

Projet de Canal Seine-Nord Europe Modélisation hydrodynamique de la nappe de la craie, de la vallée de la Somme à la vallée de la Sensée

Synthèse

Juin 2015

A80139/A



VOIES NAVIGABLES DE FRANCE

Direction des Liaisons Européennes et de l'Innovation
175, rue Ludovic Boutleux - BP 30820
62 408 BETHUNE Cedex

Implantation de Lille

Pôle Eau

Synergie Park - 5 avenue Louis Néel – 59260 LEZENNES

Tél. : 03.20.43.25.55

Fax. : 03.20.05.54.87

Sommaire

	Pages
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA PRESENTE ETUDE	1
1.1. CONTEXTE GENERAL.....	1
1.2. OBJECTIFS FIXES	2
2. L'ENVIRONNEMENT GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU PROJET	5
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE	5
2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE DU SECTEUR ETUDIE.....	7
2.2.1. Description des masses d'eau concernées.....	7
2.2.2. Caractéristiques quantitatives des masses d'eau souterraines.....	8
2.2.2.1. Ecoulement et comportement de la nappe de la craie.....	8
2.2.2.2. Fonctionnement hydraulique du réservoir crayeux- paramètres hydrodynamiques.....	12
2.2.3. Caractéristiques qualitatives des eaux souterraines	13
2.2.3.1. Objectifs de qualité des eaux souterraines	13
2.2.3.2. Synthèse qualitative	14
2.2.4. Usages des eaux souterraines	15
2.2.4.1. Usage en eau potable.....	16
2.2.4.2. Usage industriel.....	17
2.2.4.3. Usage agricole	17
3. IMPACTS HYDROGEOLOGIQUES DU PROJET	19
3.1. DEMARCHE PROPOSEE.....	19
3.1.1. Le projet reconfiguré (rappel).....	19
3.1.2. Méthodologie mise en œuvre	20
3.2. IMPACTS SUR LES EAUX SOUTERRAINES	23
3.2.1. Choix d'un état initial de référence.....	23
3.2.1.1. Bilan des débits	23
3.2.1.2. Piézométrie résultante	25
3.2.2. Simulations prévisionnelles.....	28
3.3. PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS	31
3.3.1. Restauration de la Tortille. Choix du tracé.....	31
3.3.2. Remblaiement ou non du canal du Nord	34
3.3.3. Impact du scénario retenu sur les niveaux piézométriques	34
3.3.4. Incidences du projet sur les captages destinés à l'alimentation en eau potable	36
3.3.4.1. Dans le secteur du bief de partage.....	36
3.3.4.2. Dans l'environnement de la vallée de la Sensée	38
4. MESURES PRECONISEES	43
4.1. AU NIVEAU DU BIEF DE PARTAGE.....	43
4.1.1. Surverse en sortie de tunnel	43
4.1.2. Surverse en sortie de tunnel avec réinfiltration	44
4.2. AU NIVEAU DE LA VALLEE DE LA SENSEE.....	48
4.2.1. Forages situés au Nord du Canal de la Sensée.....	48
4.2.2. Forage d'Oisy-le-Verger	50

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Typologie et objectifs des masses d'eau souterraine	8
Tableau 2 : Réseau piézométrique ADES	9
Tableau 3 : Valorisation des données piézométriques existantes.....	10
Tableau 4 : Forages destinés à l'alimentation en eau potable des collectivités.....	13
Tableau 5 : Arrêté sécheresse. Seuils de référence	16
Tableau 6 : Hypothèses retenues pour les simulations	29
Tableau 7 : Scénarios retenus pour la modélisation hydrogéologique	30
Tableau 8 : Bief de partage. Caractéristiques de certains forages.....	37
Tableau 9 : Forages destinés à l'alimentation en eau potable situés au nord du Canal de la Sensée.....	39
Tableau 10 : Forage d'HAVRINCOURT. Caractéristiques simulées.....	46
Tableau 11 : Puits d'HERMIES et de TRESCAUX. Incidence des mesures proposées	46

Liste des figures

Figure 1 : Partie nord du tracé du CSNE : Formations recoupées.....	6
Figure 2 : Bief de partage. Evolutions piézométriques observées.....	11
Figure 3 : Extension de la zone modélisée	22
Figure 4 : Scénario de référence. Comparatif des bilans élaborés	24
Figure 5 : Scénario de référence. Comportement du canal du Nord.....	24
Figure 6 : Zone modélisée. Amplitude des fluctuations piézométriques	27
Figure 7 : Tortille restaurée. Comparaison des différents scénarios	32
Figure 8 : Profil en long le long du canal du Nord. Comparaison des différents scénarios	33
Figure 9 : Scénario Sc2c-v2. Impact sur la nappe de la craie en basses eaux (1974).....	35
Figure 10 : Vallée de la Sensée. Reconstitution de séries piézométriques sur la base des prélèvements 2009	41
Figure 11 : Bief de partage. Présence d'une surverse dans le canal du Nord à la cote + 83,5 m.....	43
Figure 12 : Forage d'HAVRINCOURT. Calage réalisé sur le piézomètre 00367X0026.....	45
Figure 13 : Forage d'HAVRINCOURT. Simulation d'une chronique piézométrique selon différents scénarios	45
Figure 14 : Zone modélisée. Surverse dans le canal du Nord à la cote + 83,5 m, avec réinfiltration du débit sortant.....	47
Figure 15 : Forages au nord du Canal de la Sensée. Comparaison des évolutions piézométriques, avec et sans projet	49
Figure 16 : Forage d'OISY-LE-VERGER. Incidence du projet à proximité	50
Figure 17 : Future écluse d'Oisy-le-Verger. Reconstitution du cycle climatique 1970-2014. Incidence du projet au niveau de cette écluse	51

1. Contexte et objectifs de la présente étude

1.1. Contexte général

Sources :
*Enquête préalable à la déclaration d'Utilité publique. Présentation du projet soumis à l'enquête publique (2006),
Dossier d'enquête publique CSNE.*
*Mission de reconfiguration du Canal Seine Nord Europe. Un projet pour la relance de la croissance,
Rapport au Ministre délégué chargé des Transports, de la Mer et de la Pêche (2013).*
*Rapport d'activité de l'Observatoire de l'Environnement du Canal Seine-Nord-Europe.
Bilan intermédiaire (2013).*

Le *Canal Seine-Nord Europe (CSNE)* projeté, long de 107 kilomètres, traverse les départements de l'Oise (sur 34 km), de la Somme (sur 46 km) ainsi que les départements du Nord et du Pas-de-Calais (sur 27 km).

Cet aménagement consiste à créer, au moyen de barrages et d'écluses, des plans d'eau artificiels horizontaux, de grande longueur, dans des secteurs géologiques bien définis. Cette disposition se répète de bief en bief en une succession de "*marches d'escaliers*" qui, à partir du bief de partage (de MOISLAINS à MARQUION), descendent vers la Somme, puis vers l'Oise côté bassin de Paris et vers la Sensée, côté Nord Pas-de-Calais.

Ce projet a vocation à remplacer à terme le **Canal du Nord** dont le gabarit est un frein majeur au développement de la voie d'eau, la consommation hydraulique du Canal du Nord étant par ailleurs importante.

En l'absence de mesures clairement définies, la création de tels plans d'eau à des niveaux différents de ceux des nappes aura pour conséquence de modifier les conditions d'équilibre du ou des systèmes hydrauliques existant et de perturber leur comportement.

C'est pourquoi dès le stade de l'avant projet (APS), d'importantes mesures visant à *limiter les impacts* sur le milieu naturel ont été intégrées dans les grandes lignes de l'aménagement projeté, le CSNE étant conçu pour garantir une gestion *économique* des ressources en eau.

Dans l'étude d'impact réalisée, **VOIES NAVIGABLES DE FRANCE (VNF)** s'est engagé à mettre en place un *Observatoire de l'environnement* afin de suivre les principaux effets sur l'environnement avant, pendant et après la construction de ce canal. La Commission d'enquête a particulièrement insisté sur l'importance de la mise en place d'une telle structure.

La *reconfiguration* de ce projet, conduite par **VNF**, a pour objectif de revoir les caractéristiques du CSNE pour en réduire le coût sans en changer les objectifs fondamentaux.

Parmi les modifications envisagées figure la *réutilisation partielle* du tracé du canal du Nord¹. Rappelons que ce canal, s'étendant entre ARLEUX (Nord) et PONT-L'ÉVEQUE (Oise), comporte 19 écluses et deux souterrains fluviaux, le plus important étant celui de RUYAULCOURT.

Ce canal, tout comme le CSNE, est en relation directe avec le bief de partage du Canal de la Sensée (entre l'écluse de GOEULZIN et celle de Pont Malin, au sud de BOUCHAIN), séparant les bassins de la Scarpe et de l'Escaut.

Les changements envisagés au niveau du CSNE portent sur des *adaptations de son tracé*, avec des *niveaux de navigation associés* (essentiellement entre ALLAINES et HAVRINCOURT, ancien bief n°5).

1.2. Objectifs fixés

Sources :
Décret du 11 septembre 2008 déclarant d'utilité publique et urgents les travaux nécessaires à la réalisation du canal à grand gabarit Seine-Nord Europe et de ses aménagements connexes. www.legifrance.gouv.fr.
Avant-projet sommaire modificatif. Dossier technique – Tome n°2, chapitre 6 et annexes (2014).
Groupement Systra-Edf-Artelia-Arep-Sector.

Ces adaptations génèrent des modifications suffisamment importantes *sur le plan hydraulique*. C'est pourquoi il est demandé d'évaluer l'impact de ces modifications, notamment au niveau du bief de partage, non seulement sur *le schéma d'alimentation en eau du CSNE*, mais aussi d'une manière plus globale au niveau de la gestion hydraulique du *canal du Nord et du Canal de la Sensée*.

Actuellement, sont déclarés d'Utilité Publique les travaux nécessaires à la réalisation du Canal à grand gabarit Seine-Nord Europe entre les communes de COMPIEGNE et AUBENCHEUL-AU-BAC et de ses aménagements connexes, notamment les réservoirs de Louette et Tarteron, et les plates-formes d'activités du Noyonnais, de NESLE, de PERONNE - Haute-Picardie et de CAMBRAI-MARQUION (cf. décret du 11 septembre 2008).

¹ La construction de ce canal a débuté vers 1907, partiellement achevée en 1914. Il a été complètement détruit lors de la première guerre mondiale. Les travaux n'ont repris qu'après la seconde guerre mondiale pour s'achever en 1965.

La reconfiguration du projet porte essentiellement sur le bief de partage (entre les pk 71 à 89), d'ALLAINES à HAVRINCOURT. Celle-ci conduit également à ne conserver que la retenue Louette destiné à garantir le bon fonctionnement du CSNE en cas d'étiage prononcé de l'Oise, nécessitant une adaptation de sa capacité de stockage.

Le présent document dresse la synthèse de l'étude relative à la *modélisation hydrodynamique* en trois dimensions de la nappe de la craie, de la vallée de la Somme à la vallée de la Sensée.

2. L'environnement géologique et hydrogéologique du projet

2.1. Contexte géologique

Sources :

Carte géologique de la France au 1/50 000. Notice explicative, feuilles Arras, Douai, Valenciennes (1968, 1966, 1967) Bapaume, Cambrai, Le Cateau, Albert, Péronne, Bohain-en-Vermandois (1977, 1968, 1967, 1976, 1978, 1972), Publications Brgm.

Carte géologique harmonisée de la région Nord Pas de Calais (2010), Rapport Brgm/RP-53484-FR.

Étude hydrogéologique de synthèse dans le cadre du projet de Canal Seine-Nord Europe. Synthèse de l'état des connaissances des aquifères et des nappes d'eau souterraine.

Caractérisation des aquifères et des nappes d'eau souterraine (2013), Rapport Antea Group A68563/A.

L'extension du secteur étudié s'étend de la Sensée (coté Nord-Ouest) à l'Escaut (coté Est), et de la vallée de la Somme (et de son affluent la Cologne) au Sud jusqu'au Nord, dans le secteur de DOUAI.

Les dépôts crayeux forment ici une masse homogène présentant dans le secteur étudié une épaisseur de 40 m jusqu'aux marnes turoniennes. Ces dépôts sont essentiellement constitués de *craies blanches à silex* du Sénonien (C4). Cette roche, friable à l'affleurement, mais souvent compacte en profondeur, s'enrichit fréquemment en silex à sa base.

Le toit du Turonien moyen est ici aux alentours de la cote **+ 70 m** (coupes géologiques consultables sous InfoTerre).

Le passage du Sénonien (C4) au Turonien supérieur (C3d) s'effectue souvent par un niveau constitué de craie consolidée². Le creusement du tunnel de RUYAULCOURT a permis de confirmer la présence de ces niveaux indurés (désignés sous la terminologie de tun).

Ce tunnel, emprunté par le canal du Nord, est principalement creusé dans les formations crayeuses du Turonien supérieur. La base de cette assise est visible sur les versants de la vallée de la Tortille qu'emprunte ce canal. Elle se présente sous la forme d'une craie grisâtre, avec présence de grains de glauconie et de phosphate de chaux.

Ces formations à dominante crayeuse reposent sur un soubassement marneux (Turonien moyen C3c et inférieur C3b), reconnu en de nombreux endroits par forages, lesquels ont permis de dresser les courbes isohypses du toit du Turonien moyen présentées sur les cartes géologiques de CAMBRAI et de PERONNE.

² cf. description présentée dans la notice de la feuille géologique de Péronne, détaillant le passage craie sénonienne sur craie turonienne observé à la sortie sud du Canal du Nord (ETRICOURT-MANANCOURT) et dans l'ancienne carrière de MOISLAINS.

Plus au nord, des formations tertiaires peuvent être observées à l'état résiduel au niveau des principales buttes ici présentes (secteur de BOURLON FONTAINE-NOTRE-DAME, SAILLY-LEZ-CAMBRAI, SAUCHY-LESTREE, OISY-LE-VERGER). Elles se composent d'un horizon sableux limité par deux épisodes argileux : l'Argile de Louvil à sa base et l'Argile d'Orchies au sommet.

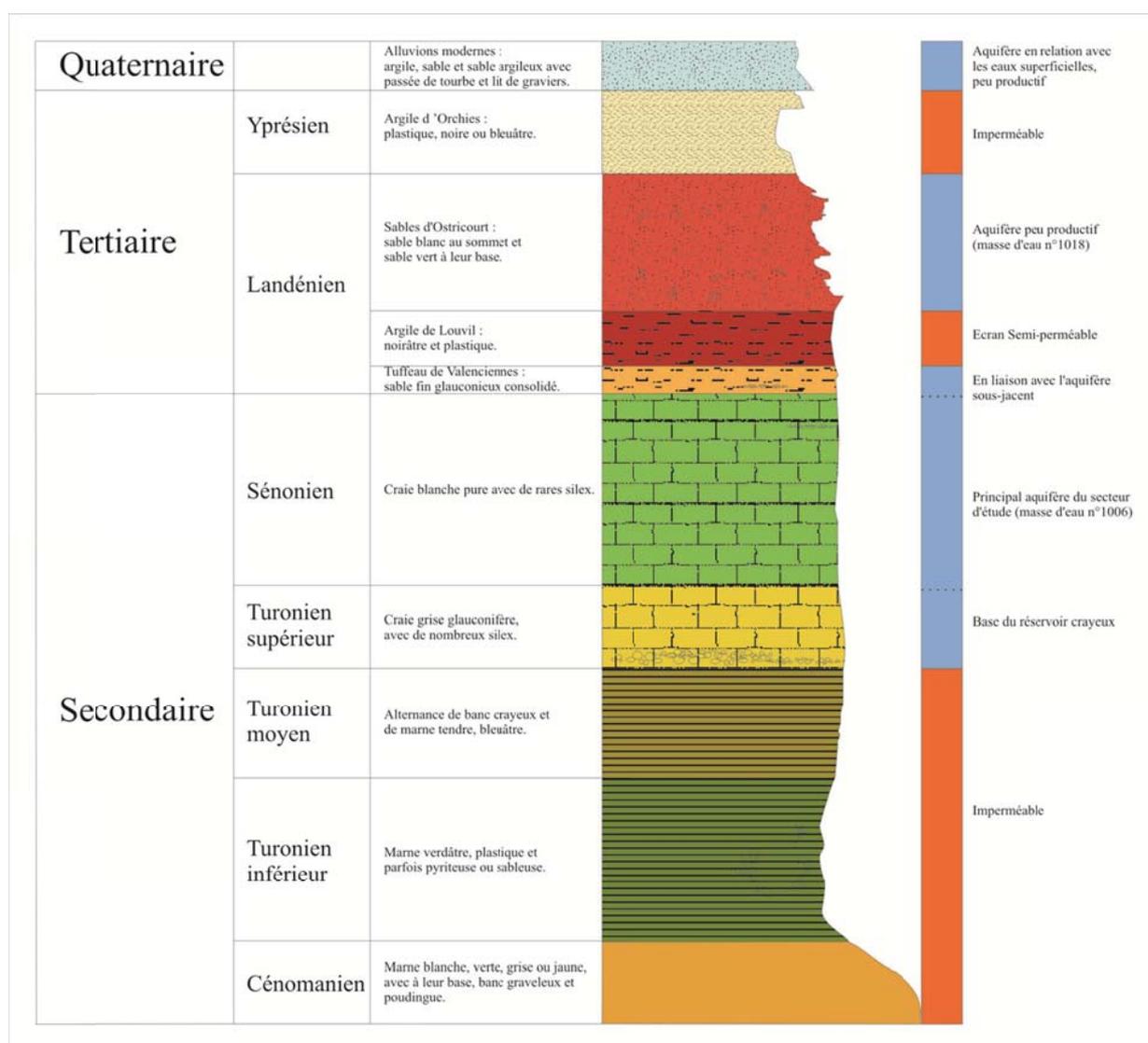


Figure 1 : Partie nord du tracé du CSNE : Formations recoupées
(source : Rapport Antea, 2013)

2.2. Contexte hydrogéologique du secteur étudié

2.2.1. Description des masses d'eau concernées

Sources :
SDAGE 2010-2015. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des eaux Bassin Artois-Picardie (2009),
www.artois-picardie.eaufrance.fr.
SDAGE 2016-2021. Projets de SDAGE et Programme de mesures (2014), www.artois-picardie.eaufrance.fr.
Portail ADES : Accès aux Données sur les Eaux Souterraines. www.ades.eaufrance.fr.

Au droit du bief de partage, la craie du Crétacé supérieur constitue le soubassement du projet, sauf au Nord de la zone où affleurent localement des sédiments tertiaires, souvent sous forme de lambeaux. L'ensemble est recouvert par des limons éoliens qui forment une protection plus ou moins importante.

La succession lithologique des terrains (cf. Figure 1) permet de différencier plusieurs réservoirs aquifères, séparés ou non par des couches de perméabilité moindre :

- les *formations tertiaires* se rencontrent à l'extrémité Nord du projet, la série tertiaire comprend l'Argile de Louvil, puis les Sables d'Ostricourt (AG018³). Ces formations forment essentiellement des placages isolés au Nord de la Somme et sur des buttes dans le Santerre, avant de se différencier plus nettement au Nord (buttes de BOURLON, d'OISY-LE-VERGER...).
- la *Craie du Séno-turonien*, présente sur toute la longueur du tracé reconfiguré, représentée localement par la Craie de la vallée de la Somme amont (AG013), du pk 30 jusqu'au pk 82, et enfin par la Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée (AG006), de ce dernier pk jusqu'au Canal de la Sensée (pk 107 - Commune d'AUBENCHEUL-LE-BAC).

Latéralement, ces masses d'eau sont en continuité hydraulique à l'est avec la Craie du Cambrésis (AG010) et à l'ouest avec la Craie de la moyenne vallée de la Somme (AG012).

Des limons, d'origine éolienne, recouvrent les plateaux crayeux de manière quasi continue. Au Nord de la Somme, les dépôts limoneux sont plus irréguliers, souvent moins épais, voire absents sur les versants orientés vers le Sud, alors qu'ils sont très épais sur les versants orientés vers le Nord et sur les pentes douces descendant vers la vallée de la Sensée.

³ Les masses d'eau sont délimitées et classées selon des typologies nationales. Les règles d'évaluation de l'état des masses d'eau ont été définies dans l'arrêté du 17 décembre 2008 pour les eaux souterraines et dans l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié pour les eaux de surface.

La nappe de la craie (dans le secteur proche du CSNE, *masse d'eau AG006* - Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée -, prolongée au sud par la *masse d'eau AG013* - Craie de la vallée de la Somme amont) constitue le principal aquifère du secteur étudié.

Les suivis piézométriques ne montrent aucun signe de surexploitation de l'aquifère crayeux. L'objectif fixé par la DCE en termes de quantité ne pose donc aucun problème (cf. Tableau 1 : Typologie et objectifs des masses d'eau souterraine).

Nom de la masse d'eau		Superficie (en km ²)		Objectif DCE	
		A l'affleurement	Sous couverture	Bon État quantitatif	Bon État qualitatif
Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	AG006	1489	482	2015	2027
Craie du Cambrésis	AG010	1201	0	2015	2027
Craie de la moyenne vallée de la Somme	AG012	3075	0	2015	2027
Craie de la vallée de la Somme amont	AG013	1463	0	2015	2027

Tableau 1 : Typologie et objectifs des masses d'eau souterraine
(source : SDAGE 2010-2015)

2.2.2. Caractéristiques quantitatives des masses d'eau souterraines

2.2.2.1. Ecoulement et comportement de la nappe de la craie

Sources :
Bassin Artois-Picardie. Nappe de la craie. Carte piézométrique « hautes eaux » 2001 (2001), Rapport Brgm/RP-51149-FR.
Modèle hydrodynamique de la nappe de la craie le long du Canal Seine-Nord Europe de la vallée de la Somme à la vallée de la Sensée. Phase 1 : Construction du modèle (2014), Rapport Antea group A77525/A.

Entre ses lieux de réception et ses exutoires, l'eau souterraine se déplace mue par la pesanteur. C'est-à-dire qu'elle coule des lieux les plus hauts vers les issues les plus basses du réservoir (dans le secteur étudié, vers la Sensée au Nord, et vers la Somme au Sud). La masse d'eau mouvante qu'est la nappe de la craie a donc une surface en pente que révèlent les niveaux d'eau mesurés au droit des ouvrages captant cet aquifère.

Les différentes cartes piézométriques levées soulignent la présence d'un dôme piézométrique séparant deux masses d'eau souterraine contigües et de même nature, mais s'écoulant vers deux bassins versants différents (haut bassin de la Somme et bassin Scarpe-Escaut).

La ligne de crête séparant ces derniers est située non loin de la limite Nord Pas-de-Calais / Somme, à hauteur des communes de FLERS - ROCQUIGNY - EQUANCOURT – EPEPHY. En situation de hautes eaux (2001), la cote piézométrique mesurée s'établit au droit de la commune d'YTRES aux alentours de + 85 mètres (+ 85,07 m au piézomètre inventorié sous l'indice 00366X0020 à YTRES).

Plus au nord, l'écoulement de la nappe se fait vers le Nord Nord-Est selon un gradient hydraulique assez constant, de l'ordre de 2,4 ‰. Cette direction est globalement celle du CSNE.

Les informations concernant les points de surveillance ainsi que l'ensemble des données collectées sont disponibles sur la base Internet ADES⁴. Les historiques piézométriques existants du réseau patrimonial (ouvrages situés dans le proche environnement du canal) sont rassemblés dans le Tableau 2.

Indice national	Département	Commune	Début des observations	Amplitude (m)	Masse d'eau
00271X0002/P2	62	OPPY	31/12/1956	17,70	AG006
00274X0292/Pz1	59	AUBERCHICOURT	01/01/1999	5,07	AG006
00275X0005/P1	62	GUEMAPPE	24/02/1965	5,00	AG006
00276X0030/F1	62	BELLONNE	16/10/1961	10,32	AG006
00276X0057/PZSP1	62	DURY	20/07/1976	4,82	AG006
00281X0004/F1	59	ABSCON	11/08/1956	10,90	AG006
00286X0037/F1	59	LIEU-SAINT-AMAND	14/01/1965	2,26	AG010
00362X0012/P1	62	QUEANT	30/09/1963	5,73	AG006
00363X0006/S1	62	BOURLON	01/01/1997	9,04	AG006
00365X0003/P1	62	BARASTRE	01/02/1961	12,40	AG006
00366X0020/P1	62	YTRES	20/02/1961	4,06	AG010
00367X0006/P1	62	METZ-EN-COUTURE	04/01/1965	7,21	AG010
00367X0026/P1	62	HAVRINCOURT	05/12/1960	5,00	AG006
00368X0045/P1	59	MARCOING	01/10/1963	4,05	AG010
00481X0001/F	80	SAILLY-SAILLISEL	01/01/1997	7,74	AG012
00482X0063/S1	80	NURLU	18/11/1964	4,63	AG013

Tableau 2 : Réseau piézométrique ADES

⁴ ADES est la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines. Celle-ci rassemble sur un site internet public www.ades.eaufrance.fr les données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines, avec pour objectif de constituer un outil de collecte et de conservation de ces données.

Comme le montre le graphique présenté sur la Figure 2, les variations observées diffèrent pour une même nappe (ici, la nappe de la craie) selon les lieux : plus amples loin des exutoires (piézomètres de BARASTRE et de METZ-EN-COUTURE), faibles à leur proximité (piézomètre d'YTRES), le Canal du Nord devant être considéré dans le secteur du tunnel de RUYAULCOURT comme un exutoire de la nappe.

Les fluctuations des niveaux de la nappe sont la résultante des différents apports et exhaures représentés pour l'essentiel par les précipitations et les pompages. Au droit du bief de partage, ce sont les pluies qui assurent la recharge de la nappe, soit directement à partir des précipitations (sans oublier d'éventuelles infiltrations provenant du Canal du Nord), soit indirectement en influençant le débit drainé par ce canal.

La ressource reflète, avec un décalage dans le temps et un certain amortissement, la variabilité des apports à la nappe. Les évolutions piézométriques ici présentés illustrent le *comportement* de l'aquifère crayeux, liées à sa plus ou moins *grande inertie*.

Les périodes d'étiage s'observent généralement en décembre-janvier de chaque année. L'amplitude des fluctuations interannuelles peut varier du simple au double. Ces données (cf. Tableau 3), représentatives d'une période de référence importante (40 à 50 ans), sont complétées par des piézomètres VNF observées depuis plusieurs années.

Indice national	Cotes piézométriques en NGF (m) pour différentes fréquences								
	20 ans sec	10 ans sec	5 ans sec	2 ans sec	Médiane	2 ans humide	5 ans humide	10 ans humide	20 ans humide
00365X0003/P1 Barastre	92,52	92,85	94,01	95,21	95,47	96,1	98,28	99,49	100,3
00366X0020/P1 Ytres	81,35	81,37	81,59	81,91	82,32	82,54	82,92	83,22	83,29
00367X0006/P1 Metz en Couture	85,73	85,83	86,09	86,43	86,91	87,23	87,56	87,93	88,49

Tableau 3 : Valorisation des données piézométriques existantes
 (source : ADES)

Ce réseau est évolutif dans la mesure où la finalité des premiers équipements (reconnaissance géologique et géotechnique) ont conduit à retenir préférentiellement des implantations proche de l'emprise du canal, voire même dans l'emprise des travaux projetés. A l'opposé, les derniers travaux engagés (en 2013) et ceux dès à présent programmés tiennent compte du souhait d'intégrer ces derniers dans un *réseau de contrôle pérenne*, les piézomètres associés au tracé étant décalés par rapport à l'axe du projet.

Si l'on se réfère à la dernière campagne piézométrique (décembre 2014) entreprise pour VNF, *163 piézomètres* présentent un niveau d'eau à cette date.

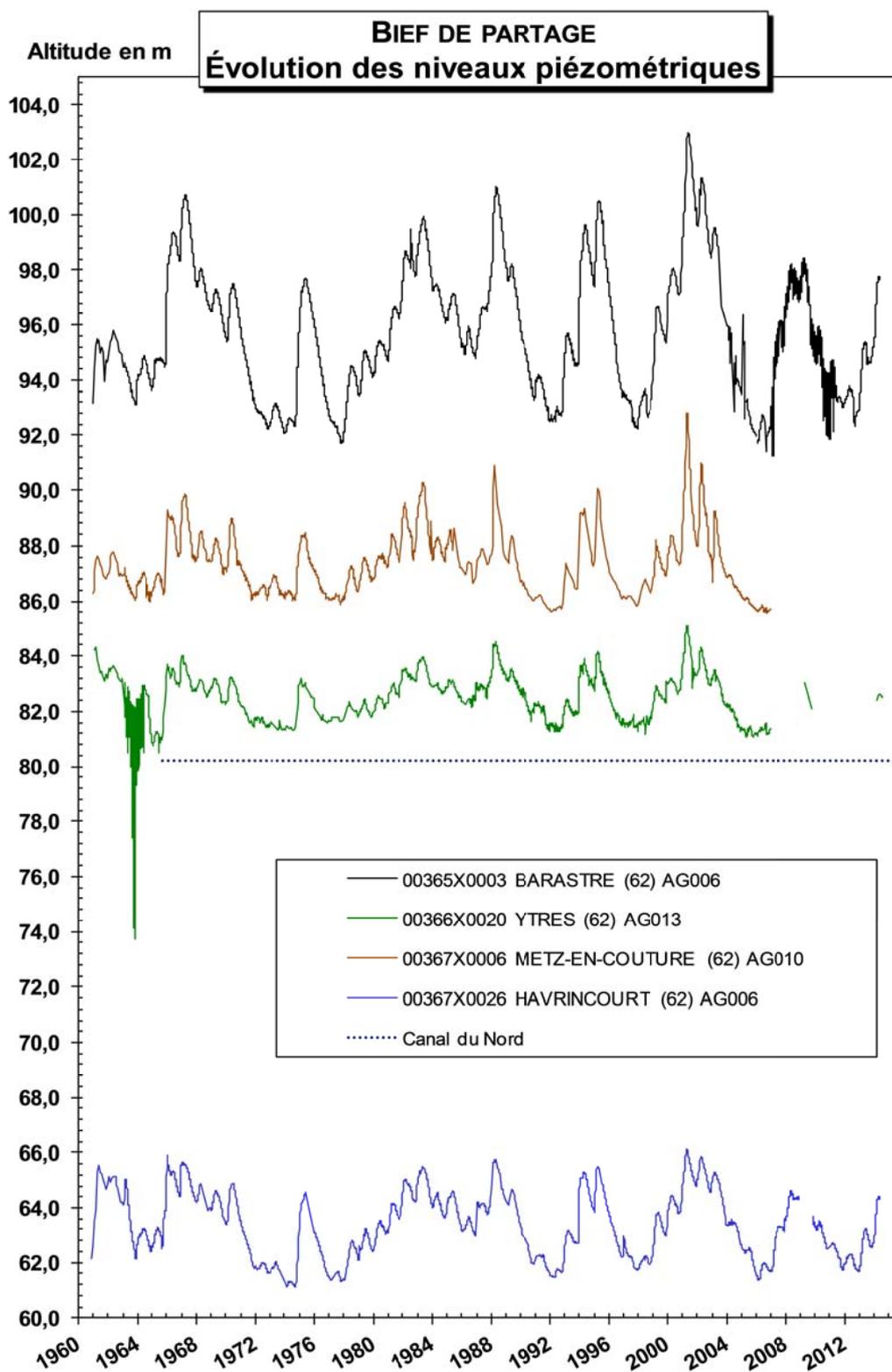


Figure 2 : Bief de partage. Evolutions piézométriques observées

2.2.2.2. *Fonctionnement hydraulique du réservoir crayeux- paramètres hydrodynamiques*

Source :
Modèle hydrodynamique de la nappe de la craie le long du Canal Seine-Nord Europe de la vallée de la Somme à la vallée de la Sensée. Phase 2 : Calage du modèle en régime permanent et en régime transitoire (2015), Rapport Antea group A78395/A.

Un tel aquifère est crédité de temps à autre, mais débité quotidiennement : l'alimentation est discontinue et irrégulière (essentiellement durant les mois d'hiver) alors que les débits pompés et ceux s'écoulant vers l'aval sont continus, voire constants.

Dans le secteur voisinant le bief de partage et si l'on fait abstraction des prélèvements induits par le drainage de la nappe dans le secteur du tunnel de RUYAULCOURT et de la Tortille, les prélèvements inventoriés représentent moins de 18 millions de m³ (entre la vallée de la Somme et la vallée de la Sensée).

La nappe de la craie est à la fois un réservoir et un conducteur d'eau. Sa capacité de stockage dépend de son volume et de sa porosité efficace, tandis que son aptitude à transmettre un flux d'eau (ou transmissivité) dépend de son épaisseur et de sa perméabilité.

Du côté du bassin versant de la Somme, les perméabilités de l'aquifère crayeux à l'extrémité sud du bief de partage (sous les vallées de la Cologne et de la Somme) sont de l'ordre de 5.10^{-3} m/s et diminuent rapidement en remontant vers le Nord.

Dans le secteur de la vallée de la Tortille en amont de MOISLAINS, ainsi que sous l'ancienne vallée d'EQUANCOURT à HEUDICOURT, les perméabilités de la craie sont de l'ordre de $7,5.10^{-4}$ m/s.

Plus au nord, elles diminuent sous les plateaux pour atteindre des valeurs relativement faibles (avec des valeurs extrêmes de l'ordre de 1.10^{-5} m/s), au niveau NEUVILLE-BOURJONVAL, RUYAULCOURT, TRESCAULT, SAILLY-SAILLISEL, NURLU et LIERAMONT.

Ces valeurs contrastent avec celles observées dans la vallée de la Sensée, depuis SAINT-LEGER et jusqu'à BOUCHAIN, mais aussi à proximité de l'Escaut et de son affluent l'Eauette, qui présente des perméabilités atteignant 1.10^{-2} m/s.

Les vallées de l'Agache et de l'Hirondelle jusqu'à QUEANT et GRAINCOURT-LES-HAVRINCOURT, se caractérisent par des perméabilités moindres (de l'ordre de 1.10^{-3} m/s). Les valeurs mesurées sont nettement plus faibles sous les buttes de recouvrement tertiaire, qui s'étendent de BOURLON à OISY-LE-VERGER, EPINOY et CUVILLERS.

2.2.3. Caractéristiques qualitatives des eaux souterraines

2.2.3.1. Objectifs de qualité des eaux souterraines

Les seuls éléments en notre possession reposent sur les analyses exécutées sur les captages destinés à l'alimentation en eau potable des collectivités (cf. Tableau 4 précisant les principaux points d'accès à la nappe où la surveillance de la qualité chimique des eaux pompées existe).

Indice national	Commune	Début des observations	Masse d'eau
00277X0011	ARLEUX	04/04/1978	AG006
00277X0015	SAUCHY LESTREE	26/06/1974	AG006
00277X0016	OISY LE VERGER	02/07/1974	AG006
00278X0004	BUGNICOURT	07/03/1978	AG006
00278X0017	AUBIGNY AU BAC	15/02/1978	AG006
00278X0019	EPINOY	23/01/1978	AG006
00278X0020	EPINOY	29/05/1979	AG006
00278X0049	AUBIGNY AU BAC	19/05/1976	AG006
00278X0099	BUGNICOURT	02/03/1983	AG006
00363X0001	MARQUION	23/01/1978	AG006
00363X0010	BOURLON	23/01/1978	AG006
00363X0020	MOEUVRES	02/06/1978	AG006
00363X0098	MOEUVRES	20/11/1987	AG006
00363X0105	GRAINCOURT-LES-HAVRINCOURT	07/10/1986	AG010
00364X0019	HAYNECOURT	08/05/1978	AG006
00366X0003	HERMIES	14/01/1980	AG006
00366X0017	BERTINCOURT	27/10/1983	AG006
00366X0026	NEUVILLE BOURJONVAL	29/04/1974	AG006
00366X0214	EQUANCOURT	09/02/1980	AG013
00367X0026	HAVRINCOURT	10/01/1978	AG006
00367X0084	HAVRINCOURT	19/10/1999	AG006
00481X0002	MOISLAIS	14/01/1980	AG013
00482X0031	ETRICOURT-MANANCOURT	17/03/1988	AG013

Tableau 4 : Forages destinés à l'alimentation en eau potable des collectivités

Sur le plan qualitatif, les masses d'eau concernées présentent toutes un risque de non atteinte de l'objectif de bon état pour au moins deux polluants (nitrates et phytosanitaires). Des reports d'échéances étant prévus par la DCE, des dérogations de délai (pour une échéance à 2027) ont été demandées, notamment pour des raisons de coûts disproportionnés des mesures qu'il faudrait mettre en place pour atteindre le bon état en 2015.

2.2.3.2. Synthèse qualitative

Source :
Données qualité eaux souterraines (2012). Agence de l'Eau Artois-Picardie.

L'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine a été réalisée lors de la publication des SDAGE. Les données utilisées pour suivre l'évolution de l'état chimique sont les analyses existantes sur les points du suivi eau souterraine du bassin.

Les informations relatives à l'évolution de la qualité des eaux souterraines ont pu être recueillies directement auprès de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie et ce, au droit des masses d'eau précitées.

Avec un résidu sec oscillant autour de 430 mg/l et une dureté moyenne de 30°F, les eaux captées, directement liées à la nature géologique des terrains traversés, présentent un faciès typiquement bicarbonaté calcique (390 mg/l de bicarbonates en moyenne et 120 mg/l de calcium).

A partir des valeurs mesurées des principaux paramètres (chlorures, nitrates et sulfates), il est possible de déterminer les valeurs représentatives de la nappe crayeuse captée : de l'ordre de 20 à 40 mg/l de chlorures, 25 à 35 mg/l de nitrates (avec une tendance à la hausse ces dernières années) et 15 à 20 mg/l de sulfates. Ces valeurs sont représentatives de la nappe de la craie lorsque celle-ci est libre, caractéristique dominante pour les masses d'eau ici étudiées.

L'amplitude des variations observées de la qualité des eaux pompées s'avère en règle générale importante. A titre d'exemple, au droit des forages d'HAVRINCOURT, les teneurs en chlorures oscillent autour de 22 mg/l (entre 9 et 30 mg/l), celles en nitrates autour de 38 mg/l (entre 29,5 et 46,5 mg/l), et en sulfates autour de 12 mg/l (entre 1,5 et 19 mg/l).

Plus en aval, l'évolution de la qualité des eaux captées au niveau de certains forages est fonction de la protection de l'aquifère crayeux. Ainsi, les teneurs observées sur les forages de SAUCHY-LESTREE (00277X0015) et de BOURLON (00363X0010) contrastent avec celles mesurées au niveau des forages de MOEUVRES (00363X0020 et 0098) et de MARQUION (00363X0001). A l'opposé de ces derniers forages, les forages de SAUCHY-LESTREE et de BOURLON sont protégés par un recouvrement tertiaire limitant les intrants (nitrates).

La constance de la qualité des eaux souterraines est ici particulièrement nette pour ces forages naturellement protégés. Les teneurs moyennes en nitrates mesurées depuis près de 40 ans se caractérisent en effet par de faibles variations : 20 mg/l au niveau du forage de SAUCHY-LESTREE et même moins au niveau du forage de BOURLON (17,7 mg/l) où l'épaisseur des formations tertiaires est plus importante. Ce style d'évolution est constaté pour l'ensemble des paramètres mesurés.

Plus en aval, le forage d'OISY-LE-VERGER (00277X0016) capte deux galeries, l'une orientée vers le Nord / Nord-Est, l'autre vers le Sud / Sud-Ouest. Bien que protégé (présence de 15,80 m de formations tertiaires), l'eau captée se caractérise par une minéralisation élevée (résidu sec de 446 mg/l, pH de 7,2, teneurs en bicarbonates et en calcium respectivement égales à 335 et 121 mg/l).

Les teneurs en nitrates sont ici conséquentes (moyenne observée : 40 mg/l). Sur la période de mesures (depuis 1974), ces teneurs n'évoluent pratiquement pas. Il en est de même des teneurs en chlorures et en sulfates qui présentent des teneurs moyennes respectives de 31 mg/l et 34 mg/l.

Les forages situés directement au nord du Canal de la Sensée présentent des teneurs en nitrates moindres : respectivement 7, 13, 30 mg/l au niveau des forages d'ARLEUX (00277X0011), d'AUBIGNY-AU-BAC (00278X0049) et de BUGNICOURT (00278X0004).

Excepté sur le forage d'AUBIGNY-AU-BAC situé juste au nord du canal de la Sensée, aucune évolution nette n'est constatée. Les eaux pompées par cet ouvrage présentent des caractéristiques physico-chimiques similaires : résidu sec moyen de 434 mg/l, pH de 7,1, teneurs en bicarbonates et en calcium respectivement égales à 379 et 123 mg/l.

2.2.4. Usages des eaux souterraines

Source :
Données Agence de l'Eau Artois-Picardie. Fichier Prélèvements (2014), Agence de l'Eau Artois-Picardie.
Arrêté-cadre sécheresse du Nord - Pas-de-Calais 02 mars 2012 (2012),
Préfectures du Nord et du Pas-de-Calais.

L'exploitation intensive de la nappe de la craie est possible du fait même de ses caractéristiques : surfaces d'alimentation importantes, accessibilité facile de la nappe, paramètres hydrogéologiques limitant l'extension des cônes d'influence.

Dans le secteur du bief de partage, les prélèvements totaux ont sensiblement évolué au droit des masses d'eau impliquées, passant de 10,8 millions de m³ en 1982 à 17,8 millions de m³ en 2012, soit une progression de 1,67 % l'an (avec une pointe en 2009, année où les prélèvements ont atteint 20,4 millions de m³).

Ce constat contraste avec l'évolution constatée au niveau des masses concernées pris dans leur globalité (*Craie de la vallée de la Somme amont, Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée, mais aussi Craie du Cambrésis et Craie de la moyenne vallée de la Somme*). Les prélèvements totaux pour ces masses d'eau ont sensiblement diminué depuis 1982, passant de 173,6 millions de m³ à 147,7 millions de m³ aujourd'hui.

Rappelons qu'au niveau de la nappe de la craie, les arrêtés sécheresse définissent les mesures de gestion de l'aquifère pour limiter les effets de la sécheresse. Pour certains piézomètres, des seuils piézométriques sont définis par arrêté préfectoral : seuil de vigilance, seuil d'alerte, seuil d'alerte renforcée, seuil de crise.

Ces seuils sont établis à la lecture des chroniques piézométriques, par repérage des étiages sévères. Les basses eaux des années 1972/73 et 1997 sont à cet égard des repères intéressants (cf. annexe 3 de l'arrêté cadre de mars 2012 – cf. Tableau 5).

Indice national	Seuils piézométriques en NGF (m) de référence			
	Vigilance	Alerte	Alerte renforcée	Crise
00365X0003/P1 Barastre	93,5	93,0	92,5	92,0

Tableau 5 : Arrêté sécheresse. Seuils de référence

(source : Arrêté cadre du 02 mars 2012)

Ce piézomètre est surveillé par le BRGM, les données étant consultables dans ADES.

2.2.4.1. Usage en eau potable

Source :
(2013). Partie 4 : Connaissance des usages.
Institution Interdépartementale Nord-Pas-de-Calais pour l'aménagement de la Vallée de la Sensée. Rapport Elaboration du
SAGE de la Sensée. Etat initial.

La distribution de l'eau potable est *une compétence* des communes. Pour en assurer la maîtrise d'ouvrage, de nombreuses communes se regroupent en structures intercommunales. L'exploitation des installations et des réseaux des collectivités publiques s'effectue soit en régie directe, soit en gestion déléguée à des prestataires de services privés en concession ou en affermage. Les unités de gestion associent donc un maître d'ouvrage et un exploitant.

Au droit du territoire d'étude, le débit pompé pour l'alimentation en eau potable a progressé passant de près de 8,0 millions de m³ en 1982 à 14,3 millions de m³ aujourd'hui (soit une progression de près de 2%), en incluant dans cette somme certains champs captant situés dans un environnement plus lointain du projet (au nord du Canal de la Sensée).

Les prélèvements destinés à l'alimentation en eau potable, représentant aujourd'hui 80 % des prélèvements totaux, se concentrent à WAVRECHAIN-SOUS-FAULX, ARLEUX et à ESTREES et contribuent largement à l'alimentation en eau potable des collectivités.

La connaissance des prélèvements (données Agence de l'Eau Artois-Picardie) à l'échelle régionale souligne par ailleurs l'importance de ces derniers en limite nord du secteur étudié (hors zone modélisée), destinés pour partie à l'alimentation en eau potable de grandes métropoles (champ captant de PECQUENCOURT et de FLERS-EN-ESCREBIEUX).

Les différents syndicats participent à améliorer le système de distribution de l'eau potable. Dans cette optique, un projet de *sécurisation et d'amélioration de l'alimentation en eau potable* des communes du bassin versant de la Sensée repose sur l'inter connexion entre les différents réseaux.

Il est important de faire remarquer que la restructuration de la distribution en eau potable a été réalisée lors de l'exécution du canal du Nord en 1962.

2.2.4.2. Usage industriel

A l'opposé, les prélèvements destinés à un usage industriel sont en constante diminution. Ils représentent dans le secteur d'étude un million de mètres cubes pompé chaque année.

2.2.4.3. Usage agricole

Avec 1,8 million de mètres cubes prélevés, les prélèvements à des fins agricoles sont en constante augmentation.

3. Impacts hydrogéologiques du projet

3.1. Démarche proposée

3.1.1. Le projet reconfiguré (rappel)

Source :
Avant Projet Sommaire. Dossier Technique, Volume 8,
Chapitre 12 : Alimentation en eau et fonctionnement hydraulique du canal (2006), Document VNF.
Bilan de la concertation sur la modification du bief de partage du Canal Seine-Nord Europe, d'Allaines à Havrincourt
(2014), Document VNF et powerpoints associés.

Le CSNE projeté a vocation à remplacer à terme le canal du Nord dont le gabarit est un frein au développement de la voie d'eau. La reconfiguration de ce projet vise à abaisser le niveau du bief de partage en le rapprochant de celui du canal du Nord existant. Suite aux différentes réunions de concertation menées, le NN prévisible dans ce bief (entre les écluses d'ALLAINES et de MARQUION) sera de 85,60 m.

Les emprises de ces deux canaux (canal du Nord et CSNE) tendent dans ce secteur à se confondre, excepté dans la partie centrale où le canal du Nord est construit en tunnel. Cette reconfiguration se traduira par un arrêt de la navigation au niveau du bief de partage du canal du Nord (entre les écluses 7 - GRAINCOURT-LES-HAVRINCOURT et 8 - MOISLAINS), mis à profit pour restaurer le cours de la Tortille.

En effet, le canal du Nord est ici construit dans l'ancien lit de ce cours d'eau sur environ 4,5 km. Les sources de la Tortille sont de ce fait captées par ce canal, le maintien d'un écoulement dans cette rivière étant assuré à partir d'une prise d'eau directe dans ce dernier. Dans le futur, la restauration des écoulements de la Tortille conduira à l'abandon du canal du Nord entre le tunnel de RUYAULCOURT et ALLAINES. Une connexion entre le CSNE et le canal du Nord sera maintenue aux alentours de cette commune.

A l'autre extrémité de ce tunnel, trois scénarios, directement fonction du devenir du canal du Nord, sont ici présentés : comblement de ce dernier entre HAVRINCOURT et MARQUION, comblement de ce dernier entre HAVRINCOURT et SAINS-LES-MARQUION ou au contraire maintien en eau de celui-ci entre HAVRINCOURT et MARQUION, le maintien du *tronçon MARQUION – Sensée* étant nécessaire pour assurer la desserte du Port de MARQUION.

L'alimentation en eau du CSNE est conçue pour compenser les pertes définitives évoluant au cours de l'année, fonction de la climatologie (pluviométrie et évaporation). Celles-ci sont estimées à $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cette valeur de dimensionnement (débit d'alimentation global de 1,2 m³/s, calculée dans une situation défavorable, se décompose comme suit :

Pertes par évaporation : 0,28 m³/s⁵,
Pertes par infiltration : 0,66 m³/s⁶,
Marge de sécurité : 0,26 m³/s.

Ces hypothèses de dimensionnement demeurent inchangées.

3.1.2. *Méthodologie mise en œuvre*

La connaissance des impacts du futur aménagement sur l'environnement est ici précisée à partir d'une modélisation hydrodynamique qui ne fait rien d'autre que de mettre en œuvre, *sous une forme synthétique et cohérente*, les mécanismes qui régissent le devenir de l'eau.

Le modèle réalisé est à même de reconstituer un état de référence connu (avec présence du Canal du Nord et du tunnel qu'il emprunte). Ce point constitue un préalable dans la mesure où l'environnement actuel est *déjà largement modifié* par la présence du Canal du Nord (et ce depuis près d'un siècle).

D'une manière très classique, l'impact du projet (CSNE) sur l'environnement peut être défini comme étant la différence entre l'environnement naturel modifié tel qu'il résultera de l'implantation de ce projet et l'environnement naturel initial (dans le cas présent, *déjà modifié par la présence du canal du Nord*) tel qu'il aurait évolué sans la mise en place de ce projet.

L'opération de modélisation réalisée désigne l'adaptation à une entité hydrogéologique d'un programme de calcul sur ordinateur effectuant la résolution du système d'équations qui rend compte des lois d'écoulement des eaux, notamment souterraines.

⁵ Pour le dimensionnement du débit d'alimentation du canal, la valeur retenue comme ETP est égale à 5 mm/j. Cette valeur n'est dépassée en moyenne au cours d'un mois de juillet que 6 jours par mois. La superficie de plan d'eau du canal entre Novon et le canal de la Sensée est d'environ 480 ha, en incluant les garages et bassins de retournement. L'évaporation correspond alors à un débit moyen journalier de 0,28 m³/s.

⁶ L'évaluation des fuites potentielles découle de l'objectif d'étanchéité fixé : coefficient de perméabilité moyen de 10⁻⁸ m/s sur une épaisseur d'étanchéité équivalente de 0,3 m. Cette hypothèse revient à répartir les fuites sur tout le linéaire du canal et sur tout le périmètre mouillé de la section, en supposant que ces fuites soient équivalentes à celles qui se produiraient à travers une étanchéité composée de façon homogène et continue d'une couche d'argile de 0,3 m d'épaisseur. En prenant en compte les caractéristiques géométriques de la section courante (largeur en base 36 m, talus 2H/1V, hauteur d'eau dans le canal de 4,5 m) et la longueur du canal entre sa jonction avec le canal latéral à l'Oise et sa jonction avec le canal de la Sensée (87,41 km), on obtient un débit total d'infiltration de 0,65 m³/j/ml, soit 0,66 m³/s pour l'ensemble du canal.

Source : Avant projet sommaire. Dossier technique. Chapitre 12 – Alimentation en eau et fonctionnement hydraulique du canal. 2006. Document VNF.

Les limites du modèle (cf. Figure 3) sont suffisamment éloignées du CSNE pour ne pas influencer sur les résultats, des limites naturelles étant privilégiées :

- limites latérales Est et Ouest distantes d'environ 6 à plus de 10 km du projet. Elles correspondent à des lignes de courant (limites à flux nul) ou à des axes de drainage naturel (Sensée coté Nord-Ouest, Escaut coté Est) pris en compte comme zones de débordement.
- limite Sud constituée par une limite de drainage naturelle (vallée de la Somme et de son affluent la Cologne). Elle est prise en compte sous forme d'une zone de débordement.
- au Nord, il n'est pas possible de se placer sur une limite naturelle à distance raisonnable. La limite retenue (potentiel imposé) coïncide avec l'isopièze + 20 m NGF de la carte piézométrique de 1961, qui est suffisamment éloignée (distante d'environ 7 km de la vallée de la Sensée) et qui voisine avec la limite d'extension du recouvrement tertiaire.

Le système hydrogéologique est représenté par un modèle bicouche couvrant une superficie d'environ 1 000 km², discrétisée selon une grille régulière à mailles carrées de 100 m de côté. Cette grille est affinée à un pas de 25 m x 25 m au niveau du bief de partage et du dernier bief (deux maillages gigognes emboîtés dans le maillage principal).

La fiabilité des résultats du modèle maillé exécuté repose sur la reconstitution de valeurs mesurées sur 83 chroniques piézométriques, certaines d'entre elles étant suivies depuis la reconstruction du canal de Nord.

Cet outil permet de mieux comprendre le comportement du système aquifère et les perturbations apportées par le canal du Nord. Il peut être utilisé à des fins prévisionnelles pour simuler non seulement la présence du canal existant (le canal du Nord et le tunnel qu'il emprunte), mais aussi celle du projet étudié dans sa globalité (le futur CSNE et la restauration de la Tortille).

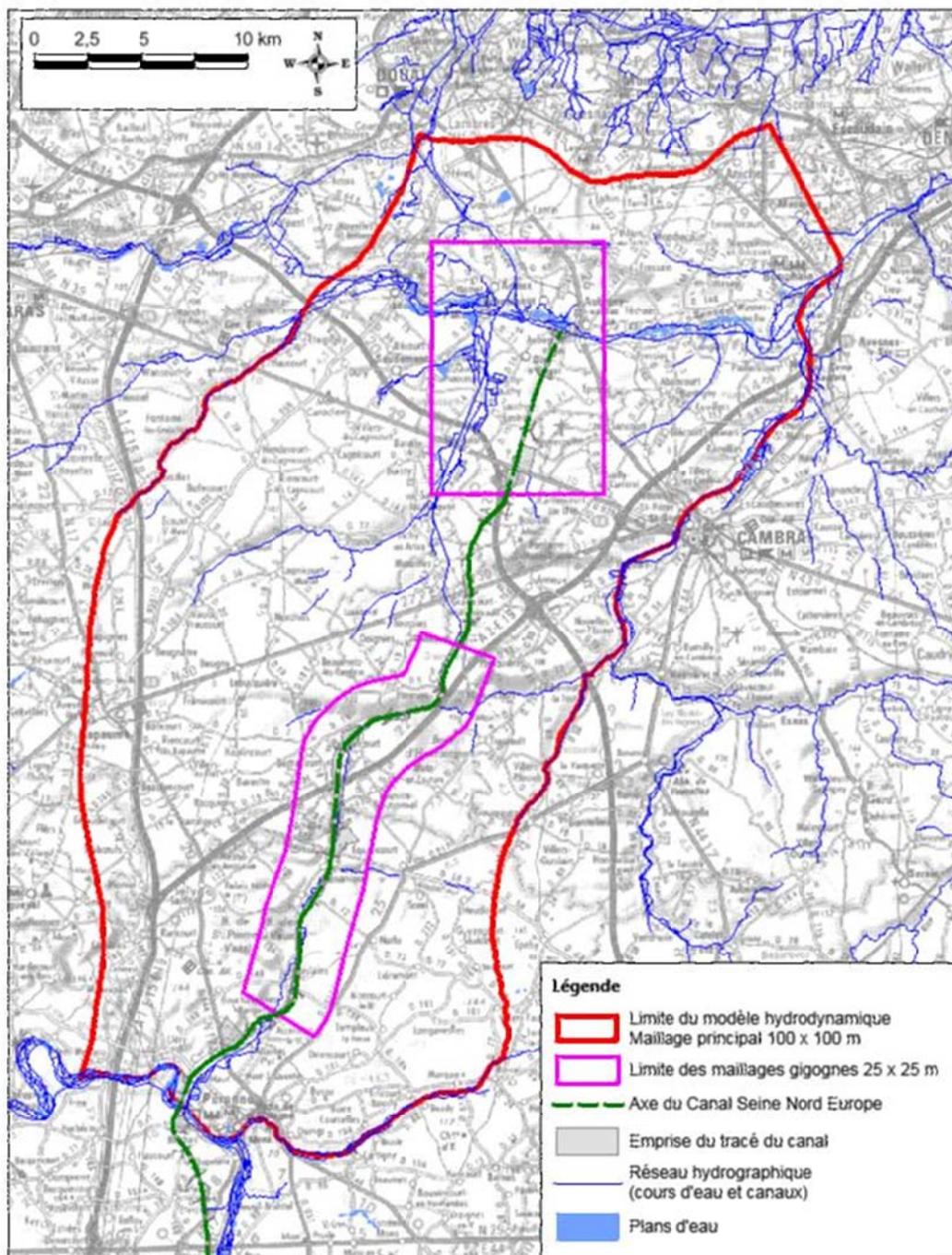


Figure 3 : Extension de la zone modélisée

3.2. Impacts sur les eaux souterraines

3.2.1. Choix d'un état initial de référence

Sources :
Arrêté d'autorisation du captage d'Arleux du 19 février 1986. Préfecture du Nord.
Arrêté d'autorisation des forages d'Arleux du 05 juillet 2000 et arrêté modificatif. Préfecture du Nord.
Arrêté d'autorisation des forages d'Arleux et de Bugnicourt du 21 octobre 2003. Préfecture du Nord.
Modèle hydrodynamique de la nappe de la craie le long du Canal Seine-Nord Europe de la vallée de la Somme à la vallée de la Sensée. Phase 3 : Simulations relatives au dernier bief (2015), Rapport Antea group A79422/A.

Dans un premier temps, il convient de définir un état initial *dit de référence* de l'environnement du projet. La connaissance de cet état constitue un préalable dans la mesure où l'environnement actuel est *déjà largement modifié* par la présence du canal du Nord.

Comme signalé dans le chapitre relatif aux usages de l'eau, le secteur étudié se caractérise par une *augmentation des prélèvements en eau*, ces derniers passant par un *maximum* en 2009 (plus de 20 millions de mètres cubes – données Agence de l'Eau Artois-Picardie).

Dès lors, il a été décidé d'intégrer cet état de fait (renforcement des champs captants d'ESTREES, de WAVRECHAIN-SOUS-FAULX et d'ARLEUX) dans les scénarios retenus et de réaliser une première simulation (*hors aménagements de la Tortille et du CSNE*), en prenant en considération la valeur maximale des prélèvements observés ces dernières années, en l'occurrence 2009 (année se caractérisant entre autres par l'importance des prélèvements agricoles). Cette simulation constitue un *état de référence*.

3.2.1.1. Bilan des débits

La Figure 4 traduit les résultats des *bilans des débits calculés* pour les situations de basses eaux (septembre 1974), de moyennes eaux (mai 1981 et avril 2010) et de hautes eaux (mai 2001), représentatifs d'un état de référence (prélèvements égaux à ceux de l'année 2009).

L'aquifère ici exploité présente deux fonctions essentielles, une fonction capacitive (stockage) et une fonction conductrice (écoulement) qui lui confèrent une propriété importante, en l'occurrence *son pouvoir régulateur*.

Cette capacité de stockage de la nappe de la craie lui permet d'absorber plusieurs années déficitaires (comme l'année 1974) et au contraire de stocker certaines années excédentaires (2001).

Cette figure montre par ailleurs que l'importance des prélèvements dus à l'homme (en noir) est limitée (13,9 % des sorties en basses eaux et 4,3 % en hautes eaux), même si l'on comptabilise dans ces derniers le drainage de la nappe de la craie (en jaune), notamment au niveau du tunnel de RUYAULCOURT.

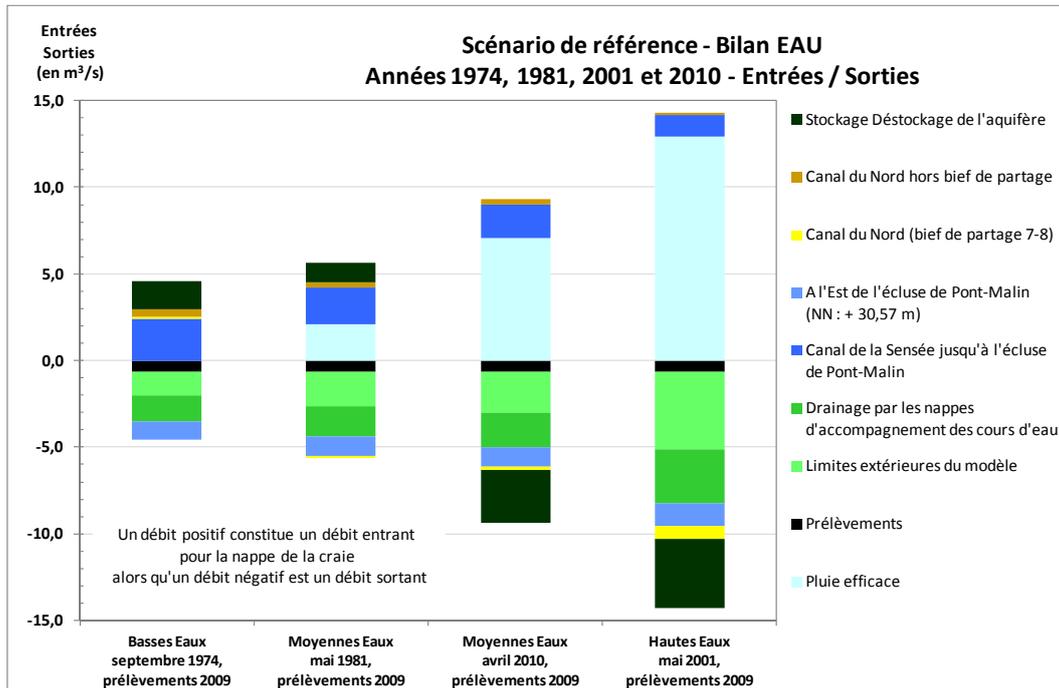


Figure 4 : Scénario de référence. Comparatif des bilans élaborés

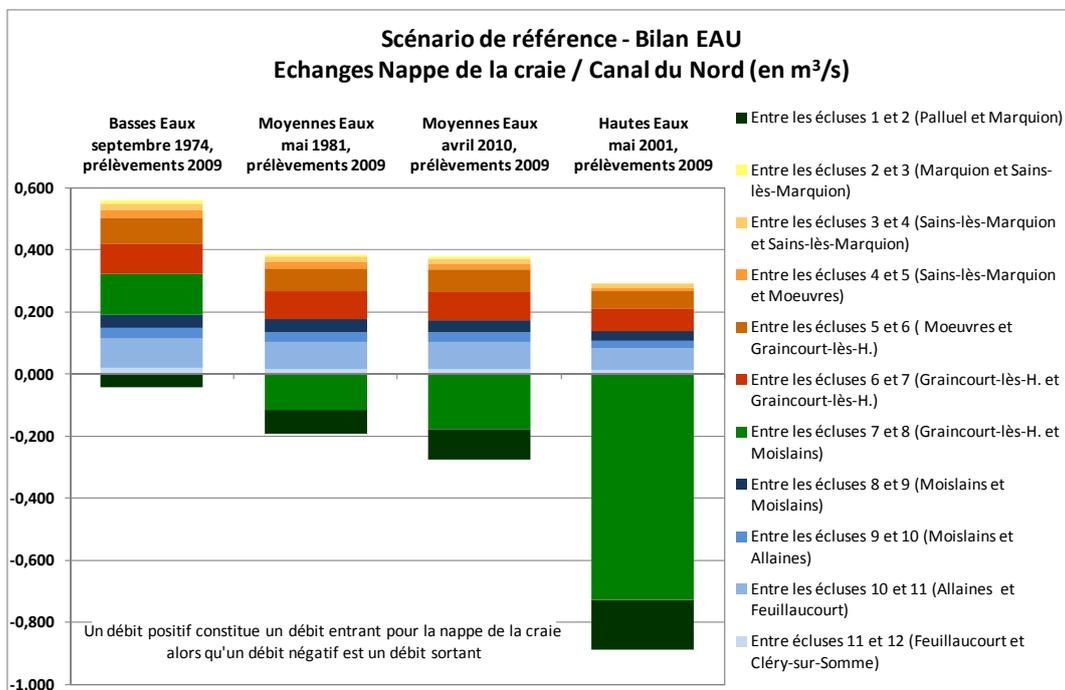


Figure 5 : Scénario de référence. Comportement du canal du Nord

Au niveau du canal du Nord (en faisant abstraction des biefs 1-2 et 7-8, tous deux en position de drainage), les pertes de ce canal (cf. Figure 5) peuvent être estimées comme variant globalement entre 1,7 m³/j par ml (en hautes eaux) et 2,5 m³/j par ml (en basses eaux).

3.2.1.2. Piézométrie résultante

Sources :
Etude hydraulique globale dans le cadre du SAGE de la Sensée. Analyse, compréhension du fonctionnement hydraulique et identification des interrelations entre les éléments du bassin versant de la Sensée (2009). Rapport 19600, Hydratec Asconit.
Débit d'étiage et débit moyen (2014). Plans de la Cellule Parme Hydro, Voies Navigables de France.

Rappelons que cette situation de référence intègre non seulement un NN *imposé* au niveau du canal du Nord (+ 80,22 m), mais aussi un fil d'eau au niveau des différentes rivières, dont la Tortille. Le rôle de ce niveau imposé apparaît clairement sur cette figure, l'étanchéification du canal du Nord étant considérée comme *défaillante* au niveau des sources de la Tortille.

On notera qu'en période de hautes eaux, et uniquement en période de hautes eaux, la nappe de la craie peut déborder et être drainée par le cours de la Tortille (rivière) dans sa partie amont entre MANANCOURT et Grand-Marais (à hauteur de 0,040 m³/s drainé), à proximité des Grand-Marais.

Au niveau de la vallée de la Sensée, les échanges nappes / rivières et canaux s'avèrent particulièrement complexes (rivières connectées ou non avec différents plans d'eau). Cette rivière, qui reprend son cours au Nord du Canal de la Sensée après avoir été interrompu à ARLEUX par le canal du Nord, voit son fil d'eau évoluer entre les cotes + 34,19 m (à l'est d'AUBIGNY-AU-BAC), + 33,41 m (à FECHAIN) et + 32,88 m (à WASNES-AU-BAC – Données Sage Sensée).

Cette rivière est systématiquement en position *drainante*. Le débit drainé calculé par le modèle (1,130 m³/s en basses eaux, 1,298 m³/s en hautes eaux, entre ARLEUX et BOUCHAIN) reflète les données de terrain acquises par le Sage de la Sensée (de septembre 2005 à avril 2009), la majorité de ce débit étant issue du secteur est de cette petite rivière (entre FECHAIN et BOUCHAIN, où les niveaux tourbeux sont plus lenticulaires).

Le bief de partage du Canal de la Sensée (entre l'écluse de GOEULZIN et celle de Pont Malin) joue un *rôle majeur* dans les échanges avec la nappe de la craie. Il est en effet constaté des apports importants provenant du Canal de la Sensée et alimentant la nappe sous-jacente, en particulier à l'est de FECHAIN. Ces derniers peuvent varier du simple au double selon l'état de la nappe (entre 1,219 et 2,266 m³/s en années extrêmes, entre les écluses de GOEULZIN et de Pont Malin).

Les échanges observés au niveau de ce bief de partage sont loin d'être homogènes sur tout son tracé. Ce point conditionne le *fonctionnement hydrogéologique* de la vallée constituée de dépôts alluvionnaires (avec présence de tourbe pour partie exploitée et limon organique) reposant sur l'aquifère crayeux.

Plusieurs cartes piézométriques représentatives de ces états extrêmes soulignent la présence d'un dôme piézométrique séparant deux masses d'eau souterraine contigües (Craie de la vallée de la Somme amont - *AG013* - et Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée - *AG006*) et de même nature, mais s'écoulant vers deux bassins versants différents (bassins de la Somme et bassin de la Sensée).

A partir de ces documents, il a été possible de dresser une carte des amplitudes calculées (cf. Figure 6), soulignant leur importance au niveau de la ligne de crête séparant les deux bassins précités. A contrario, elle met clairement en évidence les principaux exutoires de la nappe (vallée de la Sensée et ses affluents, vallée de la Somme, mais aussi tunnel de RUYAULCOURT).

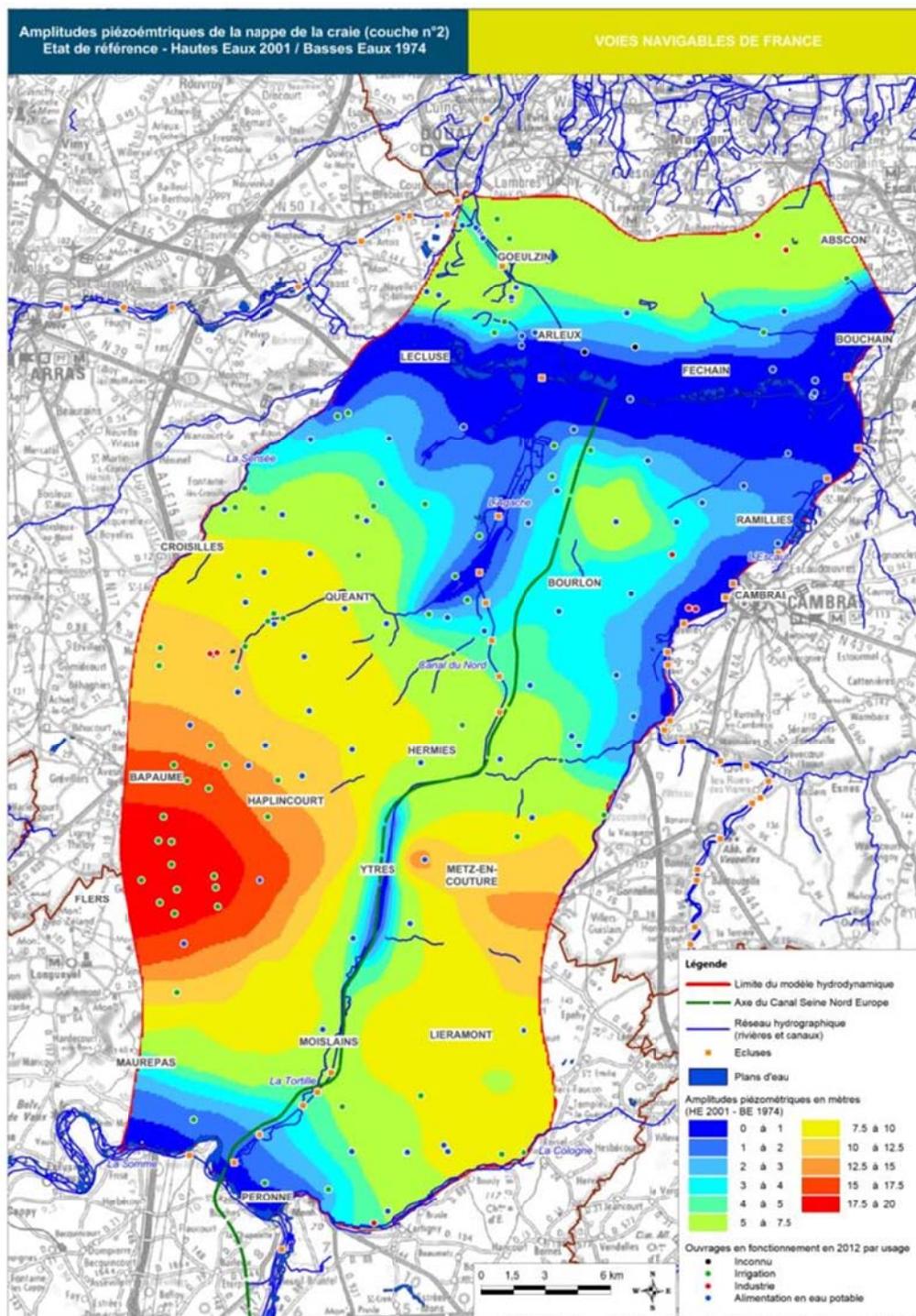


Figure 6 : Zone modélisée. Amplitude des fluctuations piézométriques

3.2.2. Simulations prévisionnelles

Les simulations réalisées s'avèrent complexes dans la mesure où elles intègrent à la fois la *restauration de la Tortille* ainsi qu'un nouveau comportement de la nappe, supposé *libre dans le tunnel de RUYAULCOURT*. Celles-ci s'appuient sur un pré dimensionnement de ce cours d'eau selon plusieurs profils restaurés dans le lit actuel du canal du Nord entre ETRINCOURT-MANANCOURT et MOISLAINS, définis en accord avec VNF. Elles prennent par ailleurs en considération deux hypothèses quand au devenir du canal du Nord (remblayé ou non entre les écluses 2 et 7).

Elles doivent permettre de préciser l'importance des apports de la nappe de la craie à cette rivière selon différents scénarios. Les hypothèses générales prises en compte dans ces simulations prévisionnelles reposent sur les éléments définis dans le Tableau 6.

L'évaluation des fuites potentielles du CSNE découle de l'objectif d'étanchéité fixé : coefficient de perméabilité moyen de 10^{-8} m/s sur une épaisseur d'étanchéité équivalente de 0,3 m. En prenant en compte les caractéristiques géométriques de la section courante du projet, on obtient un débit total d'infiltration de $0,65 \text{ m}^3/\text{j/ml}$.

Sur la base de cette données de conception, l'ensemble des fuites (par infiltration) issues du CSNE et prises en compte dans chacune des simulations présentées est de $0,314 \text{ m}^3/\text{s}$ sur le tracé modélisé (entre la vallée de la Somme et celle de la Sensée).

Pour chacun des scénarios étudiés, deux hypothèses ont été prises en considération : avec remblaiement partiel du canal du Nord (par exemple Sc2c, canal du Nord remblayé entre les écluses de MARQUION et d'HAVRINCOURT) ou non (Sc2c-v2, canal du Nord conservé entre ces mêmes écluses).

En résumé, la modélisation de l'état projet implique de simuler les différents aménagements prévus. Il est notamment considéré que :

- le Canal Seine-Nord Europe est réalisé, avec un niveau normal de navigation à 85,60 mètres,
- le canal du Nord est comblé de MOISLAINS à HAVRINCOURT, à l'exception du tunnel de RUYAULCOURT, dont le niveau d'eau est laissé libre,
- le cours de la Tortille est restauré entre ETRINCOURT-MANANCOURT et MOISLAINS.

Les différentes hypothèses structurelles retenues pour ces aménagements sont synthétisées dans le Tableau 6 ci-après.

Hypothèses prises en compte	
CSNE projeté	Prise en compte des déblais et remblais du canal, mais pas les terrains de dépôt. Débit de fuite correspondant à une perméabilité de 10^{-8} m/s sur une épaisseur d'étanchéité équivalente de 0,3 m.
Tunnel de RUYAULCOURT en situation projet	Niveau libre, pas d'exutoire. Perméabilité équivalente de 1.10^{-3} m/s et coefficient d'emménagement élevé simulant la présence d'un drain.
Lit de la Tortille reconstitué	Dans l'emprise du canal du Nord, entre sa source (près d'ETRICOURT-MANANCOURT) et la prise d'eau de MOISLAINS, remblayé avec de la craie concassée (ou équivalente) d'une perméabilité égale à 5.10^{-4} m/s (hors tunnel).
Prélèvements	Données Agence de l'Eau de 2009 (de l'ordre de 20 millions de m ³).

Tableau 6 : Hypothèses retenues pour les simulations

Plusieurs possibilités d'aménagement sont alors simulées selon les scénarios :

- **Sources de la Tortille** : trois scénarios de niveau topographique ont été pris en compte pour la reconstitution du cours d'eau de la Tortille au niveau de la « source » (à ETRICOURT).

Le niveau topographique aval étant imposé par la cote actuelle du cours d'eau en amont de MOISLAINS, ces trois scénarios impliquent chacun un profil du cours d'eau spécifique, avec une pente différente. Un pré dimensionnement de ce cours d'eau a été réalisé par le bureau d'études Champalbert.

- **Comblement du canal du Nord entre HAVRINCOURT et MARQUION** : la modélisation de l'état de référence du fonctionnement de la nappe de la craie met en évidence le rôle du canal du Nord dans l'alimentation des eaux souterraines au niveau du sous bassin versant de l'Agache.

Le choix du comblement ou du maintien en eau du canal du Nord entre HAVRINCOURT et MARQUION est primordial dans le comportement futur des eaux souterraines. C'est pourquoi ces deux alternatives d'aménagement ont été intégrées aux simulations réalisées.

Les différentes solutions étudiées sont condensées dans le Tableau 7 ci-après.

Scénario	CSNE	Altitude Tortille restaurée		Pente (%)	Canal du Nord entre HAVRINCOURT et MARQUION	Tunnel de RUYAULCOURT
		"Source" Etricourt-	"Bassin de virement" Grand Marais			
Référence	/				Etat actuel	Etat actuel
Sc2a v2	CSNE construit	80,22	77,20	0,078	Maintenu en eau	Niveau libre, pas d'exutoire
Sc2a	CSNE construit	80,22	77,20	0,078	Comblé	Niveau libre, pas d'exutoire
Sc2b v2	CSNE construit	82	77,78	0,110	Maintenu en eau	Niveau libre, pas d'exutoire
Sc2b	CSNE construit	82	77,78	0,110	Comblé	Niveau libre, pas d'exutoire
Sc2c v2	CSNE construit	83	78,10	0,126	Maintenu en eau	Niveau libre, pas d'exutoire
Sc2c	CSNE construit	83	78,10	0,126	Comblé	Niveau libre, pas d'exutoire

canal du Nord remblayé (par exemple Sc2a) ou non (par exemple Sc2a v2) entre les écluses 7 et 2.

Tableau 7 : Scénarios retenus pour la modélisation hydrogéologique

Dans le cadre des scénarios avec le canal du Nord remblayé, on notera que celui-ci est considéré comme étant comblé avec de la craie concassée d'une perméabilité égale à 5.10^{-4} m/s. Dans certains secteurs, des dispositifs d'étanchéité ont pu être mis en place lors de la construction du canal du Nord, sans en avoir aujourd'hui une parfaite connaissance. Il est présumé que ces dispositifs seront *supprimés* lors des travaux.

Il a été convenu de simuler dans un premier temps les *scénarios Sc2a, Sc2b et Sc2c* selon deux hypothèses (canal du Nord remblayé ou non entre les écluses 7 et 2). En fonction des résultats de ces simulations, de nouveaux scénarios ont été simulés en recherchant des *mesures de gestion spécifiques* au tunnel de RUYAULCOURT.

La comparaison des résultats obtenus pour chaque scénario avec la situation de référence (état actuel sans CSNE, avec prélèvements 2009) permet de préciser les impacts générés par ce projet.

3.3. Principaux résultats obtenus

3.3.1. Restauration de la Tortille. Choix du tracé

Le facteur prépondérant dans la restauration des sources de la Tortille reste *l'arrêt du drainage de la nappe* via le tunnel de RUYAULCOURT. Selon les scénarios et les conditions de recharge pluviale de la nappe, le débit drainé par la Tortille (en amont de MOISLAINS) varie de $0,077$ à $0,537 \text{ m}^3/\text{s}$ ⁷, la longueur drainée par ce cours d'eau oscillant entre 2 et 3 km.

Le remblaiement ou non du canal du Nord entre les écluses de MARQUION et d'HAVRINCOURT n'a aucune incidence sur la faisabilité de la restauration de la Tortille.

Ces simulations montrent par ailleurs des débordements de la nappe le long du tracé du futur CSNE (au-dessus de la cote NN fixée à + 85,60 m au niveau du CSNE et le long des talus en déblais), au moins en moyennes et en hautes eaux. Pour mémoire, on rappellera ici les valeurs mesurées en 1909 (avant le creusement du tunnel de RUYAULCOURT) indiquant des cotes de nappe dépassant + 88,0 m dans le secteur d'YTRES.

Pour la Tortille, ces trois scénarios se traduisent par une fourchette de débits drainés différentes (cf. Figure 1Figure 7) :

- Scénario 2a : le débit drainé varie de $0,115 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les plus basses eaux connues à $0,537 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les plus hautes eaux connues, et environ $0,248 \text{ m}^3/\text{s}$ en moyennes eaux ;
- Scénario 2b : le débit drainé varie de $0,092 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les plus basses eaux connues à $0,494 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les plus hautes eaux connues, et environ $0,216 \text{ m}^3/\text{s}$ en moyennes eaux ;
- Scénario 2c : le débit drainé varie de $0,077 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les plus basses eaux connues à $0,465 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les plus hautes eaux connues, et environ $0,194 \text{ m}^3/\text{s}$ en moyennes eaux.

⁷ Les valeurs calculées en amont de MOISLAINS indiquent pour l'état de référence un débit de la Tortille variant entre 0 et $0,040 \text{ m}^3/\text{s}$. Ce dernier débit n'est constaté qu'en hautes eaux, type 2001.

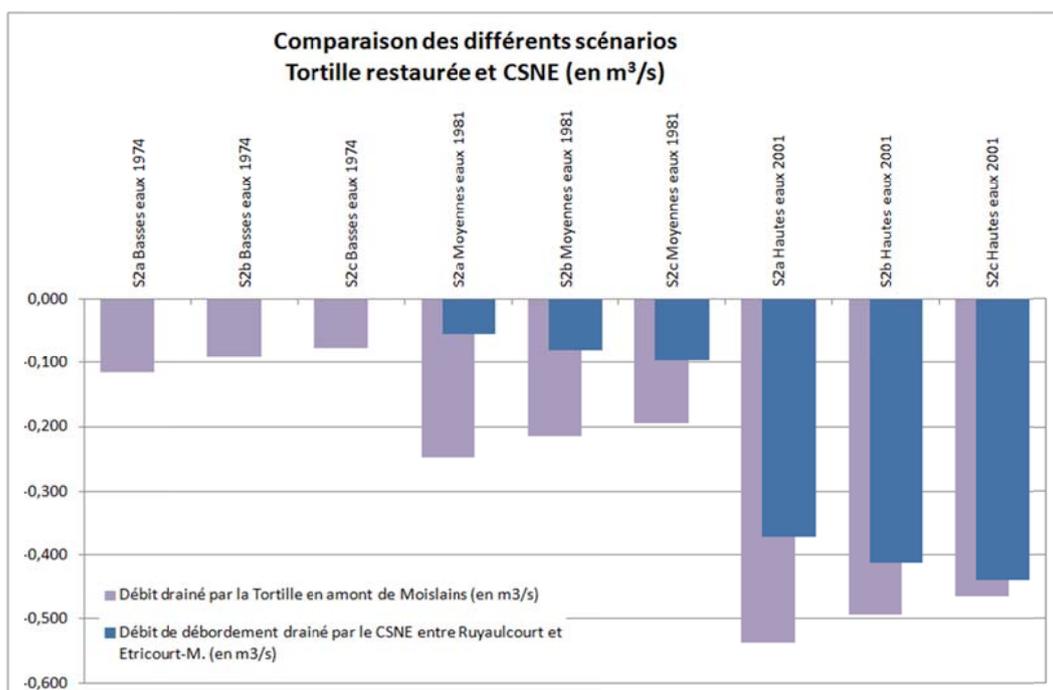


Figure 7 : Tortille restaurée. Comparaison des différents scénarios

Une comparaison de ces trois scénarios (en moyennes eaux) est présentée sur la Figure 8, en zoomant les faibles différences observées, lesquelles se traduisent par des débits drainés sensiblement différents par la Tortille (de 0,194 à 0,248 m³/s).

Plus en amont, dans le tunnel, c'est le voisinage du CSNE qui contrôle la piézométrie (débordement). Celles-ci sont donc similaires d'un scénario à l'autre. Les différences de débit drainé par le CSNE selon les scénarios étudiés viennent essentiellement des différences de niveaux observées entre les sources de la Tortille et les abords du tunnel.

Plusieurs critères ont été examinés pour retenir le scénario d'aménagement de la Tortille :

- Pente du cours d'eau restauré,
- Qualité de la gamme de débits calculés dans les différentes situations hydrologiques,
- Acceptabilité du débit d'étiage sévère (plus basses eaux connues),
- Acceptabilité du débit de très hautes eaux (plus hautes eaux connues),
- Nouvelle piézométrie modélisée : identification d'éventuelles zones de débordement, modification de la piézométrie sur les zones humides de la vallée de la Tortille.

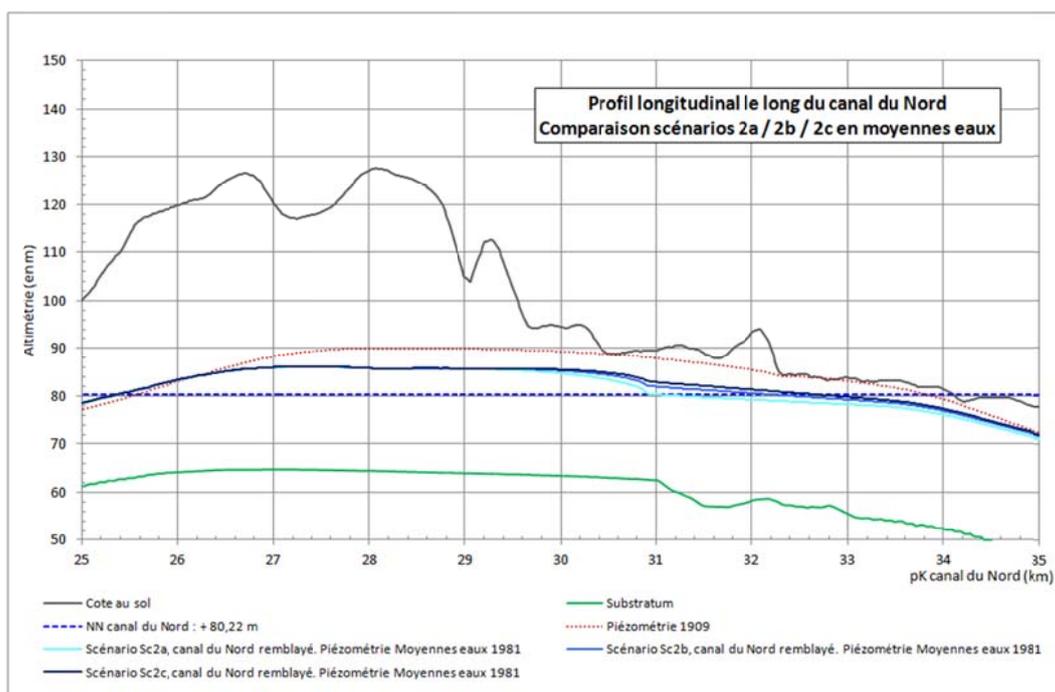


Figure 8 : Profil en long le long du canal du Nord. Comparaison des différents scénarios

Concernant le premier critère, le scénario Sc2c présente le meilleur profil, avec une pente de 1,26 ‰. Pour les deux autres scénarios, la pente du cours d'eau devient beaucoup plus faible et est donc beaucoup moins favorable au cours d'eau.

La piézométrie retrouvée avec le scénario Sc2c n'engendre pas de débordement et permet de conserver une piézométrie favorable aux zones humides de la vallée, alors que les scénarios Sc2a et Sc2b engendrent un abaissement des niveaux d'eau d'ordre métrique sur les zones humides relictuelles de « Pré Sure » (drainage plus important que dans l'état de référence).

Sur la base de ces éléments, le scénario Sc2c d'aménagement de la Tortille a été retenu.

3.3.2. Remblaiement ou non du canal du Nord

A ce stade de l'étude, il a semblé opportun d'analyser quel serait l'impact de la conservation ou non du canal du Nord dans son état, au nord de GRAINCOURT-LES-HAVRINCOURT, le maintien du *tronçon MARQUION – Sensée* étant nécessaire pour assurer la desserte du Port de MARQUION.

En effet, comme vu précédemment, les pertes calculées du canal du Nord (hors biefs 1-2 et 7-8, souvent en position de drainage) représentent des débits variant entre $0,310 \text{ m}^3/\text{s}$ (en hautes eaux) et $0,461 \text{ m}^3/\text{s}$ (en basses eaux).

Le remblaiement du canal du Nord, entre GRAINCOURT-LES-HAVRINCOURT et MARQUION, entrainerait la suppression de ces pertes et de ce fait aurait un impact, tout particulièrement dans le bassin de la Sensée. Celui-ci se traduirait entre autres par la diminution du débit de l'Agache et localement par une baisse des niveaux piézométriques.

3.3.3. Impact du scénario retenu sur les niveaux piézométriques

La Figure 9 suivante présente l'impact du scénario retenu sur le niveau piézométrique de la nappe, en situation de basses eaux extrêmes (1974).

On observe un rehaussement de la nappe au niveau des collines de l'Artois qui jouent le rôle de « réservoir », ainsi qu'un abaissement impactant trois captages destinés à l'alimentation en eau potable et cinq forages agricoles.

Une mesure d'aménagement visant à réduire cet impact a été étudiée (cf. chapitre suivant).

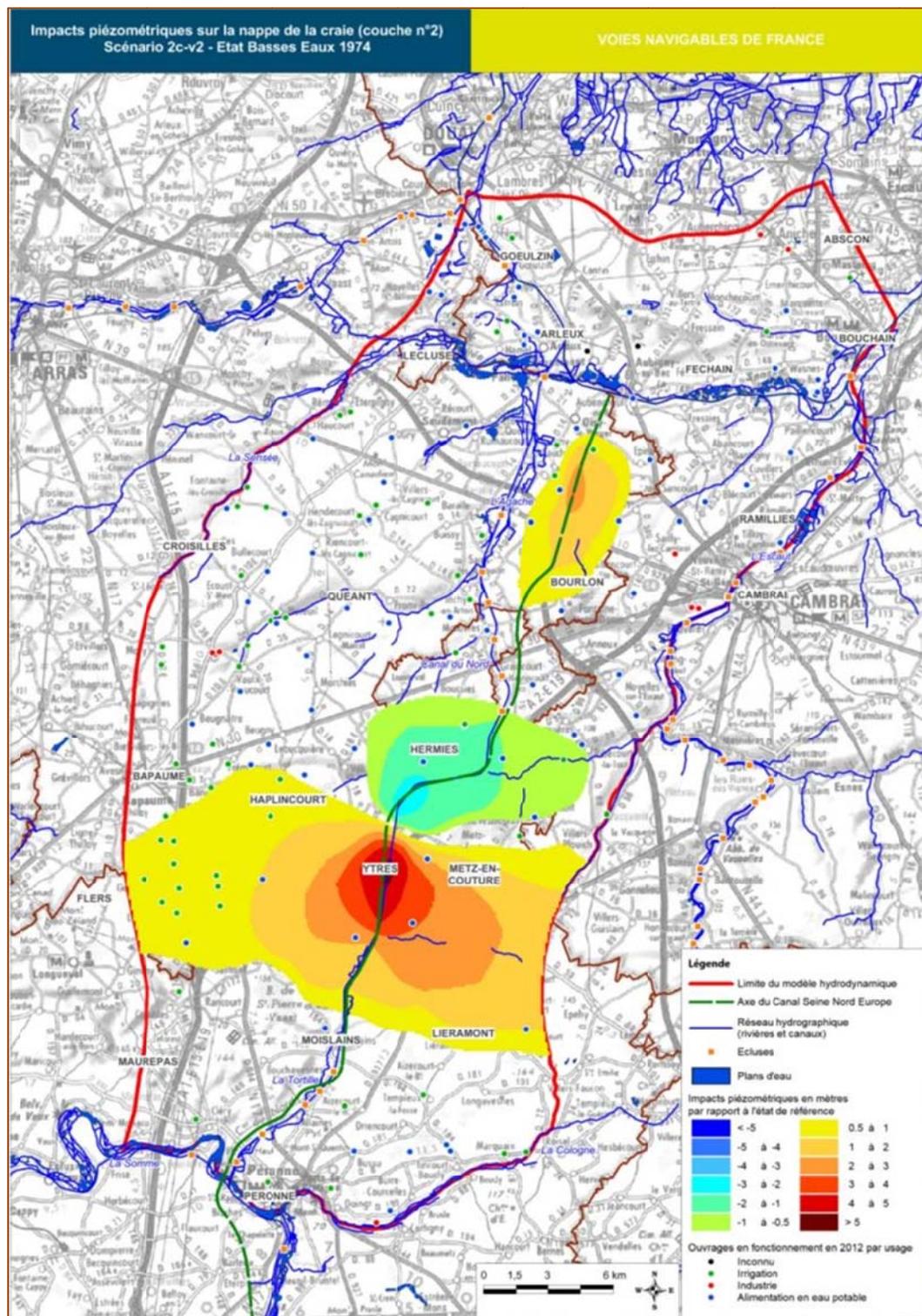


Figure 9 : Scénario Sc2c-v2. Impact sur la nappe de la craie en basses eaux (1974)

3.3.4. Incidences du projet sur les captages destinés à l'alimentation en eau potable

3.3.4.1. Dans le secteur du bief de partage

Sources :
BSS. Banque de données du Sous-Sol. infoterre.brgm.fr.
Résultats des essais de débit effectués sur les puits de Beaumetz-lez-Cambrai, Havricourt et et Beugny (1962),
Rapport Brgm DS 63-A7.
Résultats des essais de débit effectués sur les puits de Trescault, Morchie et Frémicourt (1962), Rapport Brgm 63 DS-A006.
Commune de Graincourt-les-Havricourt. Amélioration de l'alimentation en eau potable.
Compte rendu des travaux de creusement et interprétation des pompages d'essais du forage F2.
Indice national 00363X0105 (1985), Rapport Brgm 85 SGN 594 NPC.
Evaluation des impacts et mesures de sécurisation des captages d'alimentation en eau potable (2013),
Rapport R12 060 et R13 062, SB₂O, Groupe V2R.

Le remblaiement du canal du Nord a pour incidence directe la suppression des pertes de cet ouvrage et donc des apports à la nappe de la craie. Ce constat est particulièrement net dans les secteurs où la qualité de l'étanchéification s'avère défectueuse, notamment à la sortie nord du tunnel de RUYAULCOURT.

Si on s'intéresse plus spécifiquement au scénario Sc3c-v2 (canal non remblayé), le secteur présentant une baisse de la nappe s'étend entre les deux coudes qu'emprunte la tranchée d'HAVRINCOURT.

Cette baisse piézométrique est susceptible d'affecter les forages d'HERMIES (indice national 00366X0003) et d'HAVRINCOURT (00367X0026 et 0084) et dans une moindre mesure celui de TRESCAULT (00367X0019). Ces forages sont tous situés dans le même contexte géologique et atteignent le substratum imperméable, aux alentours de la cote + 50,0 m (profondeurs respectives de ces forages : 67,50 m, 66,50 m, 63,00 m).

Ces trois ouvrages, non interconnectés, se caractérisent comme suit :

00366X0003 DUP 20/10/2003	<p>Puits d'HERMIES maçonné en briques (\varnothing : 1,20 m) jusqu'à 17,80 m, puis parois nues jusqu'à 52,10 m (présence probable d'une galerie), prolongé par un forage (\varnothing : 400 mm) jusqu'à 71,10 m de profondeur. Substratum à la cote + 51,60 m (profondeur de 66,75 m). Pompage d'essai en 1962 à 22,8 m³/h indiquant un rabattement de 2,07 m (transmissivité de 5,0 10⁻³ m²/s). Exploité en 2012⁸ à hauteur de 102 257 m³ (augmentation importante ces dernières années). Autorisé pour un débit d'exploitation de 25 m³/h, 270 m³/j et 80 000 m³/an.</p>
------------------------------	---

⁸ Les données de débit ici indiquées (source : Agence de l'Eau) demandent à être vérifiées directement auprès des régies communales exploitant ces forages. En effet, il est observé notamment au droit du forage d'HERMIES une production qui a pu atteindre 200 000 m³ antérieurement à 1988.

00367X0019 DUP 18/11/2003	<p>Puits de TRESCAULT de 60,00m de profondeur. Substratum à la cote + 55,50 m (profondeur de 59,50 m).</p> <p>Pompage d'essai réalisé en 1962 à 6,2 m³/h indiquant une transmissivité de 4,8 10⁻³ m²/s.</p> <p>Exploité en 2012 à hauteur de 15 751 m³. Autorisé pour 10 m³/h, 82 m³/j et 19 000 m³/an.</p>
00367X0084 Absence de DUP	<p>Forage d'HAVRINCOURT de 65 m de profondeur, captant la nappe de la craie entre 45 et 65 m de profondeur (Ø : 187 mm), remplaçant le puits anciennement exploité 00367X0026 suite à un éboulement dans ce dernier (puits alors testé à 43 m³/h, transmissivité de 2 10⁻² m²/s). Substratum à la cote + 44,90 m à + 45,65 m (profondeur de 63,25 m à 64,0 m).</p> <p>Exploité en 2012 à hauteur de 34 902 m³. Arrêté de non protégeabilité de ce captage prononcé en avril 2007.</p>

Les coupes géologiques rassemblées tout comme la carte géologique soulignent que les formations imperméables du Turonien moyen plongent assez rapidement en se dirigeant vers le Nord-Est.

L'amplitude des niveaux piézométrique dans ce secteur (mesures faites au niveau du forage d'HAVRINCOURT) est de l'ordre de 5 mètres (entre les cotes + 61 et + 66 m, oscillant entre 42,85 m et 47,85 m de profondeur). D'une manière plus précise et pour la situation de référence (en basses eaux, avec des prélèvements de 2009), la profondeur de ces niveaux limite sensiblement l'épaisseur de craie productive (de l'ordre de 6,5 m au niveau du puits de TRESCAULT, 17,0 m pour le puits d'HERMIES, 15,7 m pour le forage d'HAVRINCOURT – cf. Tableau 8).

Indice national	HERMIES 00366X0003	TRESCAULT 00367X0019	HAVRINCOURT 00367X0084
Cote du substratum (en m)	+ 51,60	+ 55,50	+ 44,90
Situation de référence (basses eaux)			
Cote piézométrique minimale (en m)	+ 68,64	+ 62,00	+ 60,60
Epaisseur de craie productive (en m)	17,04	6,50	15,70
Situation projet (basses eaux) Scénario Sc2c-v2 (non remblayé)			
Cote piézométrique minimale (en m)	+ 67,01	+ 61,53	+ 59,65
Epaisseur de craie productive (en m)	15,41	6,03	14,75

Tableau 8 : Bief de partage. Caractéristiques de certains forages

Rappelons que le modèle permet de calculer un rabattement moyen en chaque maille. Il n'intègre donc pas les pertes de charge existantes dans les forages examinés (dues à des pertes de charge dans le milieu poreux à l'intérieur de la maille et aussi dues à la géométrie de ces forages).

Dès lors, les épaisseurs de craie productive ici présentées doivent être considérées comme des valeurs par excès. La diminution de cette épaisseur productive est suffisamment conséquente pour avoir un impact sur la productivité de chacun des forages étudiés. Ce risque ne peut être pris au niveau du puits de TRESCAULT, lequel présente dès à présent une très faible productivité.

L'interconnexion entre ces trois ouvrages ne permet pas d'assurer la sécurité de l'alimentation en eau potable des collectivités desservies.

La non protégeabilité du forage d'HAVRINCOURT a conduit à rechercher un nouveau site de captage.

Les différentes solutions préconisées reposent sur l'implantation d'un ouvrage de reconnaissance dans le ravin de Trescault (au sud-est d'HAVRINCOURT) afin de définir la productivité de ce site ou sur une possible interconnexion depuis la commune de GRAINCOURT-LES-HAVRINCOURT (indice national 00363X0105, DUP en date du 22/04/1987, autorisé pour 50 m³/h et 500 m³/j).

Ce dernier forage recoupe les formations crayeuses sur 32 m. Equipé de 15 à 28 m de profondeur (\varnothing : 600 mm en acier semi inoxydable APS 20A), il a été testé à 145 m³/h (après exécution d'une acidification s'avérant particulièrement efficace) pendant 24 heures (transmissivité calculée de $1,6 \cdot 10^{-2}$ m²/s).

3.3.4.2. Dans l'environnement de la vallée de la Sensée

Sources :
Arrêté d'autorisation du captage d'Aubigny-au-Bac du 29 janvier 1998. Préfecture du Nord.
Compte rendu des opérations de traçage sur le piézomètre d'Oisy-Le-Verger (2008).
Marche N°07 11 I 017 a. Rapport Sogreah Ingerop N° 1 34 0495-2.

Sur l'ensemble des forages destinés à l'alimentation en eau potable, y compris ceux situés au nord du Canal de la Sensée (cf. Tableau 9), le recueil des données piézométriques (niveaux influencés et niveaux dynamiques) a permis d'utiliser ces derniers comme points de calage du modèle mathématique réalisé.

Dans ce secteur, il convient de préciser comment les forages destinés à l'alimentation en eau potable auraient évolué sans l'aménagement projeté (CSNE). Cette connaissance s'avère particulièrement importante dans la mesure où les décisions prises ces dernières années ont conduit au renforcement de ces champs captant, essentiellement situés au nord du Canal de la Sensée.

Parmi les forages proches du CSNE, le forage d'AUBIGNY-AU-BAC (indice national 00278X0049), situé juste au nord du Canal de la Sensée, indique en tête d'aquifère la présence d'un faciès crayeux particulièrement altéré, constitué de granules de craie. Ce type d'altération peut se traduire par le développement sur plusieurs mètres d'épaisseur d'un faciès de nodules de craie particulièrement perméable. Ce forage est aujourd'hui exploité pour les besoins en eau potable, conformément à l'arrêté du 29 janvier 1998.

Champ captant	Indice national / Désignation	Nombre de données piézométriques
ST PGE ARLEUX	00277X0011/F1	65
ST PGE ARLEUX	00277X0137/F2	55
ST PGE ARLEUX	00277X0138/F3	55
ST PGE ARLEUX	00277X0140/F4	84
ST PGE BUGNICOURT	00278X0004/F2	83
ST PGE BUGNICOURT	00278X0099/F1	124
ST PGE BUGNICOURT	00278X0121/F5	57
ST PGE ESTREES	00277X0034/F1	93
ST PGE ESTREES	00277X0116/F2	74
ST PGE ESTREES	00277X0119/F3	68
ST PGE ESTREES	00277X0120/F4	62

Tableau 9 : Forages destinés à l'alimentation en eau potable situés au nord du Canal de la Sensée

A l'autre extrémité du bief, le forage d'OISY-LE-VERGER (indice national 00277X0016) capte la nappe de la craie pour alimenter en eau potable cette petite commune. D'une profondeur de 42,0 m, il se présente sous la forme d'un puits de 1,40 m de diamètre recoupant les formations tertiaires (composées de sables verts, puis d'argiles sableuses) sur une quinzaine de mètres, puis la craie blanche du Séno-Turonien.

Le système de captage de ce forage est complété par deux galeries, l'une orientée vers le Nord / Nord-Est (longueur \approx 45 m), l'autre orientée vers le Sud / Sud-Ouest (longueur \approx 64 m), la profondeur exacte de ces galeries n'étant pas précisée⁹ dans les documents consultés.

La coupe du piézomètre P38 (00277X0174, cote au sol : + 70,18 m), distant de 98 m de ce captage (profondeur : 40 m), confirme ces informations (toit de la craie située à 15,8 m de profondeur, soit une cote de + 54,38 m).

Les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère au droit de ce site ont pu être précisées suite à un pompage réalisé en 2008 : transmissivité de $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (au niveau du puits d'OISY-LE-VERGER) et de $5,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (au niveau du piézomètre P38), coefficient d'emmagasinement de $3,7 \cdot 10^{-3}$.

Signalons pour mémoire les principes des travaux envisagés au niveau de l'écluse d'OISY-LE-VERGER (sas d'une longueur utile de 195 m et 12,5 m de largeur, avec une chute moyenne de 25 m). Cette écluse est associée à quatre bassins d'épargne situés le long du sas et un bassin tampon permettant de réduire l'onde d'intumescence. Elle sera construite à l'abri d'un écran étanche, réalisé par injection.

⁹ Le suivi des niveaux d'eau du piézomètre P38, assuré par VNF, indique des cotes piézométriques variant entre + 35,74 m et 37,13 m.

Ces travaux auront un impact sur l'environnement, non simulé dans le cadre de cette étude, le dimensionnement précis de ces derniers n'étant pas connu à ce stade de l'étude (APS).

Comme précisé dans le chapitre 3.2.1, une première simulation (*hors aménagements de la Tortille et du CSNE*) a été réalisée en régime transitoire, en prenant en considération la valeur maximale des prélèvements observés ces dernières années, en l'occurrence 2009, sur toute la période simulée.

A titre d'exemple, la Figure 10 rappelle le calage entrepris sur ces forages (courbes mauves calculées comparées aux points de mesure bleus). Elle intègre par ailleurs la croissance des prélèvements observés sur ces forages, croissance qui se traduit par un rabattement constaté sur ces forages (courbes bleues).

Ce type de calcul a été réalisé sur l'ensemble forages exploités à ce jour.

La prise en compte du dernier bief du CSNE entraîne les modifications suivantes par rapport à l'état de référence :

- En période de moyennes eaux (type 1981), la partie centrale drainante du bief de partage du Canal de la Sensée s'avère de moindre importance, s'étendant moins vers l'Est. Celle-ci s'interrompt avant la confluence du CSNE avec le Canal de la Sensée.

Ceci est lié au fait que le dernier bief du CSNE, qui impose sa cote au même niveau que le bief de partage (+ 34,89 m), est lui aussi en position de drainage par rapport à la nappe sous-jacente. Ainsi, une partie du débit drainé dans l'état de référence au niveau du Canal de la Sensée se transfère sur le dernier bief du CSNE, à hauteur *de 0,031 m³/s*.

- En période de basses eaux, le dernier bief du CSNE reste en position de drainage, le débit calculé étant toutefois très limité (*0,014 m³/s*).

Le bief de partage du Canal de la Sensée entre ARLEUX et FECHAIN est alors plus alimentant qu'en moyennes eaux, du fait du drainage par le dernier bief du CSNE entraînant un léger rabattement de la piézométrie en amont. Par rapport à la situation de référence, ce débit d'alimentation est très légèrement inférieur (*0,148 m³/s contre 0,156 m³/s*).

- En période de hautes eaux, le secteur compris entre ARLEUX et FECHAIN est nettement moins drainant qu'en moyennes eaux.

Par rapport à la situation de référence, le débit drainé en hautes eaux par le Canal de la Sensée est moindre, le dernier bief du CSNE compensant le manque constaté (à hauteur de *0,107 m³/s*).

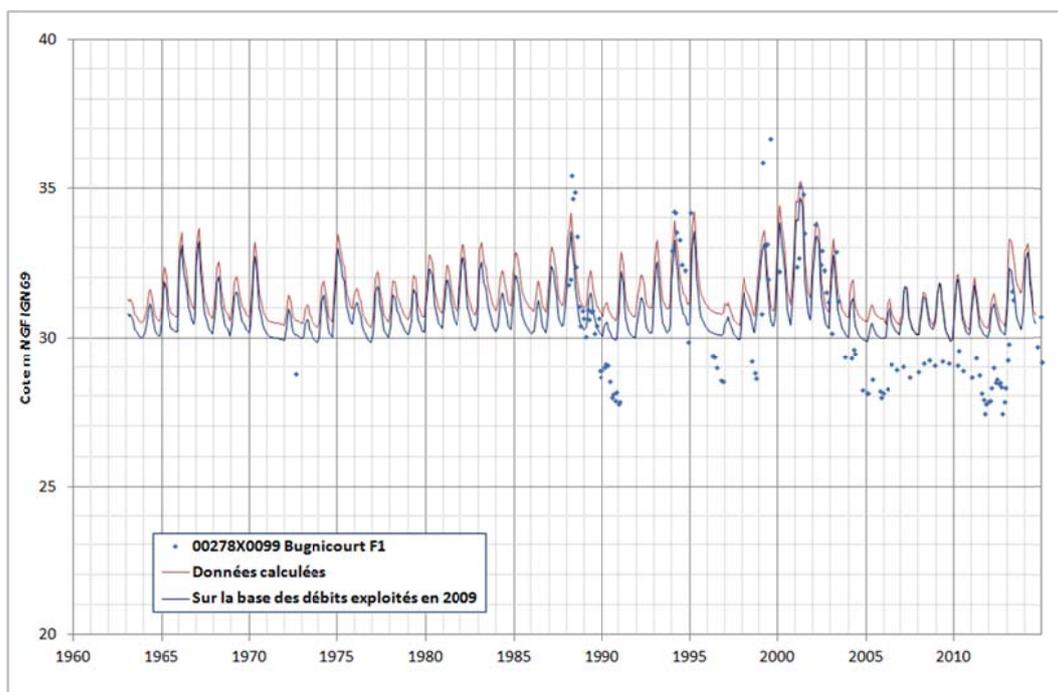
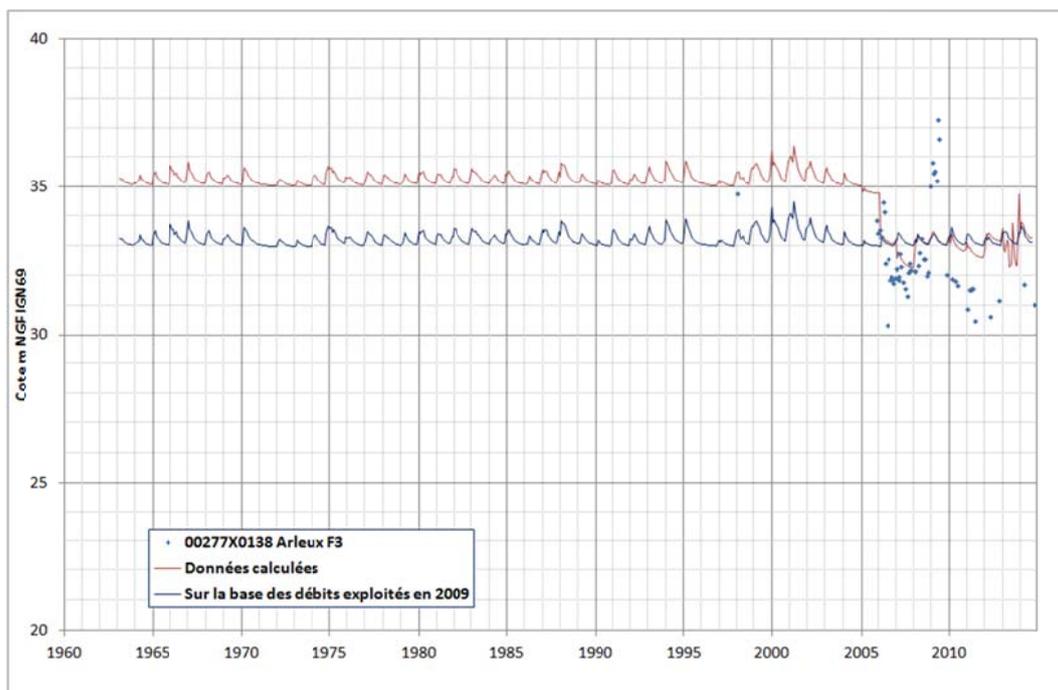


Figure 10 : Vallée de la Sensée. Reconstitution de séries piézométriques sur la base des prélèvements 2009

4. Mesures préconisées

Rappelons que l'objectif de ce modèle est d'utiliser celui-ci comme *outil de gestion* des aménagements projetés, permettant *d'anticiper l'ensemble des impacts hydrogéologiques* prévisibles et de rechercher la ou les solutions de moindre impact.

4.1. Au niveau du bief de partage

4.1.1. Surverse en sortie de tunnel

La comparaison des différentes cartes d'impact montrent clairement que l'impact s'avère prépondérant lors des basses eaux. A cette fin, l'année 1974 a été retenue comme année de référence.

Conscient des résultats obtenus dans cette situation extrême (basses eaux, type 1974), il a été recherché une solution permettant de minorer les impacts mis en évidence pour une telle situation climatologique.

Pour ce faire, il a été envisagé au niveau du canal du Nord une surverse positionnée à la cote + 83,5 m (Scénario Sc2c-v4). Une telle mesure aura un impact non seulement sur le débit de la Tortille, mais aussi sur le débit débordement calculé au niveau du CSNE (cf. Figure 11).

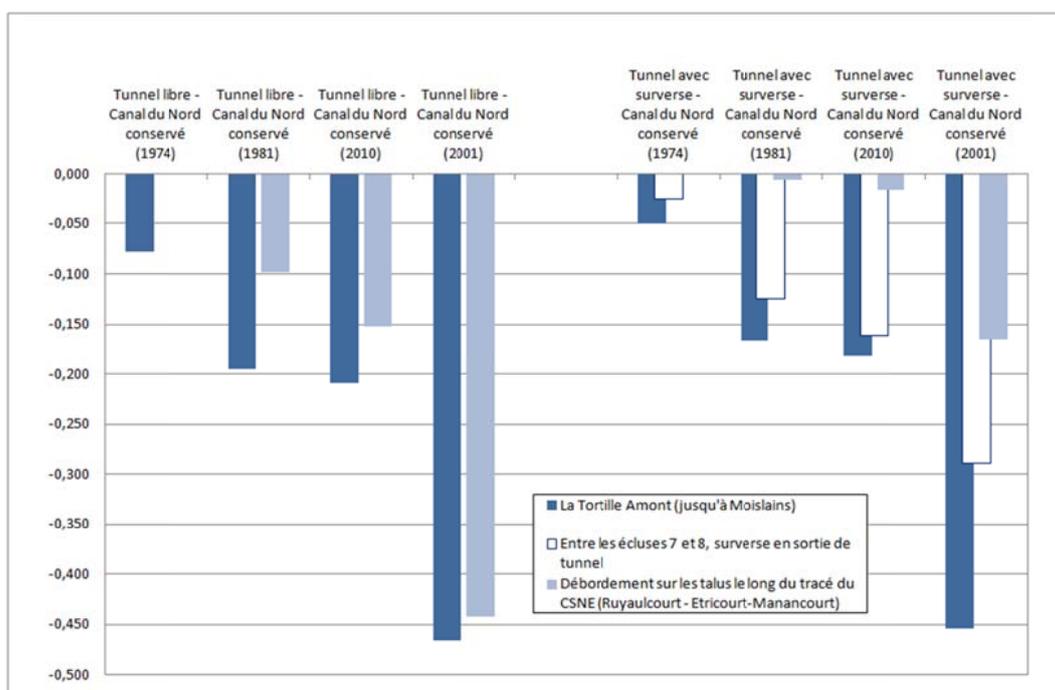


Figure 11 : Bief de partage. Présence d'une surverse dans le canal du Nord à la cote + 83,5 m

Une cote imposée en sortie du tunnel de RUYAULCOURT à $+83,5$ m entraîne un débit sortant de la nappe de la craie à hauteur de $0,026$ m³/s en basses eaux exceptionnelles (septembre 1974) passant à $0,289$ m³/s en hautes eaux (mai 2001).

Comme le montre la Figure 11, ce débit sortant se fait aux dépens du débit de débordement calculé le long du tracé du CSNE et dans une moindre mesure aux dépens du débit drainé par la Tortille.

Au niveau de la tranchée d'HAVRINCOURT, ces deux scénarios (Sc2c-v2 et Sc2c-v4) présentent le même impact. Au niveau du tunnel et pour le scénario Sc2c-v4, l'impact positif mis en évidence dans le scénario Sc2c-v2 (remontée des niveaux piézométriques) présente une étendue moins importante, dans la mesure où le débit de débordement est moindre dans le scénario Sc2c-v4.

4.1.2. Surverse en sortie de tunnel avec réinfiltration

Disposant d'un débit sortant au niveau de la nappe de la craie, il est envisagé dans le cadre du scénario Sc2c-v5 de laisser s'infiltrer le débit précalculé pour la situation de basses eaux ($0,026$ m³/s) au droit du tracé de l'ancien bief 7-8 (près du Chemin des Processions). Un tel scénario conduit à minorer l'importance des baisses de niveaux prévues au niveau du puits de TRESCAULT et de celui d'HERMIERS.

Une analyse plus fine peut être menée au niveau du forage d'HAVRINCOURT (indice national 00367X0084, forage situé à une quinzaine de mètres du piézomètre 00367X0026). Cet ouvrage a servi au calage de la modélisation (cf. Figure 12 soulignant l'adéquation entre données mesurées et calculées).

Le scénario simulé s'appuie sur la réinjection d'un débit de $0,026$ m³/s, valeur considérée comme étant la plus faible de l'année 1974.

L'exemple présenté sur la Figure 13 condense les résultats des différentes simulations obtenus sur le piézomètre d'HAVRINCOURT (indice national 00367X0026, situé à proximité du forage actuellement exploité 00367X0084).

Comme cela a été répété à plusieurs reprises, le graphique ci-contre souligne l'impact d'un remblaiement du canal du Nord.

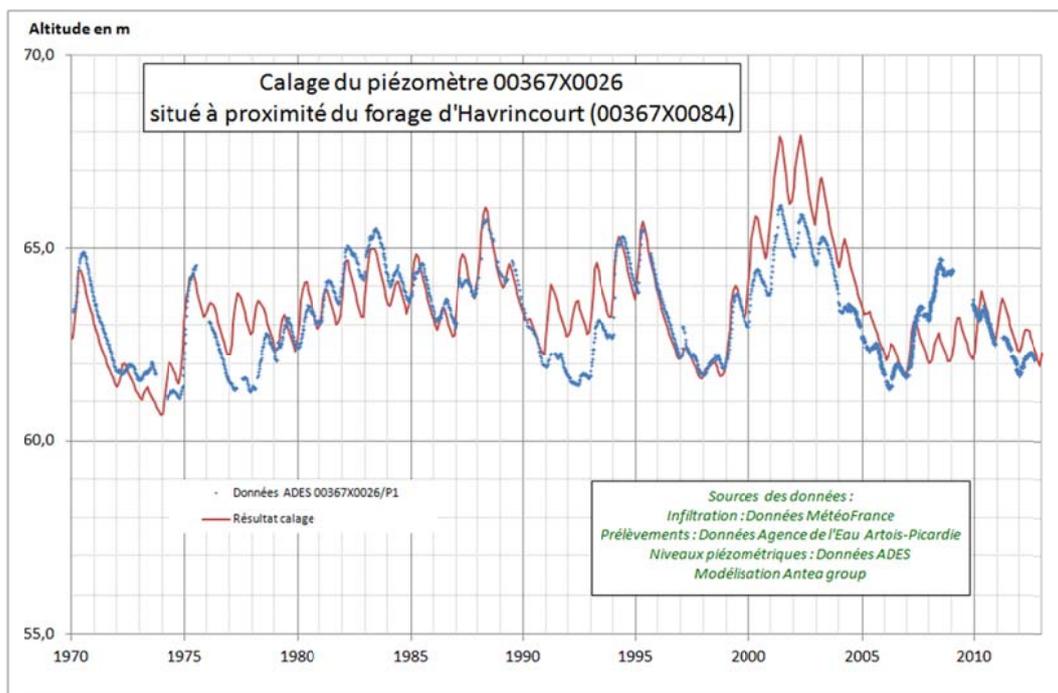


Figure 12 : Forage d'HAVRINCOURT. Calage réalisé sur le piézomètre 00367X0026

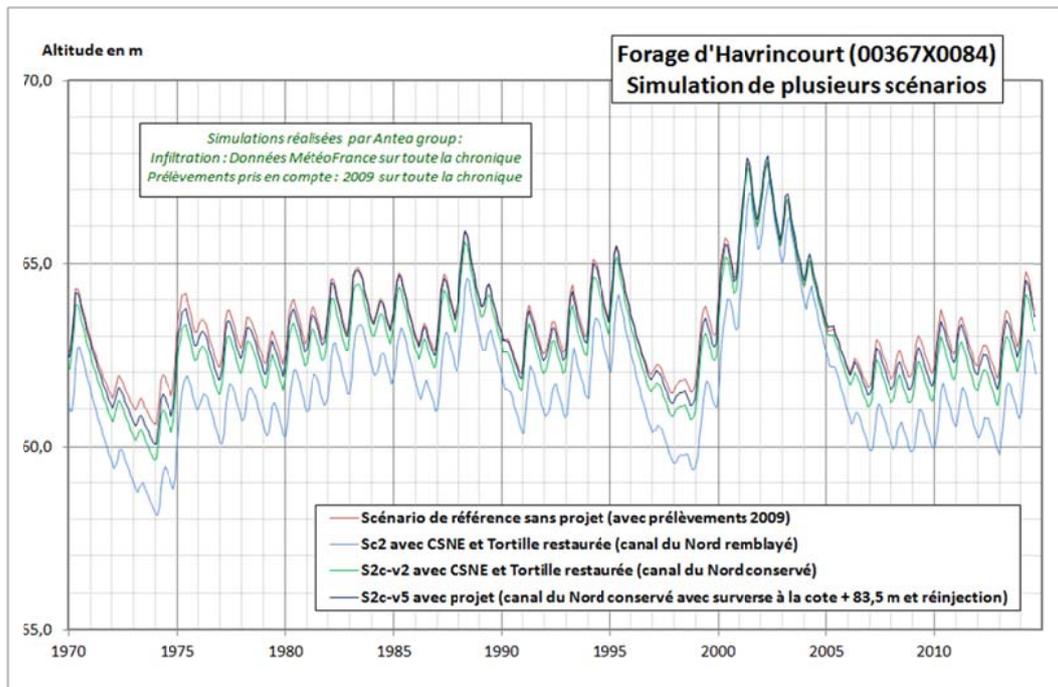


Figure 13 : Forage d'HAVRINCOURT. Simulation d'une chronique piézométrique selon différents scénarios

La réinjection du débit de surverse à l'extrémité nord du tunnel de RUYAULCOURT permet de minorer les impacts. Selon ce scénario, seul le forage d'HAVRINCOURT présente encore un impact très faible (compris entre 0,5 et 1,0 m de rabattement - cf. Figure 14).

Indice national 00367X0026	Cote piézométrique			
	Référence	Sc2c	Sc2c-V2	Sc2c-v5
Cote du substratum (en m) Forage AEP 00367X0084	+ 44,90	+ 44,90	+ 44,90	+ 44,90
Cote piézométrique minimale (en m)	+ 60,60	+ 58,15	+ 59,65	+ 60,07
Epaisseur de craie productive (en m)	15,70	13,25	14,65	15,17

Tableau 10 : Forage d'HAVRINCOURT. Caractéristiques simulées

La même analyse faite sur les deux autres forages (puits de TRESCAULT et d'HERMIES) souligne que la mesure prise (réinjection du débit de surverse) permet de minorer l'impact alors souligné, ce dernier présentant avec cette mesure une valeur inférieure à 0,5 m.

Indice national Puits d'HERMIES 00366X0003	Cote piézométrique		
	Référence	Sc2c-v2	Sc2c-v5
Cote du substratum (en m) Forage AEP 00366X0003	+ 51,60	+ 51,60	+ 51,60
Cote piézométrique minimale (en m)	+ 68,64	+ 67,01	+ 68,26
Epaisseur de craie productive (en m)	17,04	15,41	16,66

Indice national Puits de TRESCAULT 00367X0019	Cote piézométrique		
	Référence	Sc2c-v2	Sc2c-v5
Cote du substratum (en m) Forage AEP 00367X0019	+ 55,50	+ 55,50	+ 55,50
Cote piézométrique minimale (en m)	+ 62,00	+ 61,53	+ 61,81
Epaisseur de craie productive (en m)	6,50	6,03	6,31

Tableau 11 : Puits d'HERMIES et de TRESCAUX. Incidence des mesures proposées

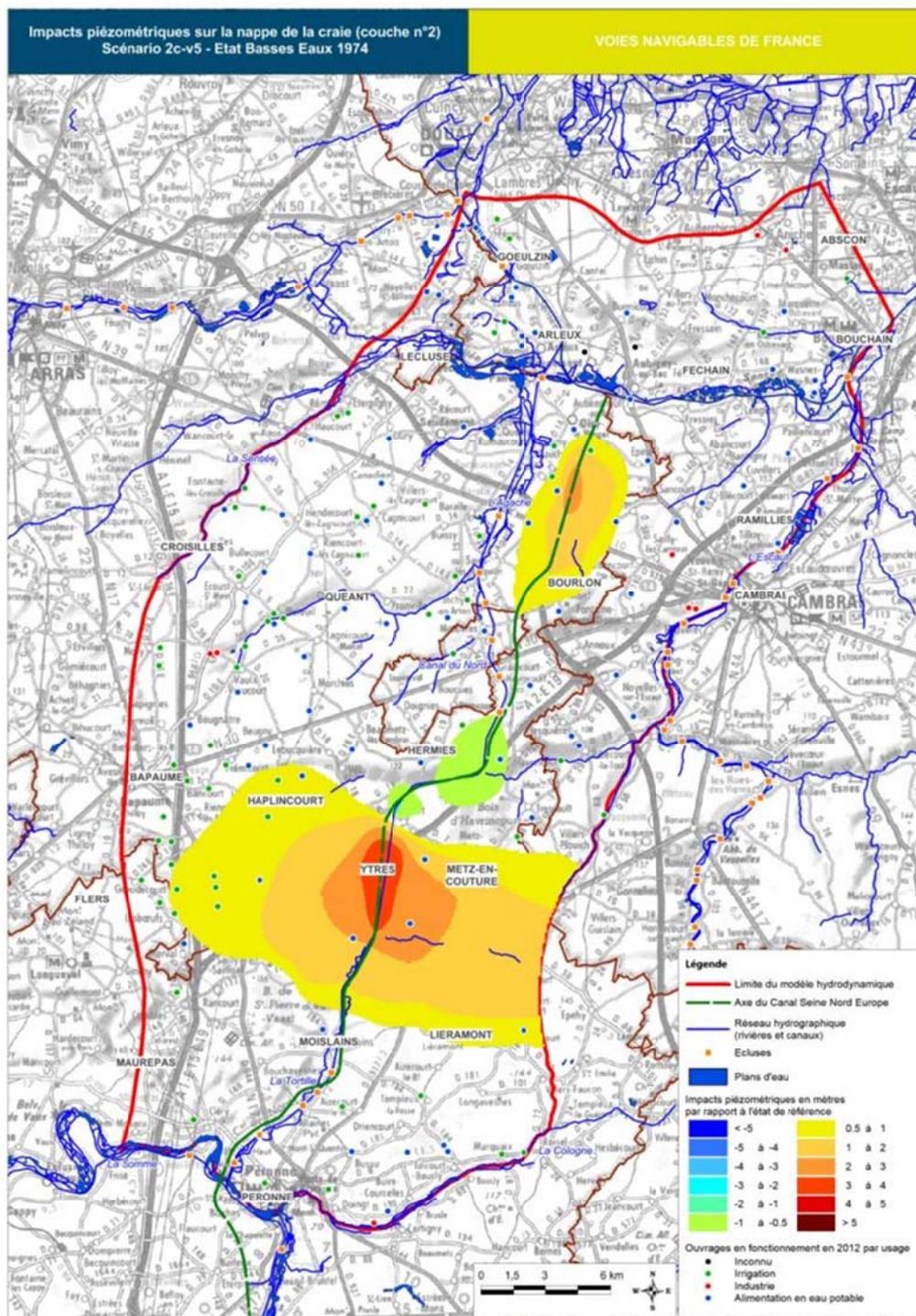


Figure 14 : Zone modélisée. Surverse dans le canal du Nord à la cote + 83,5 m, avec réinfiltration du débit sortant

4.2. Au niveau de la vallée de la Sensée

4.2.1. Forages situés au Nord du Canal de la Sensée

Les simulations ici présentées couvrent une période de mesures météorologiques équivalent à celle de 1970 à 2013, intégrant de ce fait des situations extrêmes : 1974 (piézométrie très basse) et 2001 (piézométrie très haute).

Au niveau des forages destinés à l'alimentation en eau potable, la comparaison des évolutions piézométriques - avec et sans projet - montrent clairement que la mise en place du CSNE ne générera pas d'impact sur les forages situés au nord du Canal de la Sensée (cf. Figure 15 comparant les évolutions de plusieurs forages appartenant au champ captant d'ARLEUX-BUGNICOURT).

Les différentes simulations réalisées soulignent que le projet n'aura *aucune incidence* sur ces forages, tous situés au nord du Canal de la Sensée.

Considérant d'une part la faiblesse de cet impact, d'autre part la productivité importante de l'aquifère crayeux reposant sur une *craie très fissurée* (cf. coupes des forages présents à proximité du Canal de la Sensée), il est conseillé de limiter toute injection entre l'écluse d'OISY-LE-VERGER et le Canal de la Sensée (au niveau de l'avant port aval), une telle opération présentant un certain nombre de risques pour la nappe exploitée (pertes du béton dans le milieu).

Au niveau de l'écluse d'OISY-LE-VERGER, la modélisation de la fouille projetée tel que prévu doit permettre d'estimer le débit d'exhaure nécessaire pour maintenir cette fouille hors eau, sur la base d'hypothèses concernant la perméabilité de la craie, son évolution avec la profondeur, la pénétration du voile étanche et enfin la perméabilité du fond de fouille, naturelle ou non.

Il sera prudent d'exécuter ici un sondage atteignant le substratum marneux, suivi par l'exécution de diagraphies spécifiques (gamma ray, micomoulinet). La faisabilité de telles diagraphies serait à analyser dans les piézomètres opérationnels.

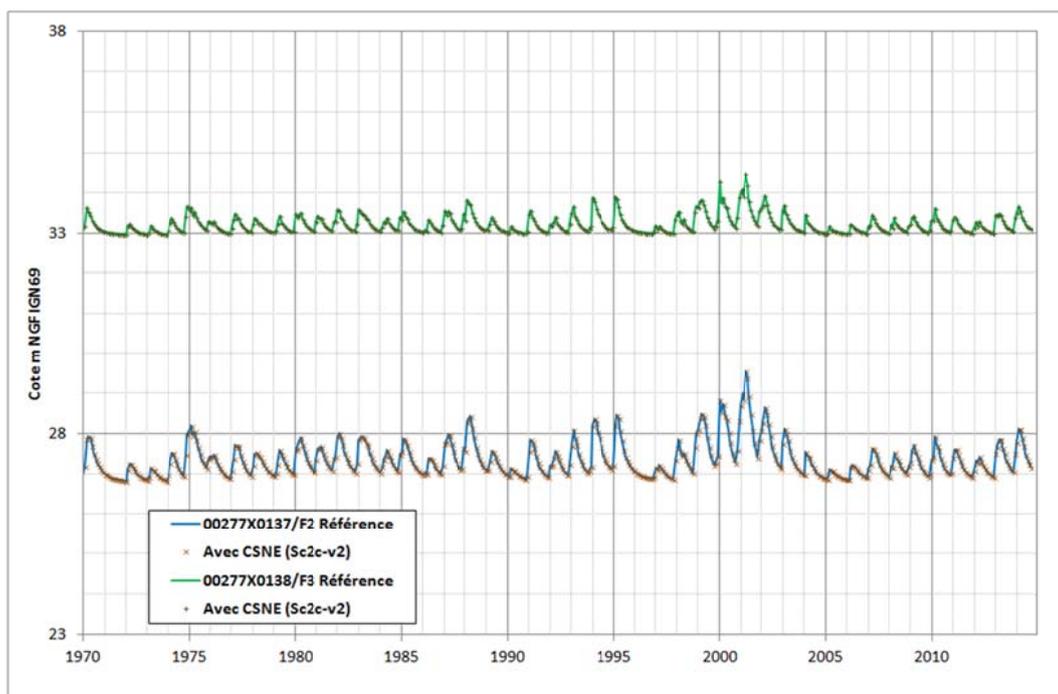
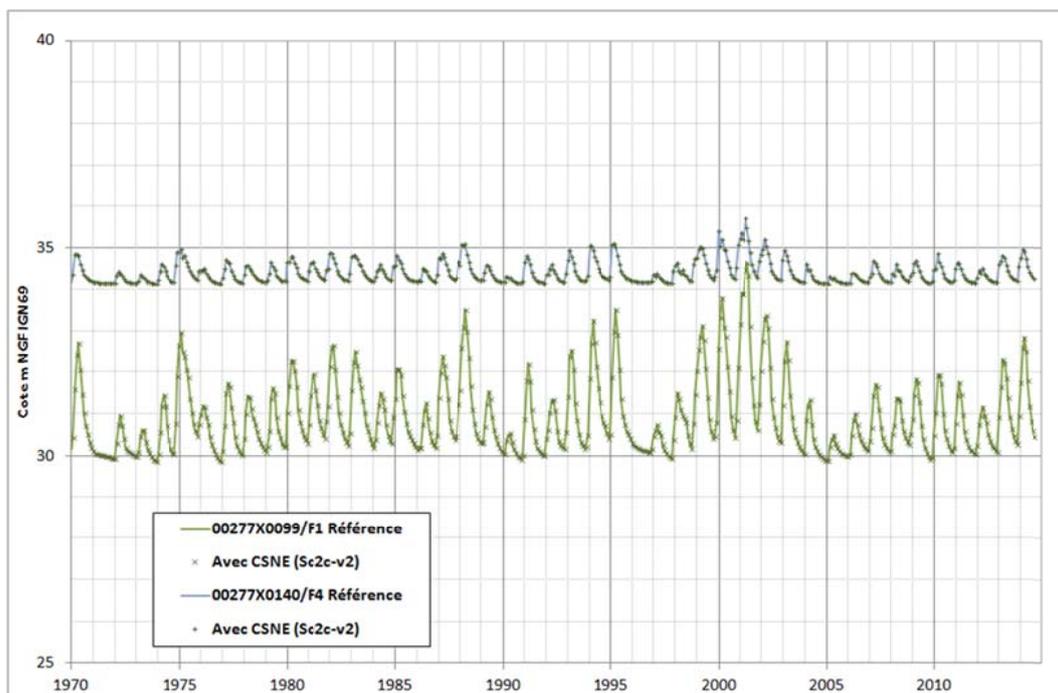


Figure 15 : Forages au nord du Canal de la Sensée. Comparaison des évolutions piézométriques, avec et sans projet

4.2.2. Forage d'Oisy-le-Verger

L'amplitude des fluctuations piézométriques augmentent dès que l'on s'éloigne du Canal de Sensée. Ainsi, au sud de l'écluse d'OISY-LE-VERGER, il est observé une très légère remontée de la nappe, reflétant les fuites prévisibles issues du futur canal (cf. Figure 16 du piézomètre P38 situé non loin de ce forage).

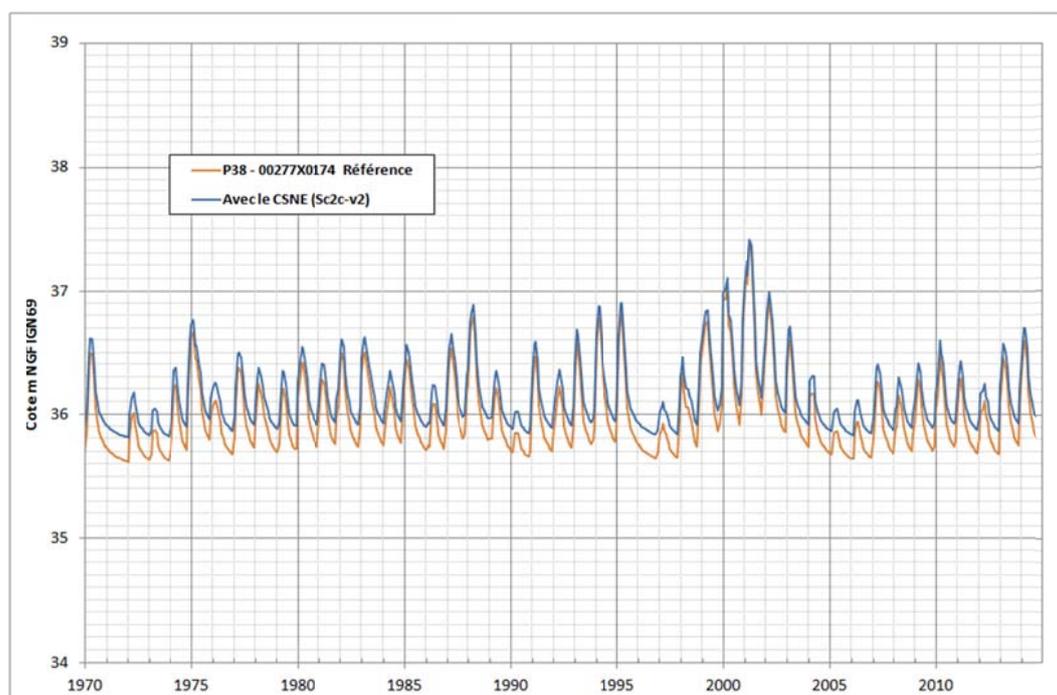


Figure 16 : Forage d'OISY-LE-VERGER. Incidence du projet à proximité

L'impact du projet peut être calculé mois après mois en reprenant les simulations du CSNE au droit de la future écluse d'OISY-LE-VERGER (piézomètre SCE062 – 00277X0181), en supposant qu'aucune mesure particulière ne soit prise au niveau du dernier bief.

Cet impact (cf. Figure 17) se traduit par une légère baisse du niveau piézométrique, plus nette en hautes eaux (2001).

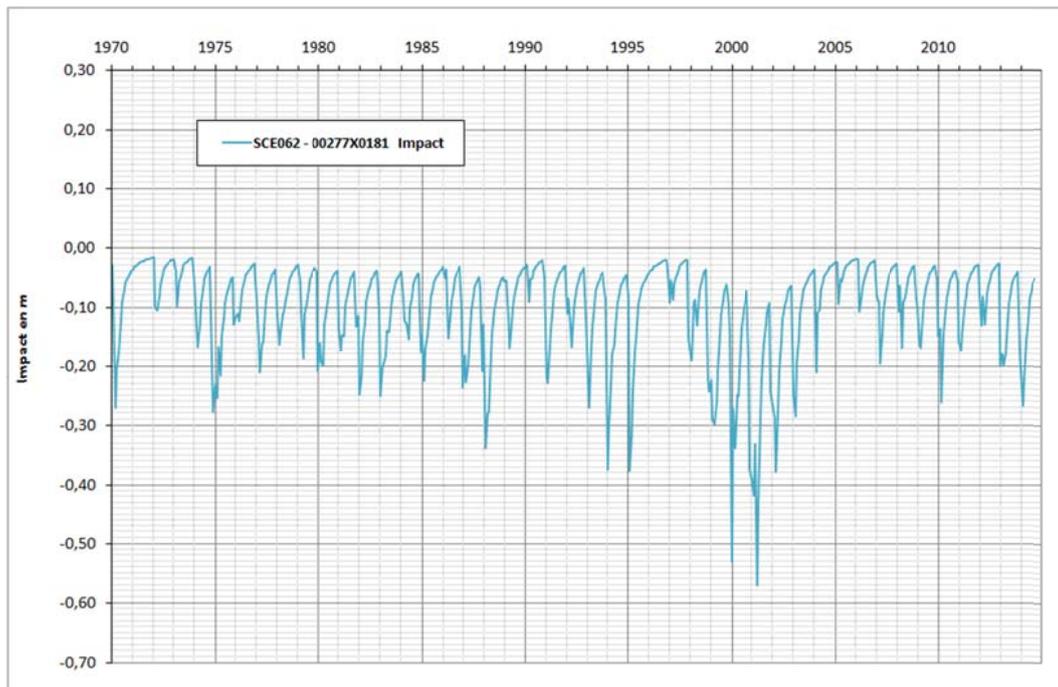


Figure 17 : Future écluse d'Oisy-le-Verger. Reconstitution du cycle climatique 1970-2014. Incidence du projet au niveau de cette écluse

L'écluse d'OISY-LE-VERGER recoupera sous quelques mètres de limons des formations crayeuses apparemment fracturées. D'après les coupes types du sas présentées, le génie civil (base du massif de béton) sera ancré à une cote prévisionnelle de + 22,89 m.

Tel que prévu dans l'APSm établi par le Groupement Systra-Edf-Artelia-Arep-Sector (CSNE-ART-M16-ECL6-PLN-2600_2670.pdf), l'écran étanche projeté sera ancré à une cote prévisionnelle + 5,00 m, ce dernier devant ceinturer la globalité des travaux prévus au droit de l'écluse (sas, bassins d'épargne et bassin tampon).

Cet écran étanche, réalisé par injection, devrait donc présenter une largeur globale de l'ordre de 195 m (55 m à l'ouest de l'axe du canal, 140 m à l'est de l'axe¹⁰). Sur la base d'un fond de fouille prévisionnel situé à + 22,89 m, la nappe de la craie devra être rabattue au moins 2 m sous ce fond de fouille (soit à + 20,89 m).

¹⁰ données devant être considérées comme approchées (stade Avant Projet Sommaire).

Comme déjà évoqué, ces travaux auront un impact sur l'environnement, non simulé dans le cadre de cette étude, le dimensionnement précis de ces derniers n'étant pas connu à ce stade de l'étude (APS).

Compte tenu de la proximité du forage alimentant la commune d'OISY-LE-VERGER (indice national 00277X0016), il est recommandé de prévoir dès à présent l'inter connexion de cet ouvrage avec le réseau d'autres collectivités.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations ici exposées ne saurait engager notre responsabilité. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

La prestation a été réalisée à partir d'informations bibliographiques extérieures non garanties. Notre responsabilité ne saurait être engagée en la matière.



Fiche signalétique

Rapport

Titre : Modèle hydrodynamique de la nappe de la craie, de la vallée de la Somme à la vallée de la Sensée. Synthèse

Numéro et indice de version : A80139/A

Date d'envoi : Juin 2015

Nombre de pages : 53

Diffusion (nombre et destinataires) :

2 ex. Client

1 ex. Agence

Nombre d'annexes dans le texte : /

Nombre d'annexes en volume séparé : /

1 ex. Auteur

Client

Coordonnées complètes :

Voix Navigables de France

Direction des Liaisons Européennes et de l'Innovation.

175, rue Ludovic Boutleux - CS 30820

62 408 BETHUNE Cedex

Nom et fonction des interlocuteurs :

Claire PERARD

Ingénieur de projet Hydraulique-Environnement

Tél : 03.21.68.83.66

Antea Group

Unité réalisatrice : Antea Agence Nord-Est

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Quentin BEAUMONT, Norbert KLEINMANN et Alain TALBOT, auteurs,

Valérie DELOFFRE, secrétariat.

Qualité

Contrôlé par : *Alain TALBOT*

Date : 12 juin 2015 - *Version A*

N° du projet : PICP140146

Références et date de la commande : Bon de commande n°1 reçu le 28 octobre 2014, établi dans le cadre du marché n°14111016.

Mots clés : CANAL, BILAN, EAUX-SOUTERRAINES, AEP, NORD, PAS-DE-CALAIS, SOMME.