peuvent être acquises, des moyens humains à déployer et des coûts (cf. devis Otech en annexe 5 du rapport d'étape 5).

□ Piézomètres

Les mesures à réaliser sur les piézomètres pourraient être réalisées en interne à l'Institution, en diminuant la fréquence des mesures ponctuelles : 1 mesure par mois.

Les 10 piézomètres seraient conservés, sauf le PZ5 si le SIDEN/SIAN poursuit ses mesures au droit de Brunémont et Aubigny. Le capteur en continu (au pas de temps de 1 jour) serait alors déplacé au PZ10.

□ Stations hydrométriques

Les jaugeages, qui étaient systématiques, ne seraient réalisés qu'en période de hautes eaux au droit des stations conservées.

En option : la possibilité que l'Institution demande au prestataire la réalisation de courbes de tarage et de mesures de hauteurs d'eau sur l'ensemble des stations un autre jour que le jour de passage habituel (en cas d'événement pluvieux important par exemple), selon une procédure à déterminer au préalable (d'après hauteur mesurée à la station DIREN d'Etang par exemple).

Les mesures de hauteurs d'eau hebdomadaire pourraient être réalisées par un prestataire sur les 11 stations actuelles, ou bien en supprimant les stations Pt4 (amont de la Sensée aval), Pt9 (fossé de Paillencourt) et/ou Pt11 (Navillé Tortue).

Pour mémoire, une des solutions préconisées dans le cadre de la réalimentation de la Sensée aval est d'asservir l'ouvrage de délestage à une station de mesure hydrométrique.

Dans cette optique, la station Pt04 ou Pt05 sur la Sensée aval doit impérativement être conservée et suivie assidument.

Les différentes hypothèses développées ci-dessus peuvent également être ventilées selon deux cas de figure :

- soit les mesures sont faites toute l'année,
- soit les mesures ne sont réalisées que pendant l'hiver, d'octobre à mars inclus (6 mois de l'année).