

PAPI – PPRI de la Canche

Partie 1. Diagnostic territorial
Volet 2. Caractérisation des aléas
LCOM13
Aléas remontée de nappe



Immeuble Central Seine
42-52 quai de la Rapée
75582 Paris Cedex 12
Email : hydra@hydra.setec.fr
T : 01 82 51 64 02
F : 01 82 51 41 39

Directeur d'affaire : BST
Responsable d'affaire : LPU
N°affaire : 37093
Fichier :
37093_LCOM13_Alea_Remontee_de_nappe_v2.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	28/03/2017	AAD	NVC LPU	44	
2	24/04/2017	AAD	NVC LPU	43	



Table des matières

1	CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	7
1.1	Contexte de l'étude.....	7
1.2	Objectifs de l'étude	7
1.3	Déroulé de l'étude	8
1.4	Objet du présent livrable.....	9
2	BASSIN VERSANT HYDROGEOLOGIQUE	10
2.1	Géologie du secteur.....	10
2.2	Hydrographie et Masses d'eaux souterraines.....	11
2.3	Variations piézométriques	12
2.3.1	Réseau piézométrique sur le bassin versant de La Canche	13
2.3.2	Analyse des chroniques piézométriques.....	13
2.4	Cartes piézométriques.....	16
2.4.1	Carte piézométrique des hautes eaux.....	16
2.4.2	Carte piézométrique des basses eaux	17
2.5	Sources	17
2.6	Relation entre la nappe et le réseau hydrographique	19
2.6.1	Rive Gauche de la Canche	20
2.6.2	Rive Droite de la Canche	21
2.6.3	Rive droite de La Ternoise	22
2.7	Bilan sur le fonctionnement hydrogéologique du bassin de La Canche	23
3	METHODOLOGIE DE DETERMINATION DES ZONES INONDABLES PAR REMONTEE DE NAPPE	24
3.1	Altimétrie du terrain naturel.....	24
3.2	Piézométrie.....	24
3.2.1	Données utilisées.....	24
3.2.2	Interpolation et résultat général.....	26
3.2.3	Comparaison avec la piézométrie BRGM dans les vallées	26
3.3	Estimation des zones inondables par remontée de nappe	28
4	CARTOGRAPHIE DE SENSIBILITE A LA REMONTEE DE NAPPE.....	29
4.1	Cartographie générale des inondations.....	29
4.2	Cartographies localisées	30
4.3	Analyse critique des résultats	34
4.3.1	Limites de la méthode	34
4.3.2	Croisement avec les informations recueillies	35
4.4	Proposition de classes d'aléa	36



ANNEXES

Annexe 1 - Chronique piézométrique et caractérisation des événements exceptionnels pour différentes périodes de retour (Piézomètre 00241X0012/P1)

Annexe 2 - Chronique piézométrique et caractérisation des événements exceptionnels pour différentes périodes de retour (Piézomètre HE_00171X0051/P1)

Annexe 3 - Cartes piézométriques des hautes eaux disponibles sur le bassin versant de La Canche

Table des illustrations

Figure 2-1: Extrait de la carte géologique du bassin de La Canche	11
Figure 2-2: Masses d'eaux souterraines concernées par le bassin de La Canche	12
Figure 2-3 : Localisation des piézomètres ADES sur le bassin versant de La Canche	13
Figure 2-4 : Chronique piézométrique de l'ouvrage n°00171X0051/P1 et période de retour (T) des événements exceptionnels de hautes eaux	14
Figure 2-5 : Chronique piézométrique de l'ouvrage n°00171X0051/P1 et période de retour (T) des événements exceptionnels de basses eaux	15
Figure 2-6: Carte piézométrique des hautes eaux en 2001 sur le bassin de La Canche	16
Figure 2-7: Carte piézométrique des basses eaux en 1997 sur le bassin de La Canche	17
Figure 2-8: Schéma explicatif de l'apparition de sources d'émergence dans les vallons secs	18
Figure 2-9: Schéma explicatif de l'apparition de sources de débordement dans les vallées alluviales	18
Figure 2-10: Localisation des sources référencées sur le bassin versant de La Canche	19
Figure 2-11: Piézomètres et stations hydrométriques utilisés pour comprendre la relation entre la nappe et la rivière	20
Figure 2-12: Comparaison des chroniques piézométriques des ouvrages en rive gauche de La Canche avec l'évolution du débit à la station hydrométrique La Canche à Brimeux	21
Figure 2-13: Comparaison des chroniques piézométriques des ouvrages en rive droite de La Canche avec l'évolution du débit à la station hydrométrique La Canche à Brimeux	22
Figure 2-14: Comparaison des chroniques piézométriques de l'ouvrages sur le bassin de La Ternoise avec l'évolution du débit à la station hydrométrique La Ternoise à Heslin	23
Figure 2-15: Schéma explicatif du fonctionnement hydrogéologique global du bassin versant de La Canche. La position de ligne piézométrique des hautes eaux est le facteur déterminant à prendre en compte dans l'étude de remontée de nappe	23
Figure 3-1: Détails de la méthode employée pour la sélection des points d'interpolation utilisée dans l'actualisation de la carte piézométrique des hautes eaux de 2001	25
Figure 3-2: Schéma de principe des modifications apportées à la piézométrie BRGM (source = triangle bleu, points fictifs = rond rouge)	25
Figure 3-3: Carte piézométrique des hautes eaux (2001) actualisée et affinée par hydratec	26
Figure 3-4: Comparaison de la piézométrie BRGM avec la piézométrie Hydratec en période de hautes eaux (2001) dans la vallée de La Bimoise, affluent aval de La Course	27
Figure 3-5: Comparaison de la piézométrie BRGM avec la piézométrie hydratec en période de hautes eaux (2001) dans la vallée de La Ternoise amont	28
Figure 4-1: Cartographie générale des inondations par remontée de nappe sur le bassin de La Canche en période de hautes eaux (2001)	29
Figure 4-2: Cartes détaillées des risques d'inondation par remontée de nappe sur différentes zones du bassin versant de La Canche	30
Figure 4-3: Communes touchées par les inondations par remontée de nappe	35
Tableau 2-1 : Périodes de retour (T) des évènements exceptionnels de hautes eaux et cotes piézométriques associées	14
Tableau 2-2 : Période de retour (T) des évènements exceptionnels de basses eaux et cotes piézométriques associées	15



1 Cadre et objectifs de l'étude

1.1 Contexte de l'étude

Le bassin versant de la Canche, d'une superficie de 1 275 km², situé dans le Pas de Calais, regroupe 203 communes pour 104 500 habitants et 12 communautés de communes.

Des inondations ont touché tout ou une partie du territoire en : 1988, 1993, 1994, 1999, 2002, et plus récemment 2012 et 2013.

Suite à la crue de décembre 1994, la DDTM62 a réalisé le PPRI de 21 communes situées en aval de la Canche exposées au risque d'inondation par débordement de la Canche. Ce « PPRI de la Canche aval » a été approuvé par le Préfet en 2003.

En parallèle, les Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) du bassin versant de la Canche ont réalisé des aménagements pour la protection des populations contre les crues (dans la vallée / dans les bassins versants, des ouvrages légers / des ouvrages structurants...). Cependant, la récurrence des épisodes d'inondation a fait émerger la nécessité d'une démarche coordonnée et cohérente à l'échelle du bassin versant entier, qui se concrétisa dans le « PAPI d'Intention » de la Canche, porté par le Symcéc, labellisé en 2014. Le PAPI d'intention est une première étape, qui vise à établir un premier diagnostic du territoire et permet de mobiliser les maîtres d'ouvrage en vue de la réalisation du « PAPI Complet ».

Le Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) est un outil contractuel entre les collectivités locales et l'Etat, qui décline un ensemble d'actions visant à réduire l'aléa ou la vulnérabilité des personnes et des biens de manière progressive, cohérente et durable. Ces actions doivent être déclinées en 7 axes, de façon équilibrée :

- Axe 1 - L'amélioration de la connaissance et de la conscience du risque,
- Axe 2 - La surveillance, la prévision des crues et des inondations,
- Axe 3 - L'alerte et la gestion de crise,
- Axe 4 - La prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme,
- Axe 5 - Les actions de réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens,
- Axe 6 - Le ralentissement des écoulements,
- Axe 7 - La gestion des ouvrages de protection hydraulique.

Le PAPI est élaboré par les collectivités locales dans le cadre de l'appel à projet lancé en 2002 par le ministère de l'écologie et du développement durable, prolongé en 2011 par un nouvel appel à projets PAPI. Pour bénéficier de l'appui de l'Etat, notamment via le fond de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM), le projet doit être labellisé par un comité partenarial au niveau national ou local, regroupant entre autres des représentants de l'Etat et des collectivités locales.

Parallèlement, et suite aux épisodes d'inondation de 2012, les services de l'Etat ont réalisé une analyse de la procédure du PPR approuvé et ont programmé l'acquisition de données topographiques fines (de type LIDAR) sur l'ensemble du bassin versant de la Canche. A l'issue de ces démarches, une procédure de révision du PPRI a été engagée.

1.2 Objectifs de l'étude

Aujourd'hui, le Symcéc et la DDTM62 associent leurs démarches.

L'étude a pour objet la réalisation conjointe DDTM62/Symcéc du PAPI complet de la Canche et d'un nouveau PPRI de la Canche sur la base d'un diagnostic approfondi et partagé.

L'étude porte sur l'ensemble des problématiques inondation pouvant affecter le territoire : les ruissellements sur les versants, les débordements de cours d'eau (Canche et affluents), les remontées de nappe, et l'influence maritime, et ce, sur l'ensemble du bassin versant de la Canche.

Les temps forts de réalisation du PAPI concernent :

- L'établissement et le partage du diagnostic,
- La rédaction et la présentation des actions envisagées dans le cadre du cahier des charges PAPI selon 7 axes,
- La labellisation.



La révision attendue du PPR comprend :

- La définition des aléas et des enjeux pour les communes concernées par la procédure administrative,
- L'élaboration des documents réglementaires du PPRI (note de présentation, cartes du zonage réglementaire, règlement, bilan de la concertation).

Les objectifs finaux de labellisation du PAPI et de mise en place des PPRI passent par la mise en place d'une concertation active pour que les deux projets soient partagés et acceptés.

1.3 Déroulé de l'étude

L'étude se déroule en 3 parties :

- Partie 1 : Le diagnostic territorial, socle commun aux parties 2 et 3,
- Partie 2 : PAPI,
- Partie 3 : PPR.

La première partie de diagnostic territorial se décompose en 4 volets :

- Volet 1 : Diagnostic initial du fonctionnement du bassin versant et connaissance des phénomènes historiques
- Volet 2 : Caractérisation des aléas
- Volet 3 : Caractérisation des enjeux exposés
- Volet 4 : Evaluation du risque inondation sur le bassin versant de la Canche

Le deuxième volet de diagnostic initial du fonctionnement du bassin versant et connaissance des phénomènes historiques comprend 4 livrables :

- **Livable LCOM12 : Méthode de détermination des aléas**
Ce livrable présente les méthodes retenues, sur la base de la phase de recueil de données, pour l'analyse hydrologique et pour qualifier les aléas ruissellement sur les parties amont du bassin versant, les aléas débordement pour les vallées et les secteurs aval, ainsi que l'aléa remontée de nappe.
- **Livable LCOM13 : Rapport sur les aléas déterminés**
Ce livrable prend la forme d'un dossier explicitant la détermination des aléas, justifiant et commentant les scénarios choisis et leurs résultats. Il développe l'étude hydrologique réalisée ainsi que la construction et le calage du modèle hydraulique. Ce document contient aussi les cartes de l'analyse hydrogéomorphologique et les aléas remontée de nappe.
- **Livable LCOM 14 : Les cartes des aléas première version**
Il s'agit de la cartographie des aléas ruissellement, débordement et remontée de nappe.
- **Livable LCOM15 : Études complémentaires**
L'analyse des aléas obtenus permet de dégager les éventuelles études complémentaires à mettre en œuvre pour améliorer la qualité des résultats. Celles-ci sont hiérarchisées en fonction des besoins.



1.4 Objet du présent livrable

Le présent rapport constitue un rapport d'étape du livrable LCOM13 : Cartographie des aléas par remontées de nappe.

L'étude s'intéresse ici aux **inondations par remontée de nappe phréatique** et ne concerne donc pas les autres types d'inondation.

Bien que n'engendrant pas de danger pour la vie humaine, ce type d'inondation, impressionnant et incontrôlable, peut aboutir à d'importants dégâts matériels (inondation de cave, tassement différentiel des sols déstabilisant les habitations ou encore parcelles agricoles inexploitable).

Ce rapport expose dans un premier temps les caractéristiques hydrogéologiques globales du bassin versant de La Canche.

Une seconde partie est dédiée à la méthodologie mise en œuvre pour cartographier le phénomène de remontée de nappe.

Enfin, la cartographie établie est présentée dans une dernière partie où l'analyse critique des résultats est également détaillée.



2 Bassin versant hydrogéologique

L'étude concerne le bassin versant de La Canche et le phénomène de remontée de nappe. Celui-ci est soutenu par la pluviométrie mais est également en relation avec la géologie locale et le réseau hydrographique du secteur.

2.1 Géologie du secteur

Les caractères hydrologiques d'un bassin sont dans une large mesure influencés par la capacité qu'ont les roches, et les sols qui en dérivent, d'absorber l'eau et de la retenir de manière temporaire. La connaissance de la lithologie du secteur de la Canche est donc un paramètre indispensable pour la compréhension des phénomènes de ruissellement et d'infiltration d'eau.

Les formations rencontrées au droit du bassin d'étude sont présentées ci-après, de la plus récente à la plus ancienne, celles-ci sont issues de la carte géologique au 1/50 000 du BRGM (Figure 2-1).

- Les **formations du Quaternaires** recouvrent la majorité du bassin versant de la Canche excepté sur le flanc des vallées qui entaillent la Craie sous-jacente. La formation la plus récente correspond à des limons de lavage argileux, présents en bordure de vallée et qui sont des produits d'érosion de la Craie. Ensuite, des Alluvions modernes, galets graviers et sables hétérogènes, tapissent le fond de chaque vallée du bassin. Enfin, les Limons Pléistocènes correspondent à des lœss argileux et marneux présents superficiellement sur les plateaux.
- La **Craie du Sénonien** est pure, blanche et parfois dolomitisée. Cette formation est très fissurée sur les premiers mètres.
- La **Craie du Turonien** est subdivisée en trois parties. La partie inférieure est argilo-marneuse, et le Turonien moyen et supérieur correspond à une craie blanche à silex. Le sommet met en évidence des bancs de « Tun », craie blanche à bancs durs et de « Meules », craie dont les pores sont remplis de calcite recristallisée.
- La **Craie du Cénomanien** est un conglomérat glauconieux à galets de calcaire, de quartz, de grès, cimentés par du calcaire. La partie inférieure est très marneuse avec des bancs de silex et de sables tandis que la partie supérieure est marno-calcaire.

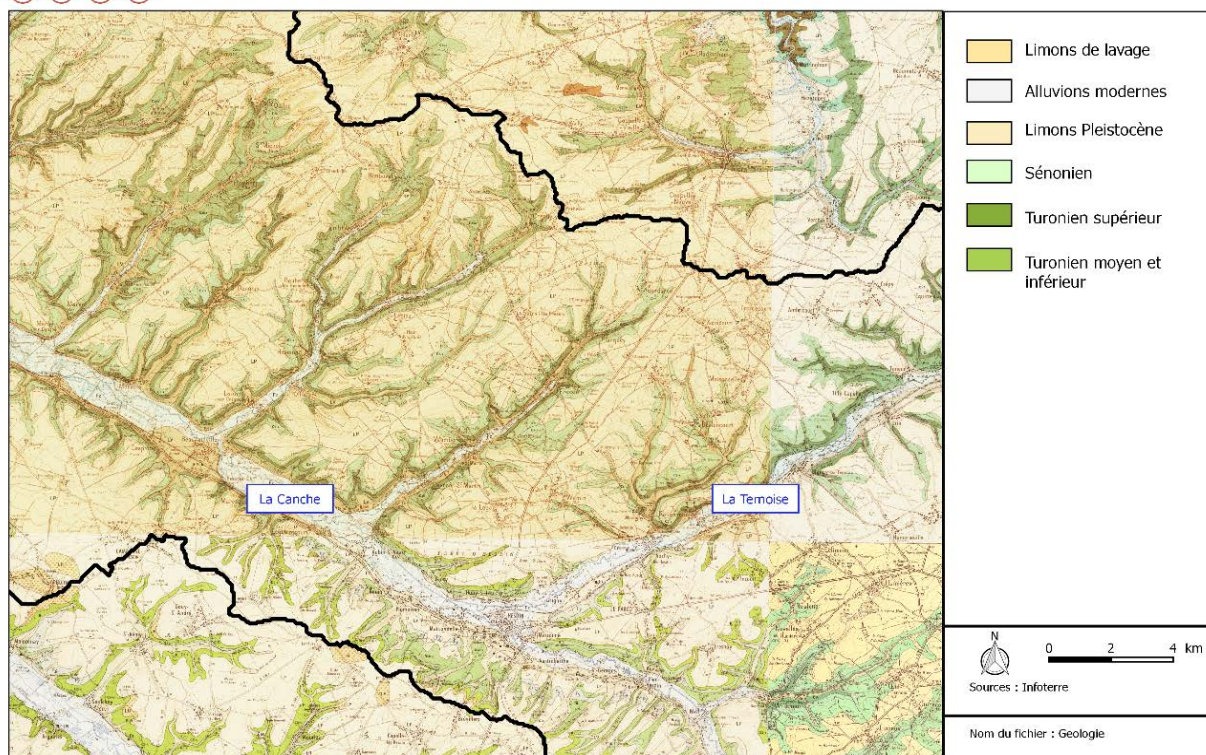


Figure 2-1: Extrait de la carte géologique du bassin de La Canche

2.2 Hydrographie et Masses d'eaux souterraines

La Canche est la rivière principale du secteur d'étude. Elle prend sa source près de Gouy-en-Ternois et parcourt plus de 80 km. La Figure 2-2 présente les principaux affluents de La Canche sur le bassin.

D'après le référentiel national des masses d'eaux souterraines, le secteur d'étude est concerné par les masses d'eaux « Craie de la vallée de la Canche amont » (FRAG005) et « Craie de la vallée de la Canche aval » (FRAG008) (Figure 2-2).

Ainsi, nous travaillerons principalement à l'échelle du bassin versant sur **l'aquifère libre global de la Craie** (Sénonien et Turonien supérieur). Il faut noter néanmoins la présence d'une nappe superficielle d'accompagnement des principaux cours d'eau dans les alluvions modernes. De fait la nappe de la Craie peut être semi-captive dans certaines vallées sous des limons argileux. Néanmoins, dans cette étude de cas extrême de remontée de nappe, nous considérerons qu'il existe une continuité globale entre la nappe de Craie et celle des alluvions, la première étant le facteur déterminant à prendre en compte.

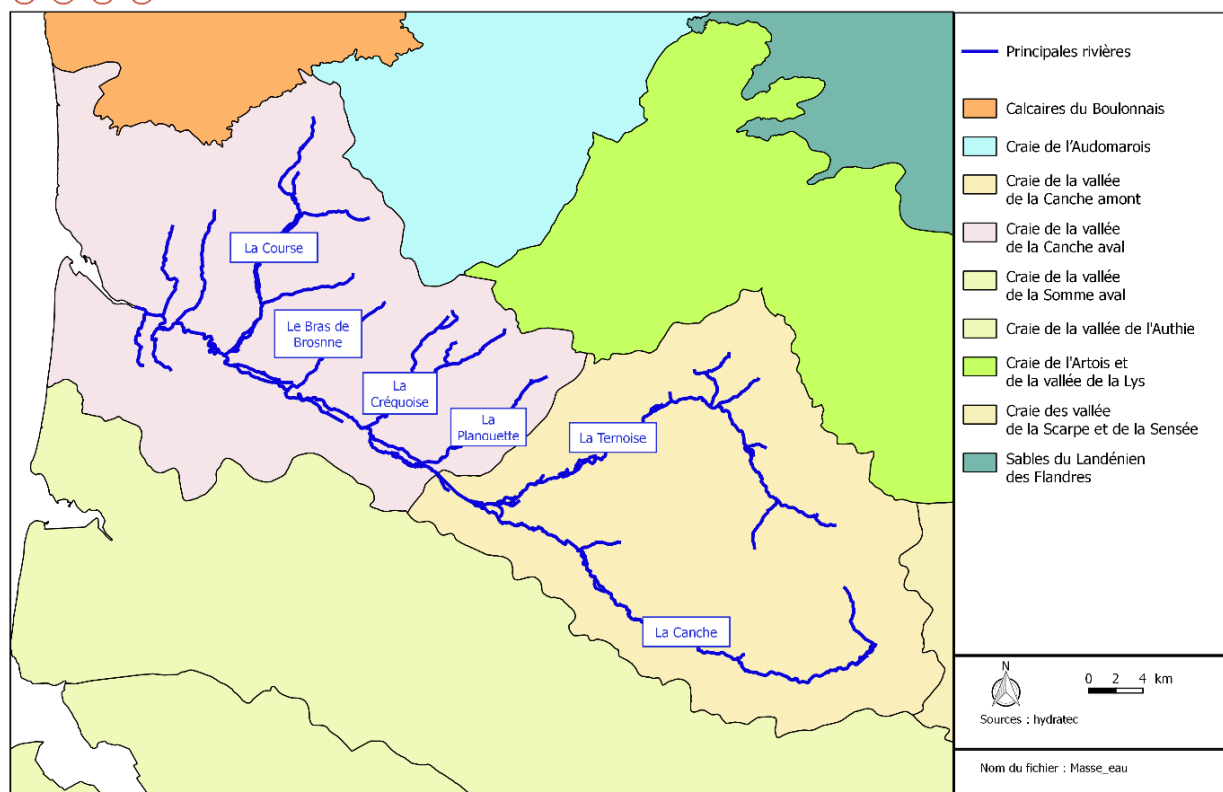


Figure 2-2: Masses d'eaux souterraines concernées par le bassin de La Canche

2.3 Variations piézométriques

Le réseau patrimonial national de suivi quantitatif des eaux souterraines (RNESP) est un réseau piézométrique réparti de façon homogène sur le territoire français et permet un suivi piézométrique des différentes masses d'eaux.

A l'aide du réseau des piézomètres équipés par le RNEP, il est possible de :

- Connaître les variations piézométriques de la nappe au cours du temps ;
- Déterminer le battement moyen de la nappe ;
- Distinguer les années humides, sèches et moyennes ainsi que les périodes de retour associées.

2.3.1 Réseau piézométrique sur le bassin versant de La Canche

Le RNESP dispose de **12 piézomètres** répartis sur le bassin versant de La Canche (Figure 2-3). Ces derniers captent la nappe de la Craie et possèdent des chroniques piézométriques plus ou moins longues, parfois sur les 40 dernières années.

Localisation des piézomètres ADES

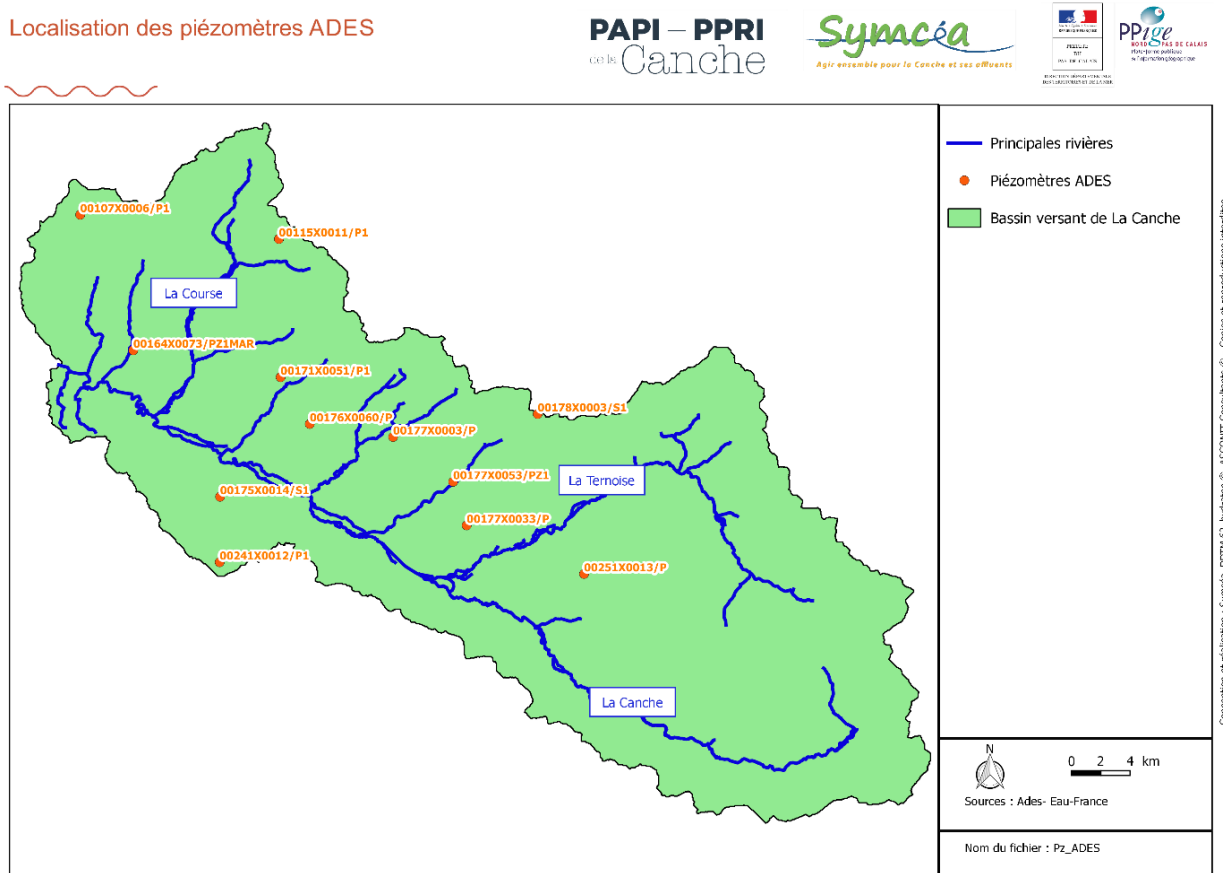


Figure 2-3 : Localisation des piézomètres ADES sur le bassin versant de La Canche

2.3.2 Analyse des chroniques piézométriques

L'analyse des chroniques est indispensable pour comprendre le comportement hydrogéologique de la nappe de la Craie et donc le schéma hydraulique global du bassin versant. Des analyses statistiques (Loi Normale) sur les séries de données les plus complètes permettent de définir les périodes de retour des événements exceptionnels pour les haute et basse eaux.

L'analyse statistique est détaillée sur le **piézomètre n° HE_00171X0051**, et les autres analyses réalisées sur les ouvrages disposant de chroniques denses et complètes sont présentées en Annexe 1 et 2.

Ce piézomètre est situé sur le bassin versant du Bras de Brosnne, dans la partie aval du bassin versant global de La Canche. La chronique piézométrique associée est très complète, de 1970 à aujourd'hui, même si les données n'ont pas été enregistrées en 2009 et 2010 (Figure 2-4).

Ces enregistrements mettent en évidence le comportement cyclique interannuel de la nappe. Ainsi on constate que globalement le niveau piézométrique de la nappe a varié entre 46,63 et 33,70 m NGF lors des 47 dernières années. La variation annuelle moyenne de la nappe est de 9,73 m et le battement maximal annuel est de 18,22 m, observé en 1964.

Compte tenu de l'abondance de données, nous avons pu réaliser une analyse statistique en utilisant une loi normale ajustée avec les cotes piézométriques maximales et minimales annuelles pour caractériser respectivement les événements exceptionnels de hautes et basses eaux. Cette analyse est réalisée pour différentes périodes de retour (T) de ces événements.

Ainsi, la Figure 2-4 révèle que trois années (1988, 2001 et 2013) sont associées à des **événements extrêmes de hautes eaux avec périodes de retour supérieures à 10 ans**. L'année 2013 est celle qui enregistre la cote maximale de la chronique et l'évènement associé correspond à une période de retour d'environ 25 ans. Les cotes piézométriques des différents événements exceptionnels sont présentées dans le Tableau 2-1.

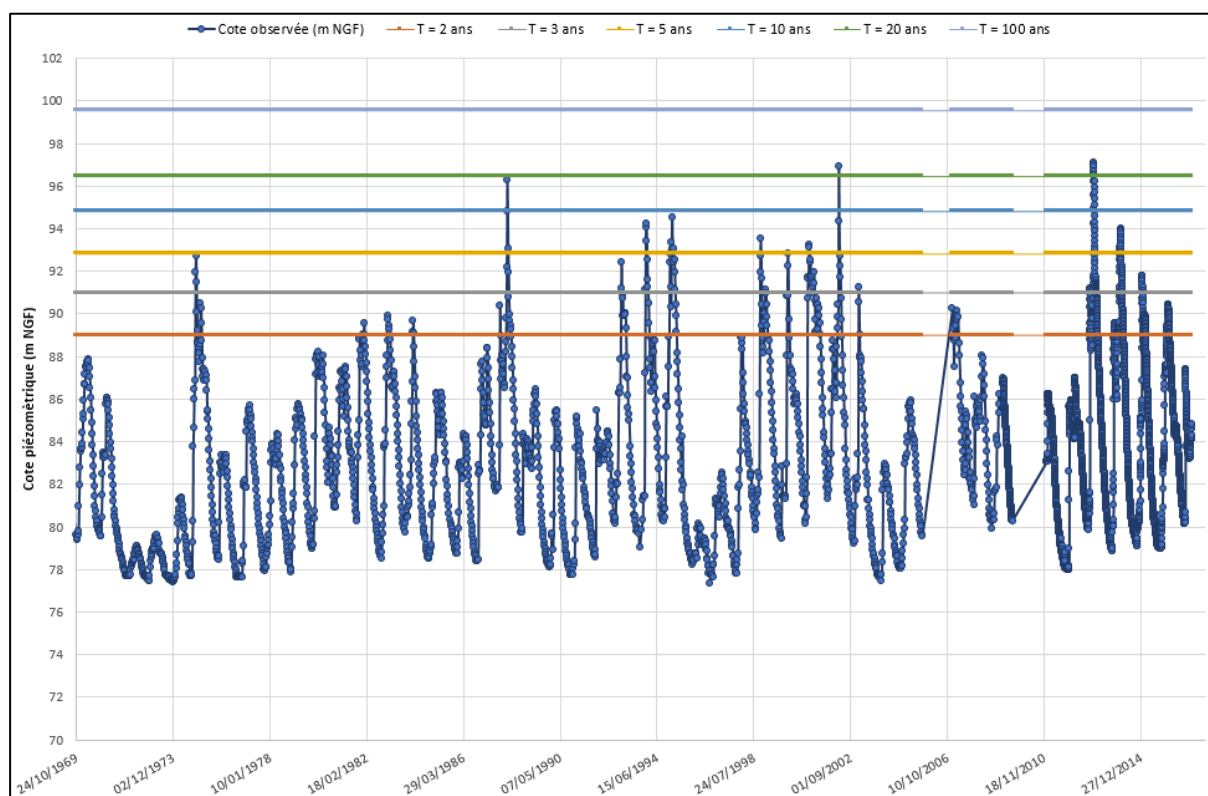


Figure 2-4 : Chronique piézométrique de l'ouvrage n°00171X0051/P1 et période de retour (T) des événements exceptionnels de hautes eaux

Période de retour (T)	Côte piézométrique (m NGF)
2 ans	89,00
3 ans	90,99
5 ans	92,81
10 ans	94,81
20 ans	96,45
100 ans	99,54

Tableau 2-1 : Périodes de retour (T) des événements exceptionnels de hautes eaux et cotes piézométriques associées

D'autre part, la Figure 2-5 révèle que quatre années (1972, 1974, 1996 et 2003) sont associées à des **événements extrêmes de basses eaux avec périodes de retour supérieures à 10 ans**. Les cotes piézométriques des différents événements exceptionnels sont présentées dans le Tableau 2-2.

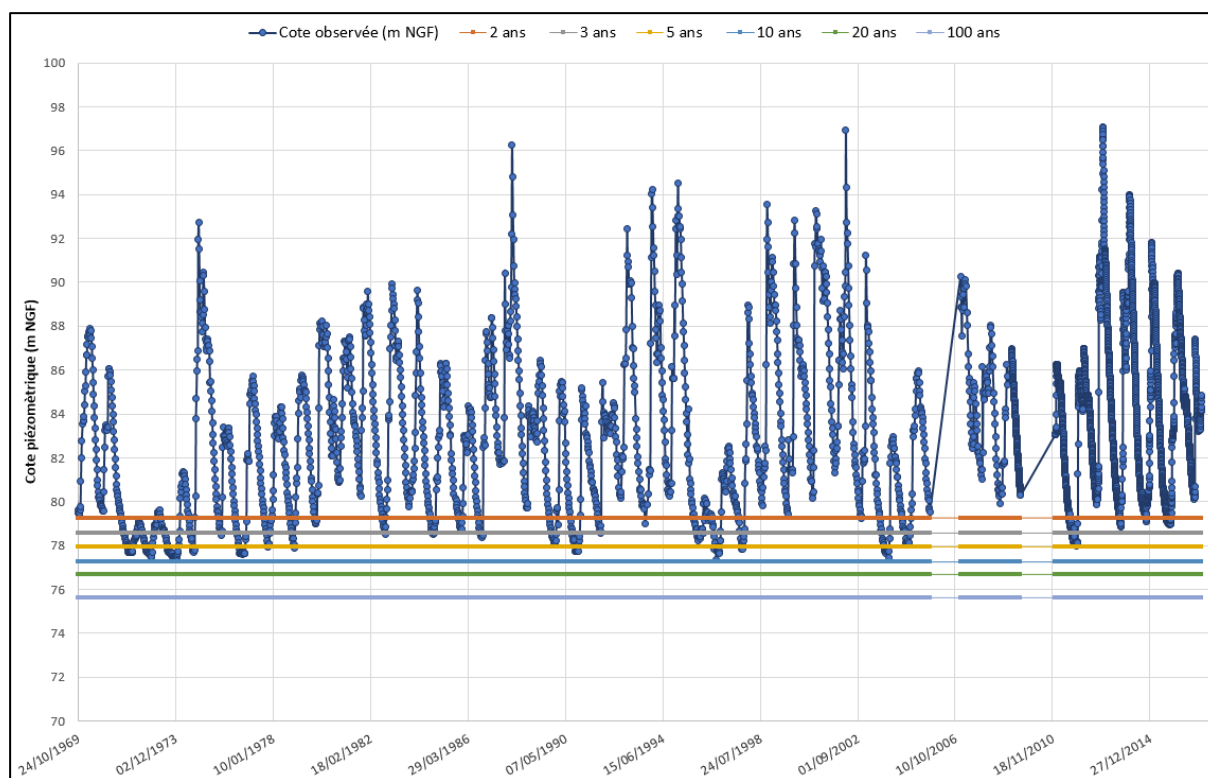


Figure 2-5 : Chronique piézométrique de l'ouvrage n°00171X0051/P1 et période de retour (T) des événements exceptionnels de basses eaux

Période de retour (T)	Côte piézométrique (m NGF)
2 ans	79,26
3 ans	78,57
5 ans	77,94
10 ans	77,25
20 ans	76,68
100 ans	75,62

Tableau 2-2 : Période de retour (T) des événements exceptionnels de basses eaux et cotes piézométriques associées

L'analyse transversale des niveaux mesurés sur l'ensemble des piézomètres fait apparaître les années exceptionnelles suivantes :

- 1988 : T = 5 à 20 ans selon les ouvrages ;
- 1994/1995 : T = 10 à 100 ans selon les ouvrages ;
- 2001 : T = 5 à 100 ans selon les ouvrages ;
- 2013 : T = 5 à 100 ans selon les ouvrages ;
- 2014 : T = 7 à 15 ans selon les ouvrages.

2.4 Cartes piézométriques

Des cartes piézométriques du BRGM sur le bassin versant sont visibles et téléchargeables en ligne sur le site du SIGES Nord-Pas de Calais. Les cartes disponibles sont celles des hautes eaux des années 1995, 2001 et 2009 et des basses eaux 1997 et 2009.

2.4.1 Carte piézométrique des hautes eaux

Les années de hautes eaux exceptionnelles correspondant à ces cartes ont été identifiées lors de l'analyse piézométrique précédente, il s'agit de 2001 et 1995. Ainsi, une campagne piézométrique de très « hautes eaux » de la nappe libre de la craie a été réalisée au printemps 2001 sur l'ensemble du bassin Artois-Picardie. Les niveaux observés sont très importants en relation avec le caractère exceptionnel de la pluviométrie des mois d'octobre 2000 à avril 2001 dont on peut affirmer que le temps de retour dépasse les trente ans sur l'ensemble du bassin. La carte piézométrique des hautes eaux en 2001 du bassin de La Canche a été établie par le BRGM¹ et est présentée dans la Figure 2-6, tandis que la carte de 1995 est jointe en Annexe 3. Cette figure montre que les points de calage utilisés sont en grande partie situés sur les plateaux du bassin versant. Le rapport du BRGM précise que la méthode d'interpolation automatique utilisée a été ajustée manuellement dans les fonds de vallée pour tenter de respecter la cohérence à la fois topographique et géologique.

Les cotes de la nappe de la Craie sur le bassin versant de La Canche sont comprises entre +135 m NGF sur les plateaux et + 7,5 m NGF en fond de vallée à proximité de l'exutoire. Les vallées piézométriques sont très prononcées, d'abord le long de La Canche, mais également sur les cours d'eau majeurs (La Course et La Ternoise). Les écoulements de la nappe sur le bassin sont dirigés vers la vallée principale de la Canche avec des gradients forts. Ainsi, **en période de hautes eaux la nappe est fortement drainée les rivières majeures**. Il s'agit donc de bien caractériser le comportement de la nappe en particulier en fond de vallée afin d'estimer au mieux le risque d'inondation par remontée de nappe dans les zones d'enjeux.

Carte piézométrique des Hautes Eaux (2001)

PAPI – PPRI
de la Canche

Symacéa
Agnir ensemble pour la Canche et ses affluents

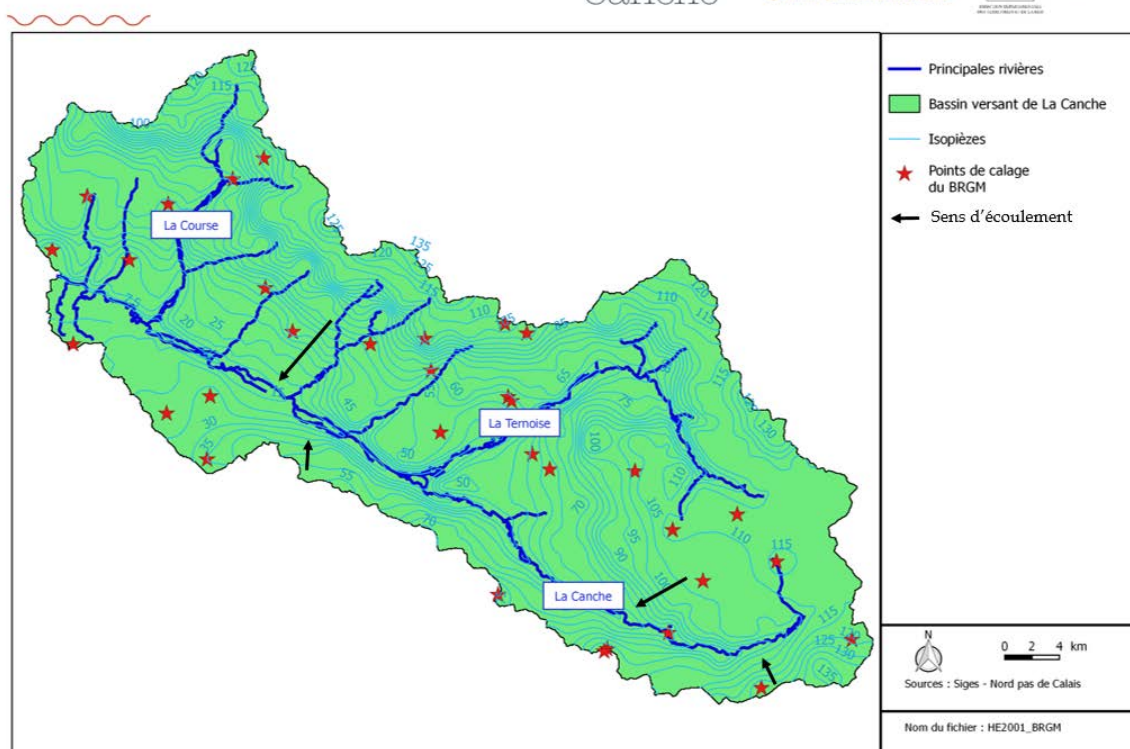


Figure 2-6: Carte piézométrique des hautes eaux en 2001 sur le bassin de La Canche

¹ Rapport BRGM/RP-51149-FR, « Bassin Artois-Picardie. Nappe de la craie. Carte piézométrique « hautes eaux » (2001)

2.4.2 Carte piézométrique des basses eaux

La carte piézométrique des basses eaux en 1997 est présentée dans la Figure 2-7.

Les côtes de la nappe de la Craie sur le bassin versant de La Canche sont comprises entre +140 m NGF sur les plateaux et + 7,5 m NGF en fond de vallée à proximité de l'exutoire. Les vallées piézométriques restent prononcées au niveau des cours d'eau majeurs. La nappe est également drainée par la rivière en période de basses eaux, les sens d'écoulement sont globalement similaires à ceux observés pour les périodes de hautes eaux mais les gradients hydrauliques associés sont beaucoup plus faibles.

Carte piézométrique des Basses Eaux (1997)

PAPI – PPRI
de la Canche

Symcœa
Agir ensemble pour la Canche et ses affluents

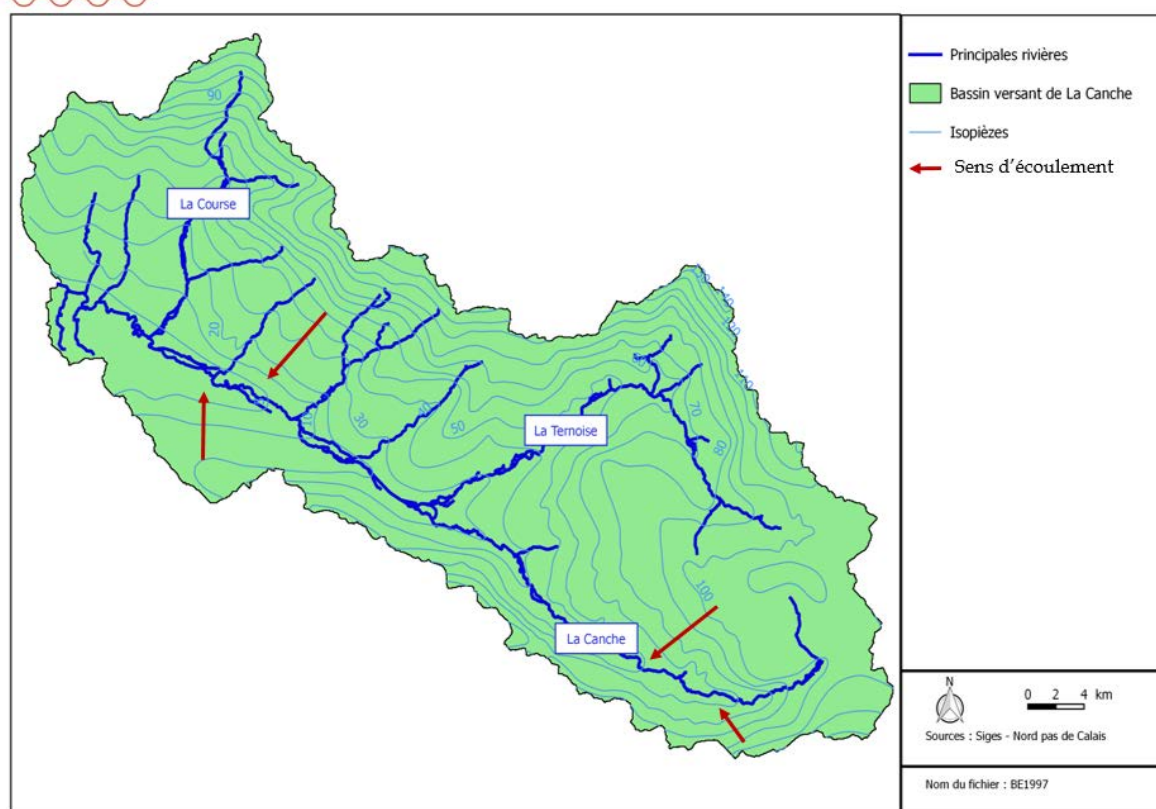


Figure 2-7: Carte piézométrique des basses eaux en 1997 sur le bassin de La Canche

2.5 Sources

La présence de source sur un bassin versant est un indicateur important pour comprendre le fonctionnement de la nappe en profondeur. En effet, celles-ci peuvent être utilisées pour le calage de la piézométrie globale puisqu'elles correspondent à des points particuliers d'affleurement de la nappe.

Les sources référencées peuvent être de nature différente. Dans les vallons secs, la craie n'est recouverte que d'une couche limoneuse peu épaisse. La nappe est considérée comme semi-captive. La présence de la nappe dans ces vallons se manifeste par l'apparition de **sources d'émergence** (Figure 2-8 Erreur ! Source du renvoi introuvable.). Ainsi, des sources taries habituellement peuvent redevenir actives en période de hautes eaux.

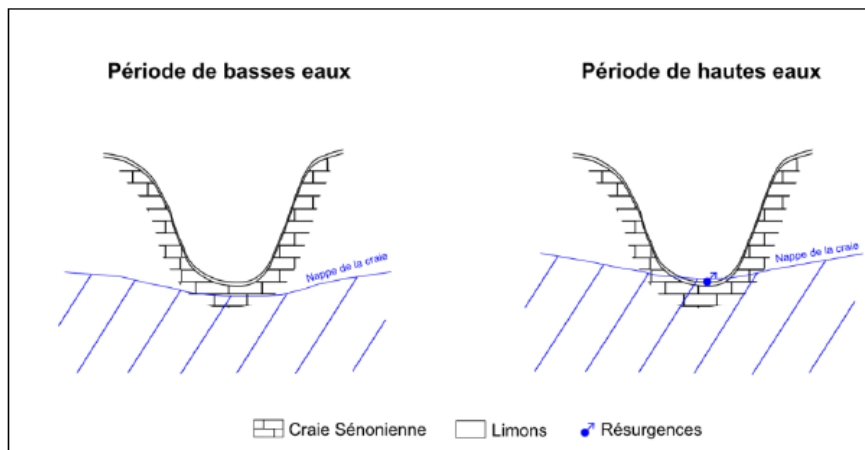


Figure 2-8: Schéma explicatif de l'apparition de sources d'émergence dans les vallons secs

D'autre part, en bordure de vallée, la présence d'alluvions peu perméables induit une mise en charge de la nappe de la craie qui s'écoule depuis le plateau sous les alluvions. Au contact du changement de perméabilité se crée une **source par débordement** correspondant à une surverse de la nappe (Figure 2-9). Celle-ci est donc captive localement sous les alluvions imperméables argileuses déposées par les cours d'eau à faible énergie.

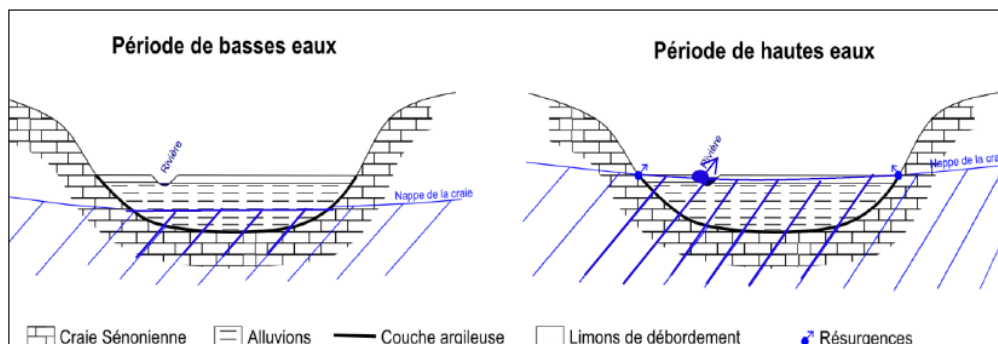


Figure 2-9: Schéma explicatif de l'apparition de sources de débordement dans les vallées alluviales

Dans le secteur d'étude, il apparaît que la nappe de la craie gonflée en hautes eaux coupe la topographie du secteur en créant de **nombreuses sources** en particulier dans la vallée de La Course où le gradient hydraulique de la nappe est relativement fort dans cette vallée encaissée, et où les limons de lavage argileux sont considérablement présents. (Figure 2-10). La nature et la date d'observation de ces sources, identifiées sur la base de données Infoterre, ne sont pas connues.

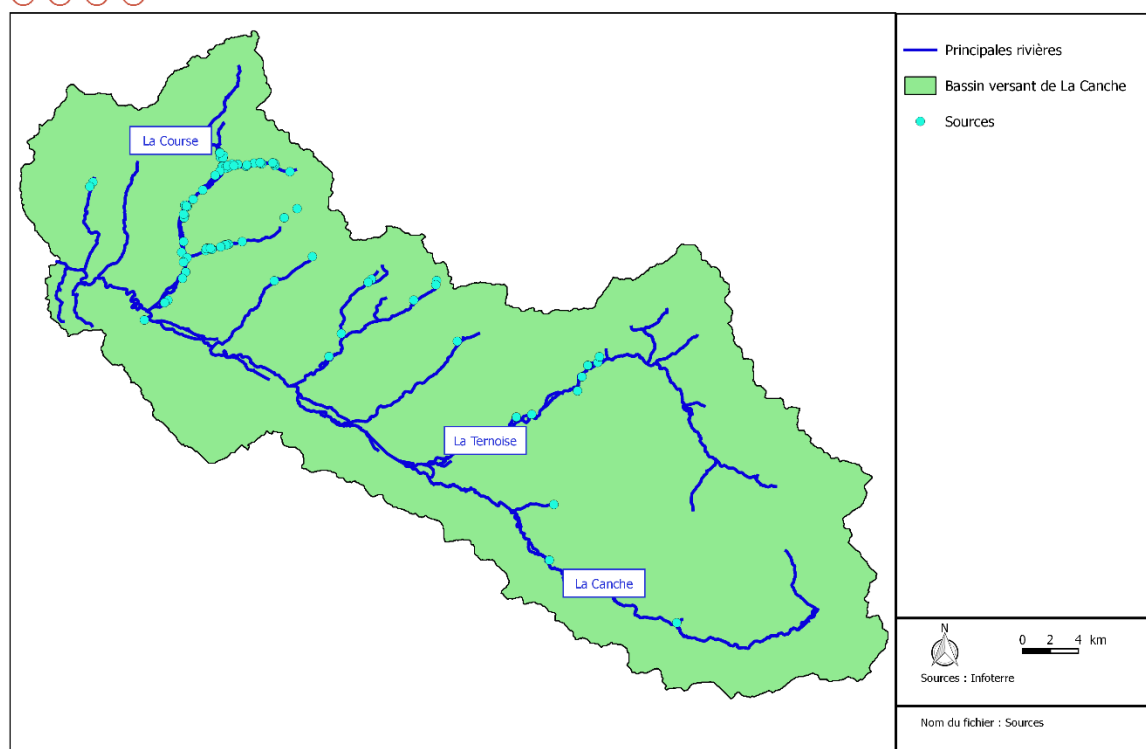


Figure 2-10: Localisation des sources référencées sur le bassin versant de La Canche

2.6 Relation entre la nappe et le réseau hydrographique

Afin de comprendre le fonctionnement hydrogéologique global du bassin, la relation entre la nappe de la Craie et les principales rivières du bassin versant a été étudiée en superposant des hydrogrammes et des chroniques piézométriques. Une discrétisation spatiale des piézomètres a été réalisée afin de comparer les réactions de la nappe et des rivières.

Les débits dans La Canche et La Ternoise ont été enregistrés entre 1982 et aujourd'hui au niveau de plusieurs stations hydrométriques. Les données les plus complètes de deux stations ont été utilisées (Figure 2-11) :

- o La Canche à Brimeux
- o La Ternoise à Hesdin

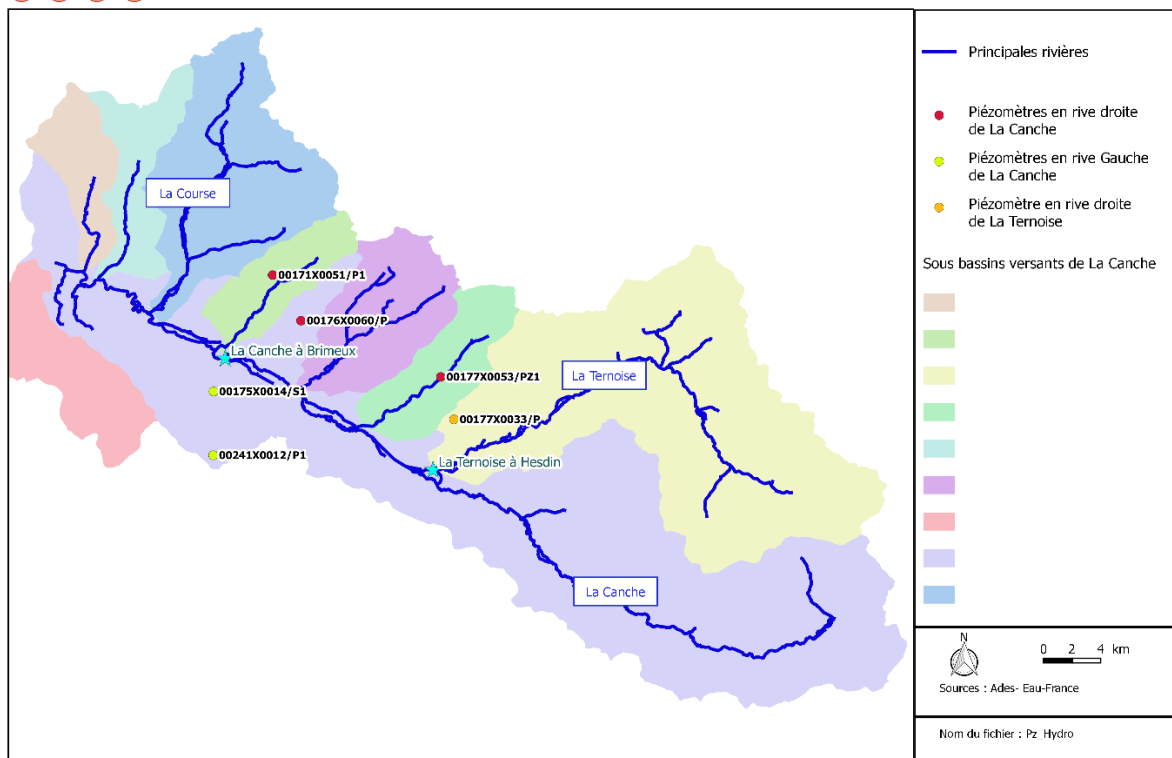


Figure 2-11: Piézomètres et stations hydrométriques utilisés pour comprendre la relation entre la nappe et la rivière

2.6.1 Rive Gauche de la Canche

Les chroniques piézométriques des ouvrages en rive gauche de La Canche ont été superposées à l'hydrogramme enregistré à la Canche à Brimeux (Figure 2-12).

Cette figure montre que les pics piézométriques de l'ouvrage 002410012/P1 sont en avance par rapport à ceux de l'ouvrage 00175X0014/S1 (environ 15 jours en moyenne). Le premier est situé plus haut topographiquement au niveau du plateau alors que le second est sur les pentes du versant de la vallée. En revanche les pics de crue dans la rivière sont quasiment superposables à ceux du piézomètre 00175X0014/S1.

Ces observations permettent de confirmer qu'en rive gauche de La Canche, la nappe de la Craie est **rechargée par la pluie au niveau des plateaux**. A proximité du fond de vallée la relation entre la nappe et la rivière semble plus étroite compte tenu des réactions simultanées observées. Néanmoins, compte tenu de la nature karstifiée de l'encaissant aquifère crayeux, il est difficile de caractériser précisément cette relation sans essais de traçage complémentaire.

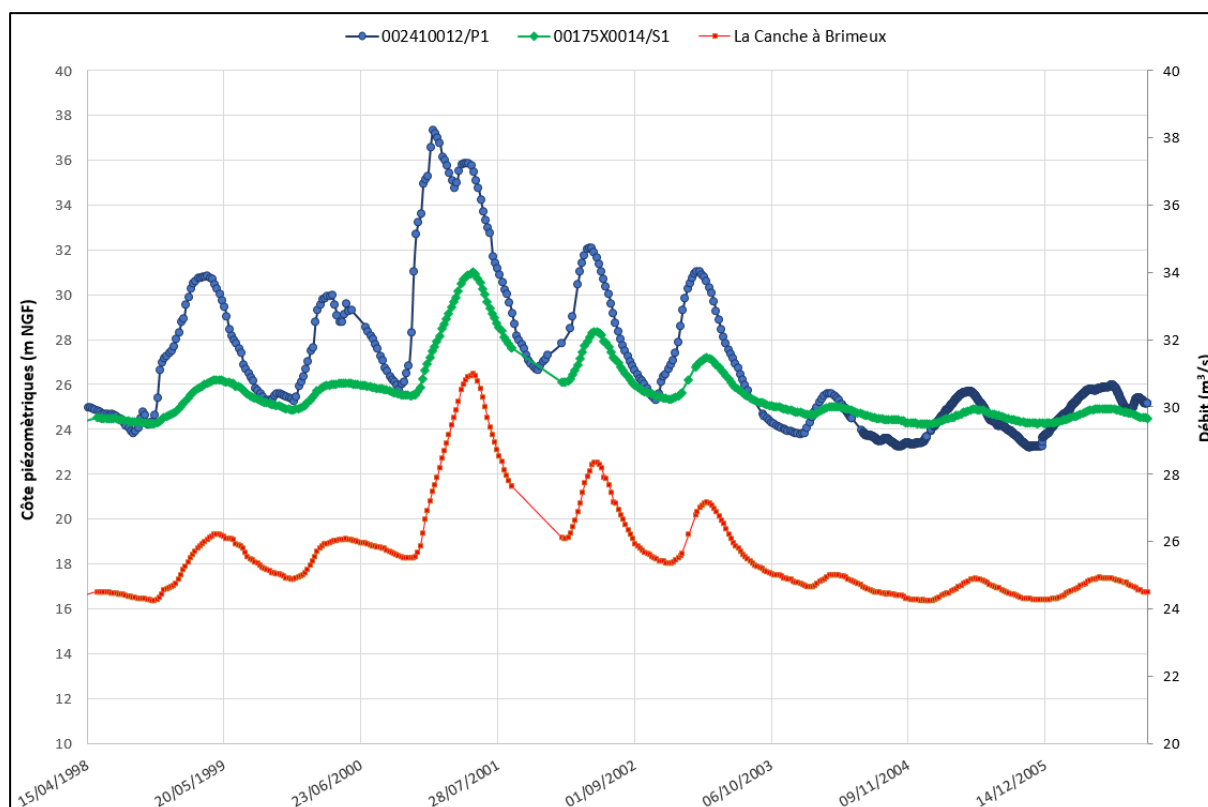


Figure 2-12: Comparaison des chroniques piézométriques des ouvrages en rive gauche de La Canche avec l'évolution du débit à la station hydrométrique La Canche à Brimeux

2.6.2 Rive Droite de la Canche

Les chroniques piézométriques des ouvrages en rive droite de La Canche ont été superposées à l'hydrogramme enregistré à la Canche à Brimeux (Figure 2-13).

Cette figure montre que les pics piézométriques des 4 ouvrages utilisés se superposent globalement. En revanche les pics de débit dans la rivière se produisent avec un temps de retard par rapport aux réactions de la nappe.

Ces observations montrent qu'en rive droite de La Canche, la nappe de la Craie est rechargée par la pluie au niveau des plateaux. **La nappe est bien drainée par la rivière à proximité du fond de vallée.**

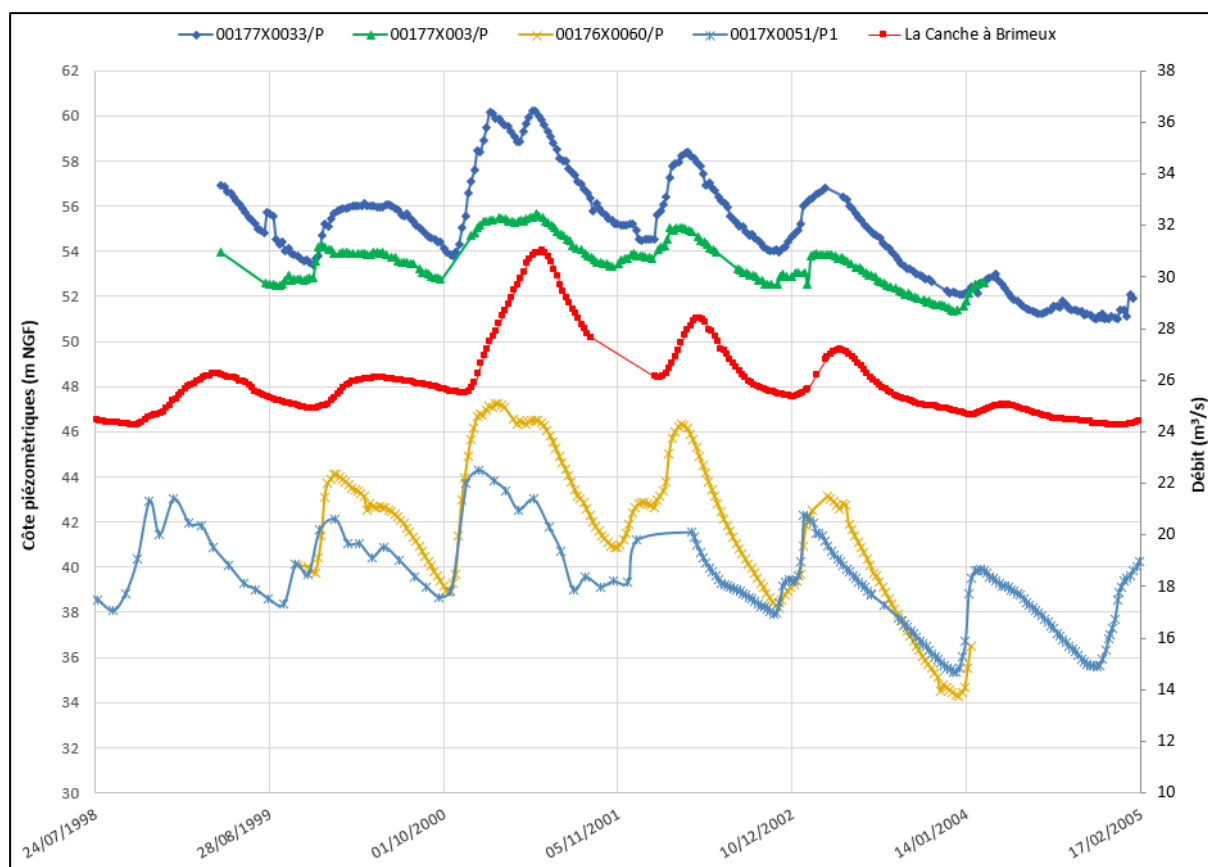


Figure 2-13: Comparaison des chroniques piézométriques des ouvrages en rive droite de La Canche avec l'évolution du débit à la station hydrométrique La Canche à Brimeux

2.6.3 Rive droite de La Ternoise

La chronique piézométrique du seul ouvrage présent sur le bassin versant de la Ternoise a été superposée à l'hydrogramme enregistré à La Ternoise à Hesdin (Figure 2-14). Le piézomètre est situé sur le coteau proche de la ligne de partage des eaux.

Cette figure montre que les pics piézométriques sont en retard par rapport aux pics de débit dans la rivière. Il est difficile de tirer des conclusions sur la relation nappe-rivière dans ce cas puisque la piézométrie locale en aval de l'ouvrage semble montrer un sens d'écoulement orienté vers la confluence entre La Ternoise et La Canche.

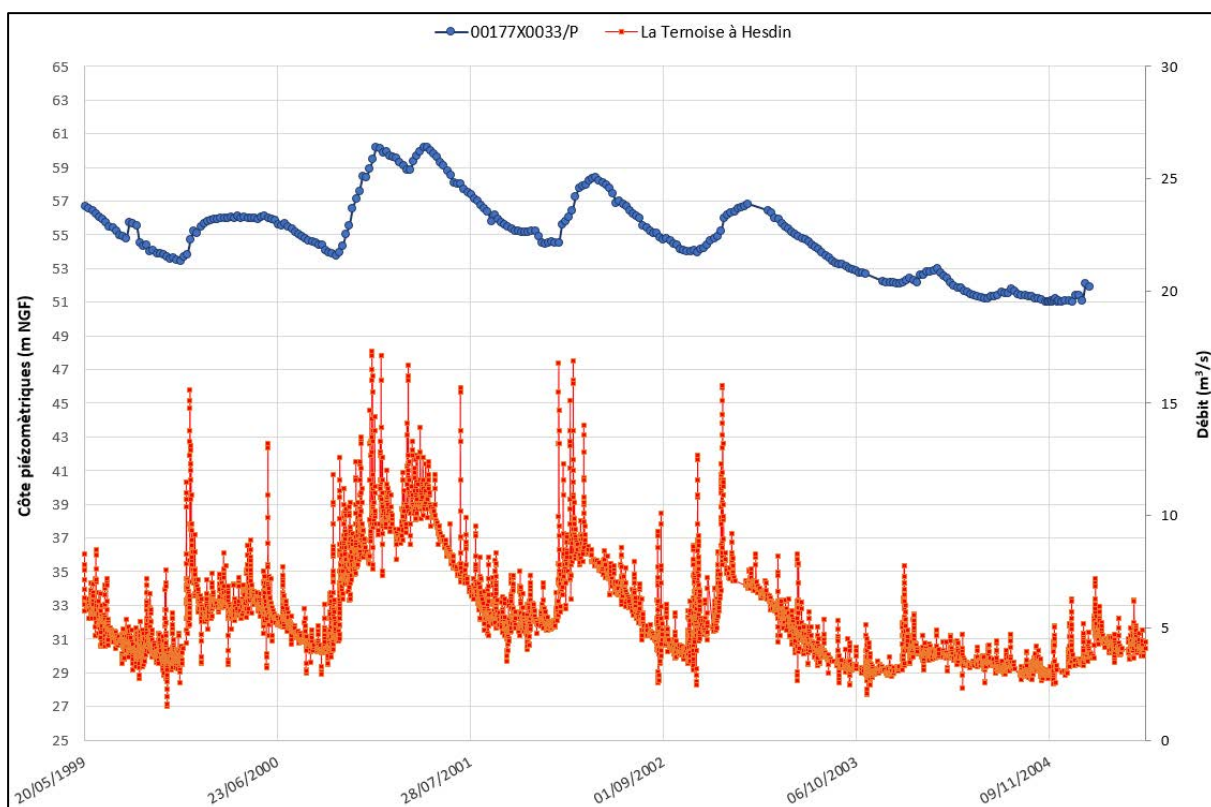


Figure 2-14: Comparaison des chroniques piézométriques de l'ouvrages sur le bassin de La Ternoise avec l'évolution du débit à la station hydrométrique La Ternoise à Heslin

2.7 Bilan sur le fonctionnement hydrogéologique du bassin de La Canche

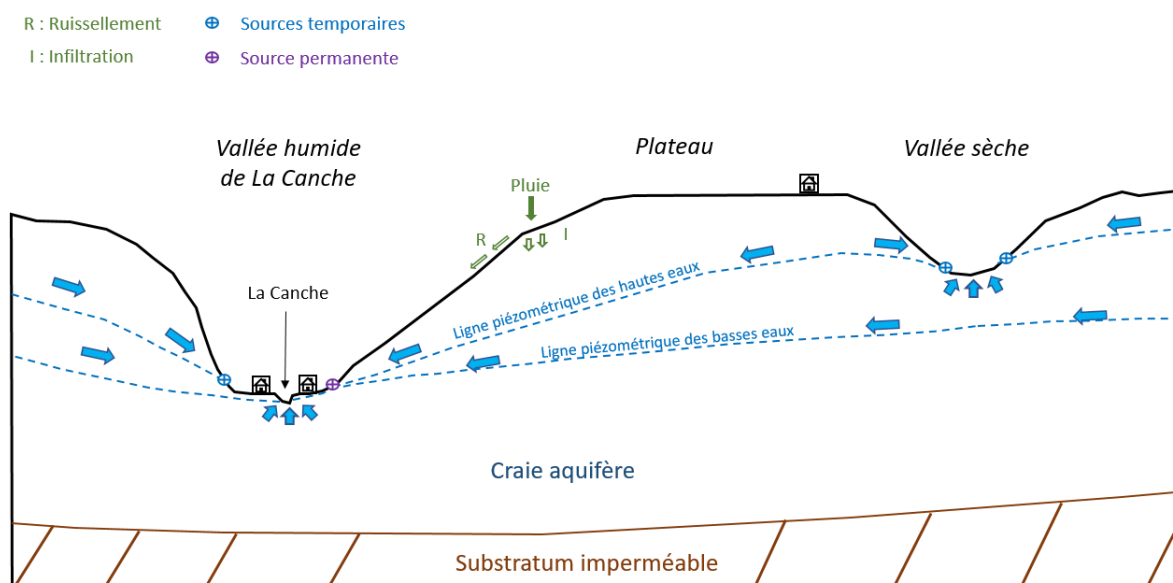


Figure 2-15: Schéma explicatif du fonctionnement hydrogéologique global du bassin versant de La Canche. La position de ligne piézométrique des hautes eaux est le facteur déterminant à prendre en compte dans l'étude de remontée de nappe

3 Méthodologie de détermination des zones inondables par remontée de nappe

L'approche choisie pour identifier les zones susceptibles d'être impactées par des inondations par remontée de nappe consiste à croiser les données topographiques du bassin versant avec une piézométrie de hautes eaux exceptionnelles établie par nos soins.

3.1 Altimétrie du terrain naturel

Les points altimétriques utilisés sont issus de la grille MNT extraite de la BD Alti référençant un point tous les 250 m, précision suffisante pour ce travail compte tenu de l'envergure du bassin et de la précision des données piézométriques. Les points du bassin versant sont utilisés pour recréer un MNT local selon la méthode d'interpolation « Natural Neighbor » qui attribue des valeurs moyennes à des cellules créées en utilisant un maillage triangulaire entre points voisins.

3.2 Piézométrie

3.2.1 Données utilisées

- *Points piézométriques BRGM*

La piézométrie utilisée pour réaliser la cartographie de l'inondation par remontée de nappe est issue de **la carte des hautes eaux établie par le BRGM en 2001**. Comme évoqué précédemment, il s'agit d'une année marquée par des hautes eaux exceptionnelles et donc représentative d'un cas extrême. Tous les piézomètres du bassin réagissent fortement en période de hautes eaux cette année-là, et il s'agit d'une réponse en relation avec les pluies exceptionnelles des mois d'octobre 2000 à avril 2001. La piézométrie de 2001 est donc une excellente candidate pour réaliser la cartographie des inondations par remontée de nappe en cas d'évènement exceptionnel. En effet, l'aléa centennal est difficilement « imaginable » pour des nappes qui sont suivies depuis une quarantaine d'années.

- Sources référencées à la BSS

D'autre part, nous avons considéré qu'en période de hautes eaux, **les sources** répertoriées précédemment peuvent être utilisées pour le calage piézométrique sur le bassin. En effet, ces dernières sont considérées comme des points d'émergence de la nappe et la cote altimétrique des sources est donc confondue avec le niveau piézométrique. C'est ce que nous avons expliqué plus haut sur les Figure 2-8 et Figure 2-9.

Les sources positionnées d'après la carte géologique, ont été affectées de la cote relevée sur le MNT. Les cotes indiquées par la BSS sont la plupart du temps relevées d'après la carte IGN au 1/25 000, a posteriori de leur positionnement par le géologue auteur, et de ce fait sont inévitablement imprécises.

- Points de calage fictifs

Enfin, compte tenu de la précision des données piézométriques aux abords des vallées évoquée au §2.4.1 et de la finalité du travail qui se doit relativement précise dans ces zones, nous avons dans un premier temps écarté les courbes incohérentes de la piézométrie BRGM au passage des fonds et flancs de vallées, dont la cote piézométrique dépassait largement celle du terrain naturel, afin de prendre davantage en compte la topographie, et le fonctionnement de la nappe aux abords des vallées.

Ainsi, ce tri a été effectué selon ce critère hydromorphologique, les portions de courbe de niveau dans les vallées et les vallons, en particulier sur les formations alluvionnaires ont été supprimées.

Par la suite, des **points de calage fictifs** (environ 350) correspondant aux points bas topographiques des vallées ont été ajoutés tous les kilomètres en moyenne en compléments des points « sources BSS » (Figure 3-1).

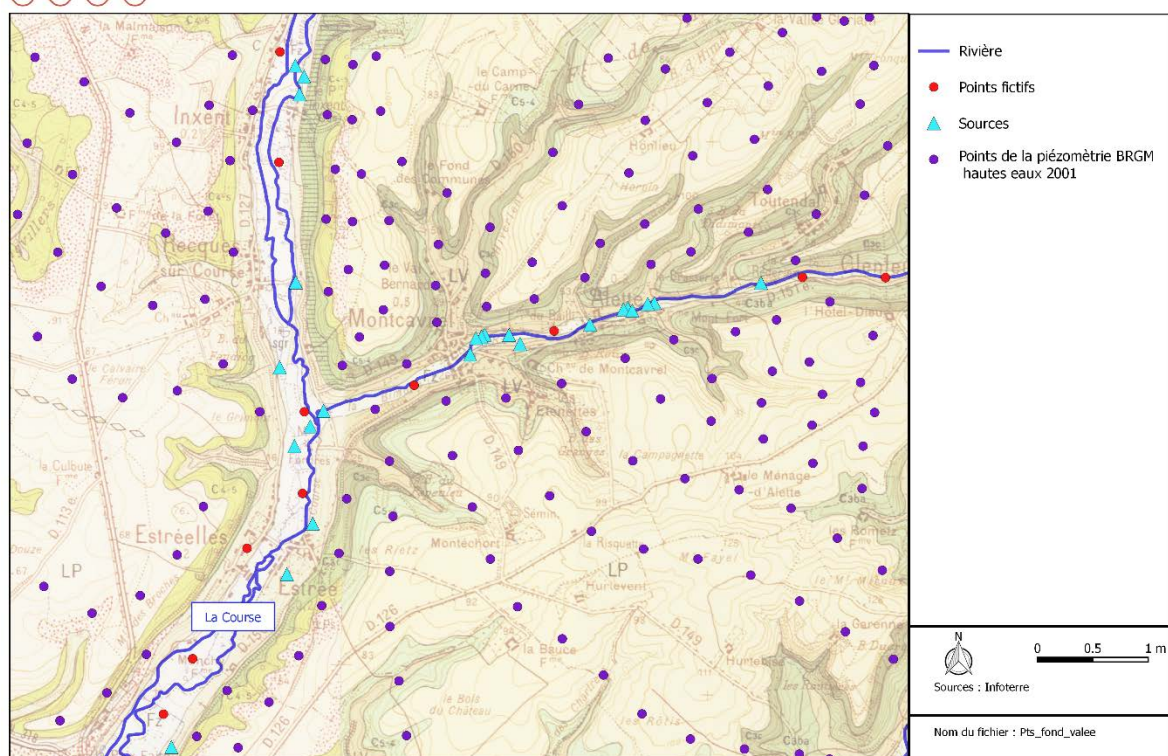


Figure 3-1: Détails de la méthode employée pour la sélection des points d'interpolation utilisée dans l'actualisation de la carte piézométrique des hautes eaux de 2001

L'objectif est de contraindre la piézométrie dans les thalwegs, qui affleure au niveau de ces points bas en période de hautes eaux. Ceci permet d'assurer la cohérence physique des résultats et notamment de veiller au fait que la cote de la nappe au niveau du versant ne soit pas supérieure à la cote topographique (Figure 3-2).

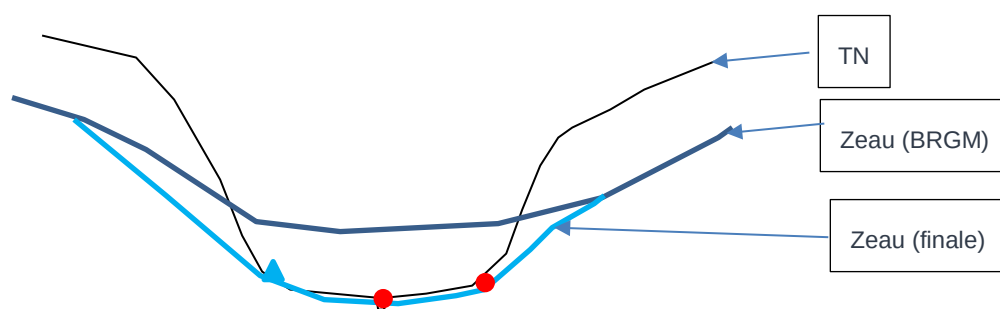


Figure 3-2: Schéma de principe des modifications apportées à la piézométrie BRGM (source = triangle bleu, points fictifs = rond rouge)

3.2.2 Interpolation et résultat général

La méthode d'interpolation « Natural Neighbor » a été utilisée par la suite à partir des points explicités précédemment. Elle permet d'établir la carte piézométrique actualisée du bassin versant. Les isopièzes de la nappe de Craie sont alors représentées avec un pas de 5 m entre chaque ligne (Figure 3-3).

Un traitement manuel a été appliqué de façon à effacer les artéfacts engendrés par l'interpolation et à veiller à la cohérence topographique et géologique avec les axes de drainage naturel.

Carte piézométrique actualisée
des Hautes Eaux (2001)

PAPI – PPRI
des Hautes Eaux de la Canche

Symacéa
Agir ensemble pour la Canche et ses affluents

PROJET
DE
RECHERCHE
ET
DE
DEVELOPPEMENT
SCIENTIFIQUE

PPRI
PROJET
DE
RECHERCHE
ET
DE
DEVELOPPEMENT
SCIENTIFIQUE

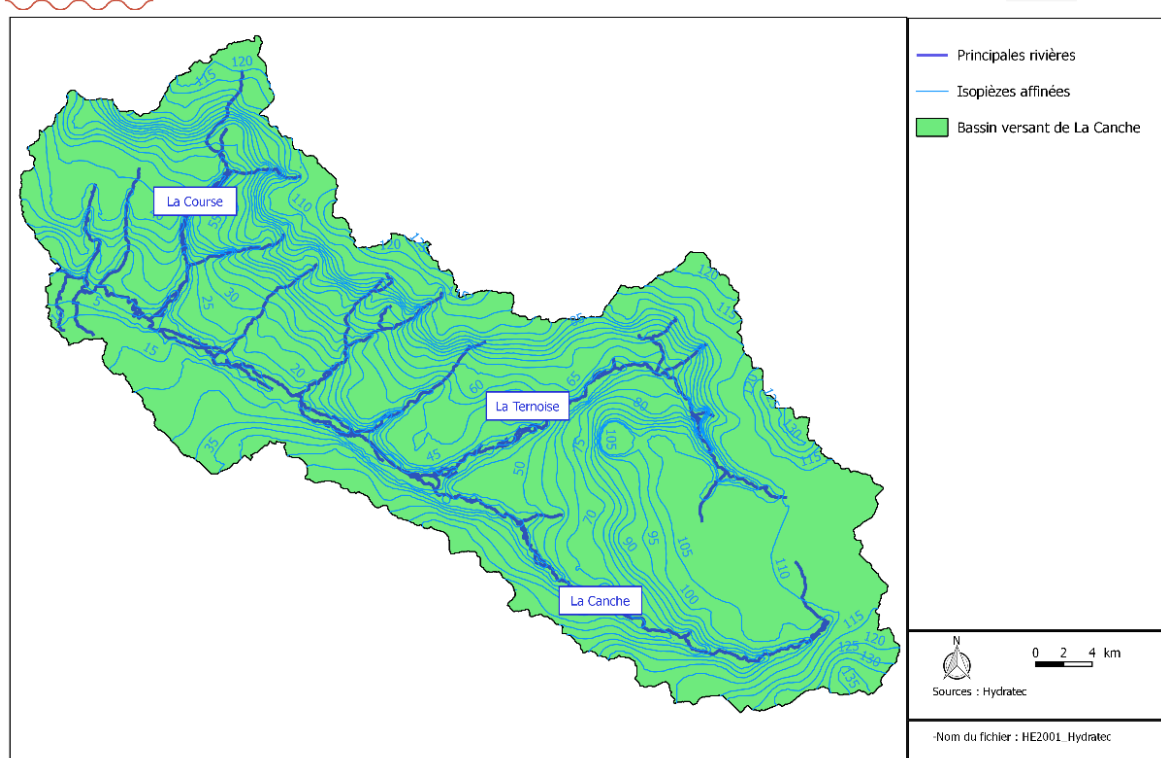


Figure 3-3: Carte piézométrique des hautes eaux (2001) actualisée et affinée par hydratec

3.2.3 Comparaison avec la piézométrie BRGM dans les vallées

- Vallée de La Bimoise (affluent de La Course)

La comparaison entre la piézométrie du BRGM et la piézométrie actualisée par hydratec met en évidence des **différences considérables** dans la vallée de La Bimoise (Figure 3-4). En effet, alors que la piézométrie BRGM semblait montrer une certaine déconnexion entre la nappe et la rivière, la carte actualisée (avec les données de sources et de fonds de vallée) montre une étroite relation entre ces deux entités. La vallée piézométrique apparaît très prononcée ce qui met en évidence un drainage relativement important de la nappe par la rivière en hautes eaux.



- Vallée de La Ternoise

20/03/2016 - Version n° 1 HYDRATEC / Partie 1 - Volet 2 - LCOM 13
Elaboration du PAPI complet et du PPRI de la Canche 27

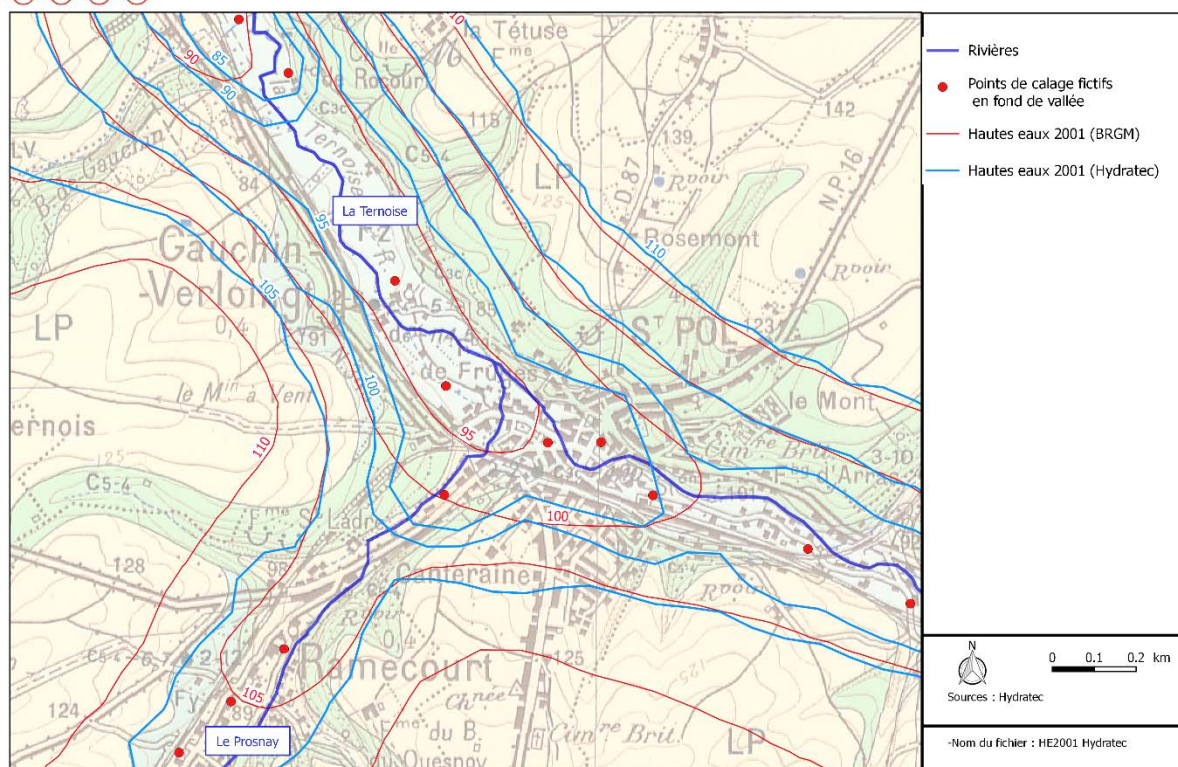


Figure 3-5: Comparaison de la piézométrie BRGM avec la piézométrie hydratec en période de hautes eaux (2001) dans la vallée de La Ternoise amont

3.3 Estimation des zones inondables par remontée de nappe

Les zones inondables résultant d'une crue de nappe exceptionnelles sont alors obtenues par différence entre les données altimétriques de la zone d'étude et les cotes piézométriques actualisées en période de hautes eaux exceptionnelles. Ceci permet en outre de préciser la position de la nappe par rapport au terrain naturel en particulier dans les axes des vallées et thalwegs du bassin.

4 Cartographie de sensibilité à la remontée de nappe

4.1 Cartographie générale des inondations

La carte générale obtenue, et jointe sous forme de fichier SIG, met donc en évidence les zones d'inondation (côte de la nappe supérieure à celle du terrain naturel) ainsi que la profondeur de la nappe (jusqu'à 3 m de profondeur) dans les zones non inondées (Figure 4-1). La hauteur d'eau au-dessus du terrain naturel n'est pas précisé compte tenu du fait qu'une inondation par remontée de nappe tend à créer un fil d'eau qui s'écoule selon la topographie du secteur.

Dans une première approche, les vallées des trois rivières principales du bassin versant (La Canche, La Ternoise et La Course) apparaissent **fortement impactées** par des risques d'inondation par remontées de la nappe de la Craie. La Planquette et La Créquoise sont également touchées par ces risques mais majoritairement en parties aval, tandis que Le Bras de Brosne et les autres rivières annexes ne sont quasiment pas concernés.

Cartographie générale des inondations
par remontée de nappe sur le bassin de la Canche
en période de hautes eaux décennales (2001)

PAPI – PPRI
de la Canche

Symc3a
Agir ensemble pour la Canche et ses affluents

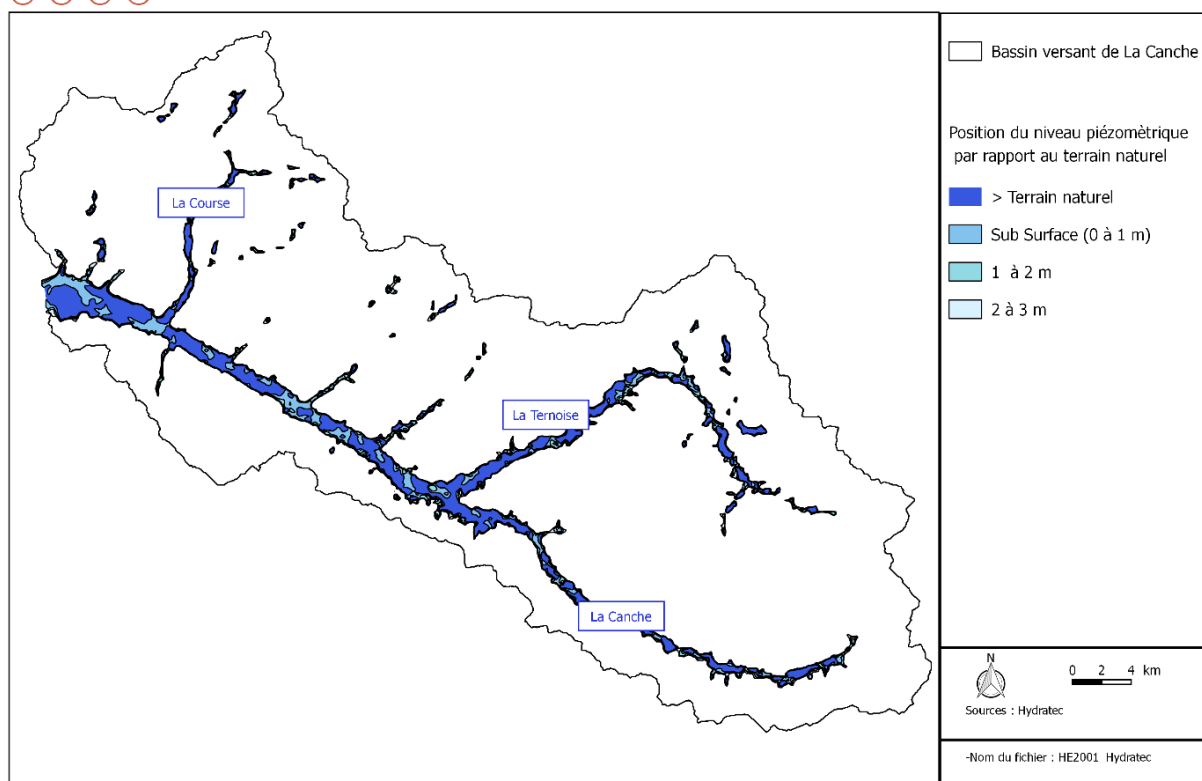


Figure 4-1: Cartographie générale des inondations par remontée de nappe sur le bassin de La Canche en période de hautes eaux (2001)

4.2 Cartographies localisées

Des cartes détaillées (Figure 4-2) des **risques d'inondation par remontées de nappe** sur différentes zones du bassin versant de La Canche sont présentées ci-dessous. Il s'agit d'un balayage global du bassin d'Est en Ouest, de la Canche amont à la Canche aval en passant par les principales rivières.

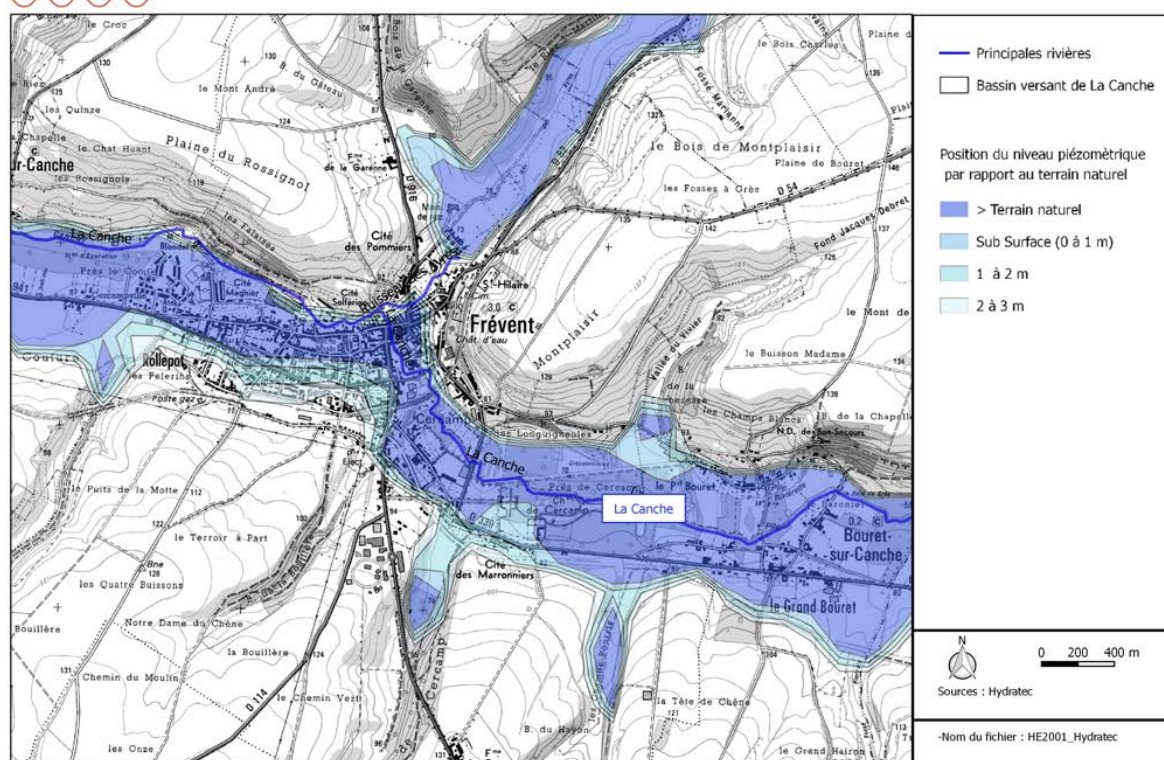
Sur chacune des cartes, les zones en bleu foncé correspondent aux terrains où la cote de la nappe est supérieure à celle du terrain naturel en période de hautes eaux, c'est-à-dire au risque de remontée maximale. Le code couleur suivant présente les zones où la nappe est sub-affleurante donc à proximité du niveau du terrain naturel. Enfin les deux derniers codes couleurs mettent en évidence la nappe en profondeur, entre 1 et 2 m et entre 2 et 3 m par rapport au terrain naturel.

Figure 4-2: Cartes détaillées des risques d'inondation par remontée de nappe sur différentes zones du bassin versant de La Canche

Cartographie générale des inondations
par remontée de nappe sur la Canche amont à Frévent
en période de hautes eaux décennales (2001)

PAPI – PPRI
de la Canche

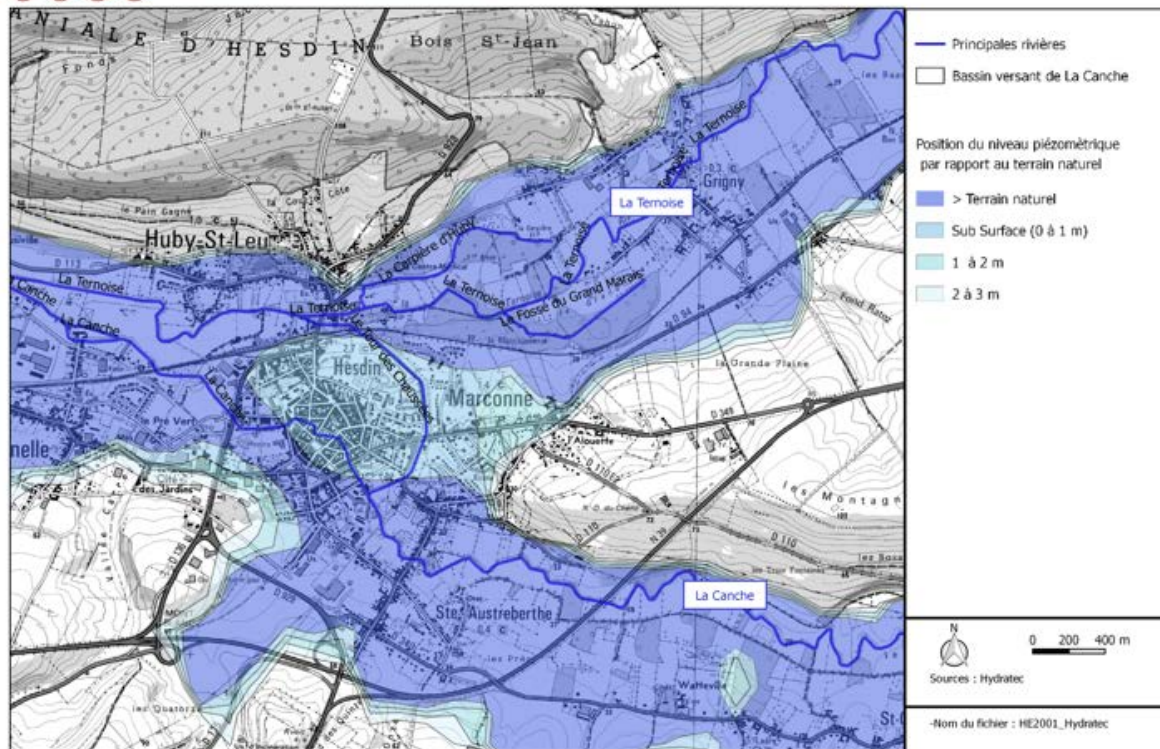
Symcœa
Aptiv ensemble pour la Canche et ses affluents



Cartographie générale des inondations par remontée de nappe à la confluence entre La Canche et La Ternoise à Huby-Saint-Leu en période de hautes eaux décennales (2001)

PAPI – PPRI
de la Canche

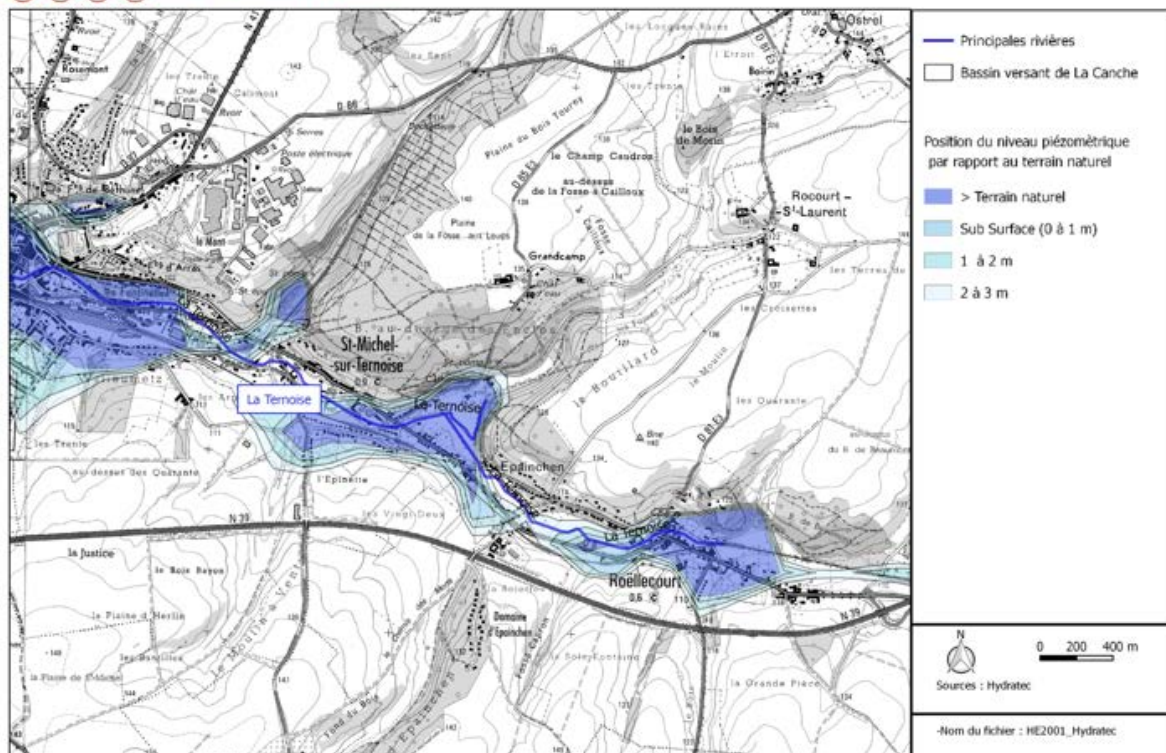
Symcœa
Agir ensemble pour la Canche et ses affluents



Cartographie générale des inondations par remontée de nappe sur la Ternoise amont à Saint-Michel-sur-Ternoise en période de hautes eaux décennales (2001)

PAPI – PPRI
de la Canche

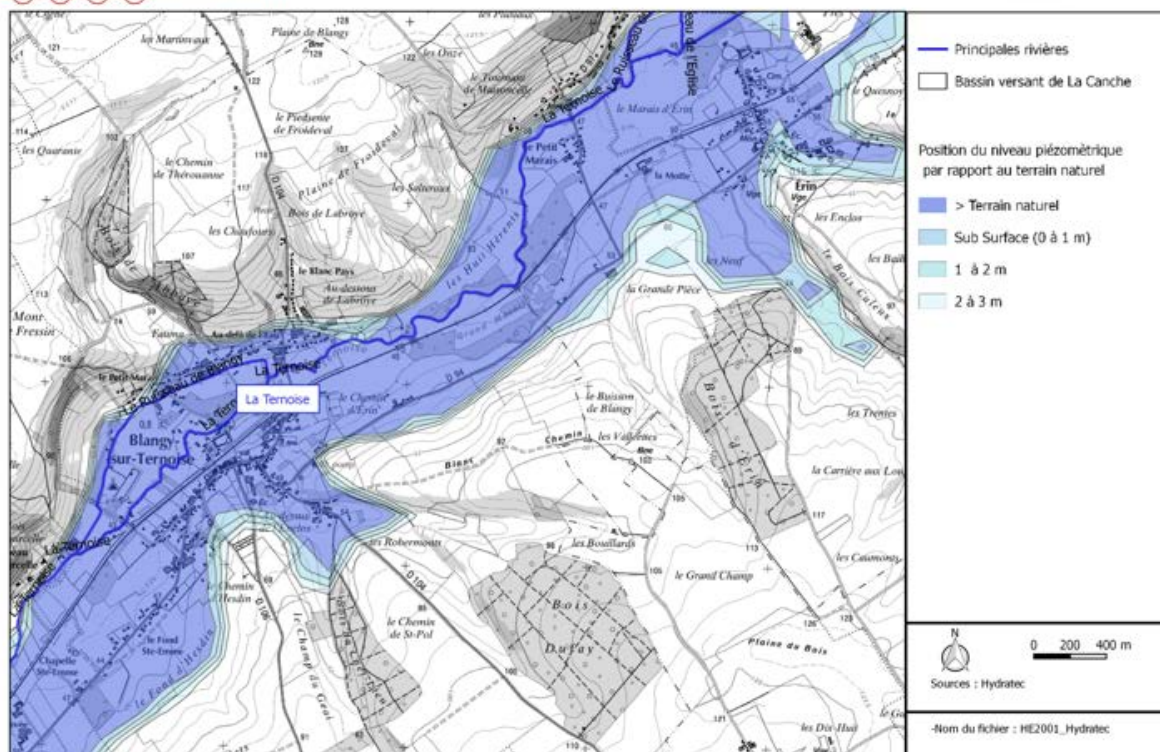
Symcœa
Agir ensemble pour la Canche et ses affluents



Cartographie générale des inondations par remontée de nappe
sur la Ternoise aval à Blagny-sur-Ternoise en période de
hautes eaux décennales (2001)

PAPI – PPRI
de la Canche

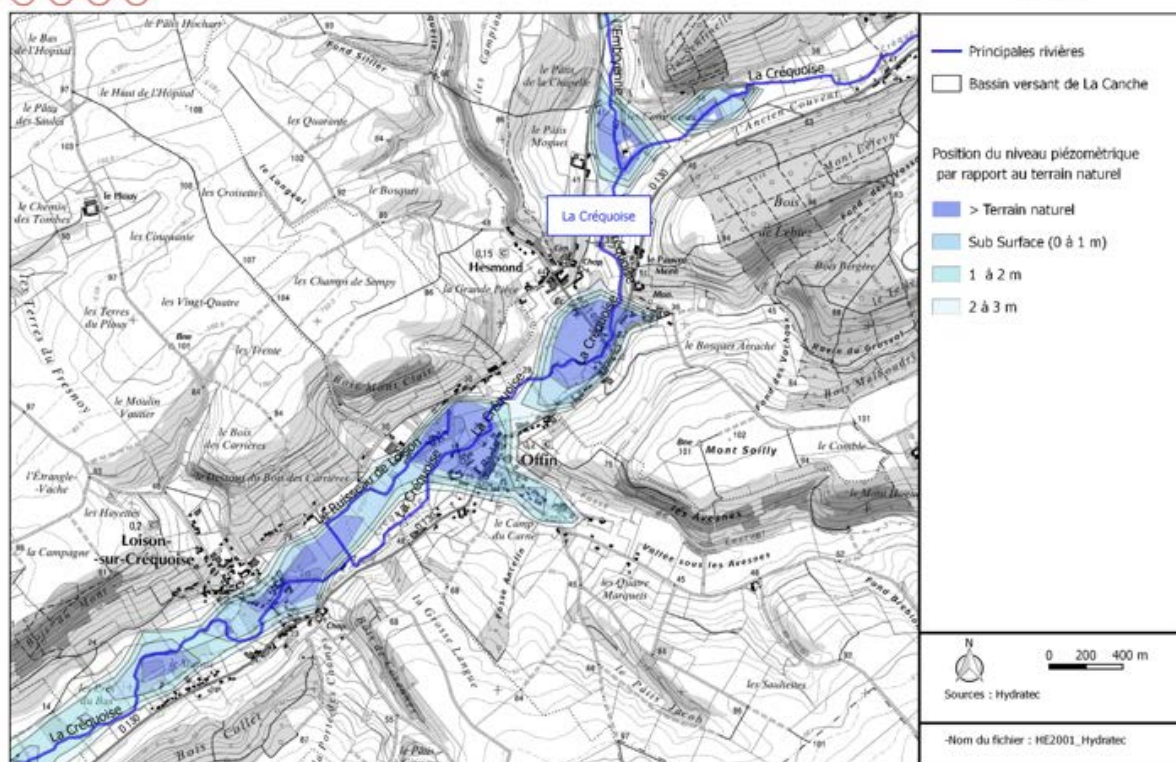
Symcœa
Agglo. assemble pour la Canche et ses affluents



Cartographie générale des inondations par remontée de nappe
sur La Créquoise à Loison-sur-Créquoise en période de
hautes eaux décennales (2001)

PAPI – PPRI
de la Canche

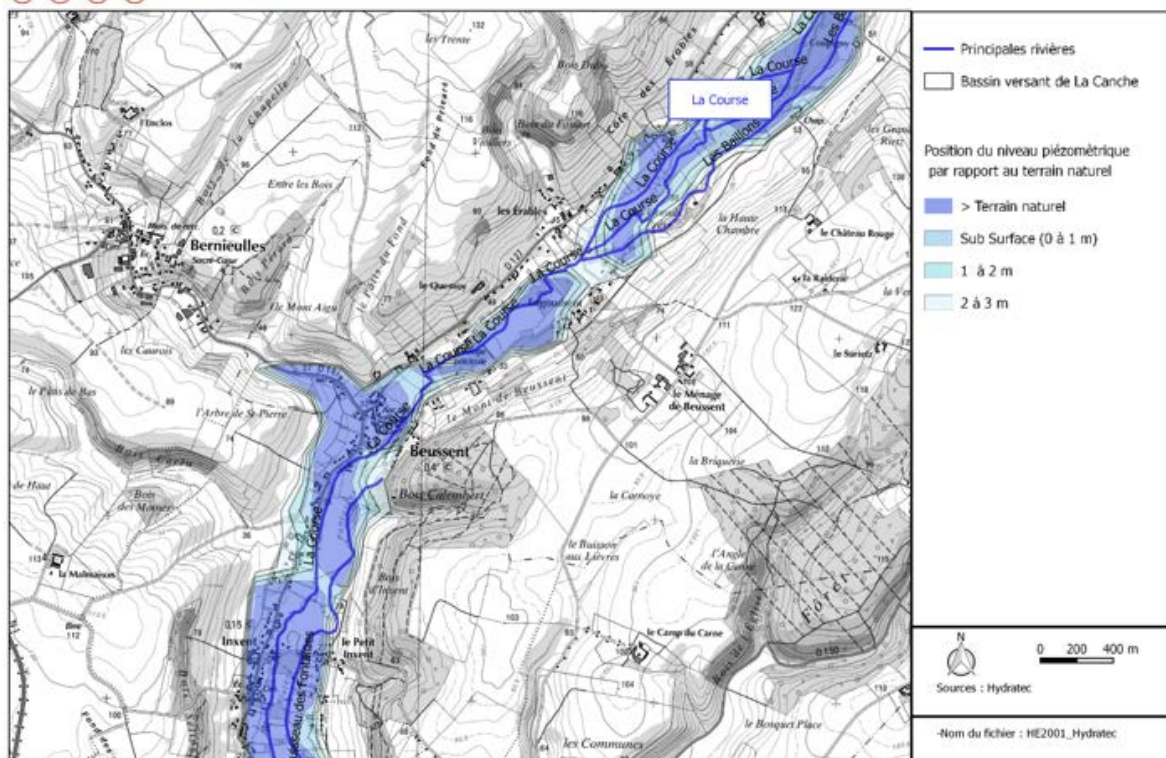
Symcœa
Agglo. assemble pour la Canche et ses affluents



Cartographie générale des inondations par remontée de nappe
sur La Course à Beussent en période de
hautes eaux décennales (2001)

PAPI – PPRI
de la Canche

Symacéa
Agir ensemble pour la Canche et ses affluents

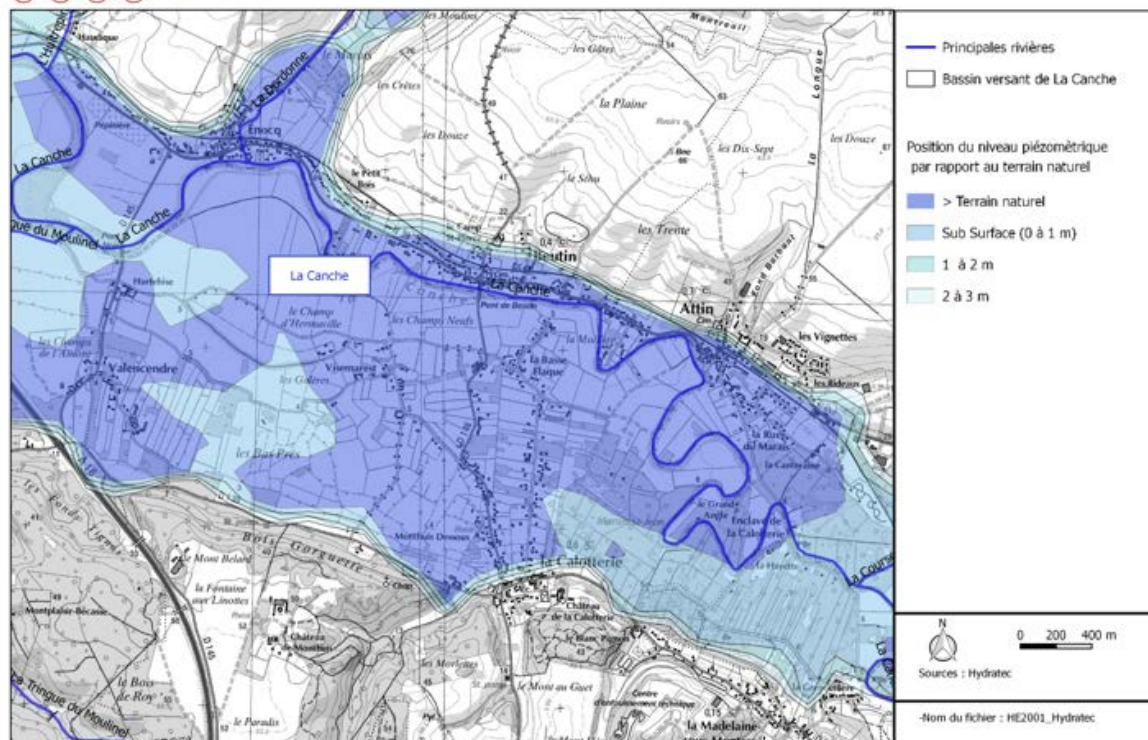


Conception et réalisation : Symacéa, DDTM 62, Hydratec ©, ASCONET Consultants © - Copies et reproductions interdites

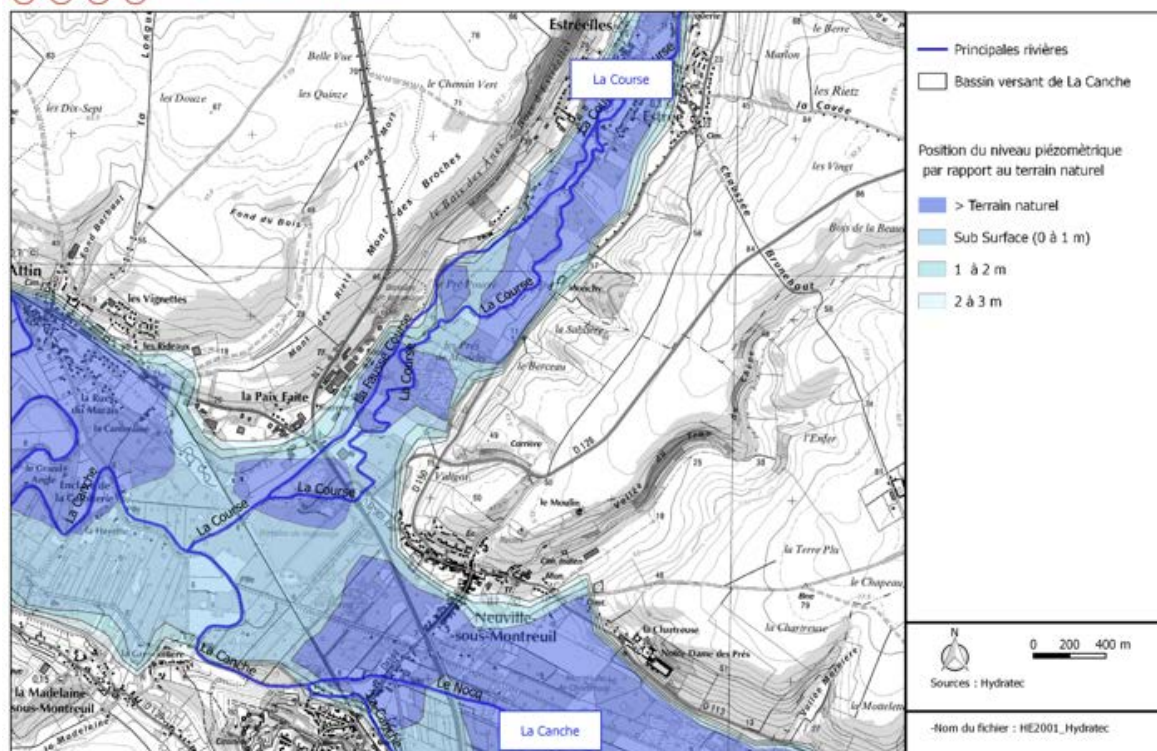
Cartographie générale des inondations par remontée de nappe
sur La Canche aval à Beutin en période de
hautes eaux décennales (2001)

PAPI – PPRI
de la Canche

Symacéa
Agir ensemble pour la Canche et ses affluents



Conception et réalisation : Symacéa, DDTM 62, Hydratec ©, ASCONET Consultants © - Copies et reproductions interdites



4.3 Analyse critique des résultats

4.3.1 Limites de la méthode

La méthode mise en œuvre permet d'évaluer les zones de sensibilité à la remontée de nappe à l'échelle du bassin versant de la Canche. Néanmoins, l'incertitude règne quant aux périodes de référencement des sources utilisées pour le calage, qui comme expliqué précédemment, peuvent migrer de quelques mètres sur les flancs de vallées en période de hautes eaux. Enfin, la densité du réseau de points fictifs de fond de vallée, bien que considérable, pourrait être augmenté davantage afin d'améliorer la précision de l'interpolation.

D'autre part, bien que considérablement retravaillée, la piézométrie des hautes eaux proposées par setec hydratec présente quelques zones approximatives en fond de vallée. Par exemple le débordement de certaines isopièzes en dehors de la vallée sur les lignes de niveau de versant sus-jacent correspond aux limites de l'interpolation. En effet, la ligne piézométrique est « attirée » par les points piézométriques BRGM de bordure de vallée par endroit.

Ainsi, nous avons dans une large mesure tenté de corriger les anomalies piézométriques détectées. Les résultats des zones d'inondations par remontée de nappe sont donc fiables vis-à-vis de l'évaluation de la sensibilité mais doivent être affinés pour conclure précisément sur les aléas en fond de vallée.

4.3.2 Croisement avec les informations recueillies

- **Les entretiens et données bibliographiques**

La carte ci-dessous (Figure 4-3) met en évidence les communes touchées par les inondations par remontée de nappe d'après les entretiens et le rapport du BRGM² établie en 2008 sur le secteur.

La correspondance avec les résultats obtenus par hydratec est visible en particulier à proximité de l'exutoire de La Canche à La Calotterie ou les entretiens ont révélé la présence de ce type d'inondation.

Sur La Course, qui est très marquée d'après nos résultats, seule la partie aval, sur la commune de Bezinghem a été identifiée par le BRGM comme zone impactée.

Sur La Ternoise, les quelques communes identifiées par le BRGM en amont et en aval de la rivière sont effectivement touchées par un risque inondation important d'après notre cartographie.

Communes touchées par les inondations
par remontée de nappe

PAPI – PPRI
de la Canche

Symcœa
Agir ensemble pour la Canche et ses affluents

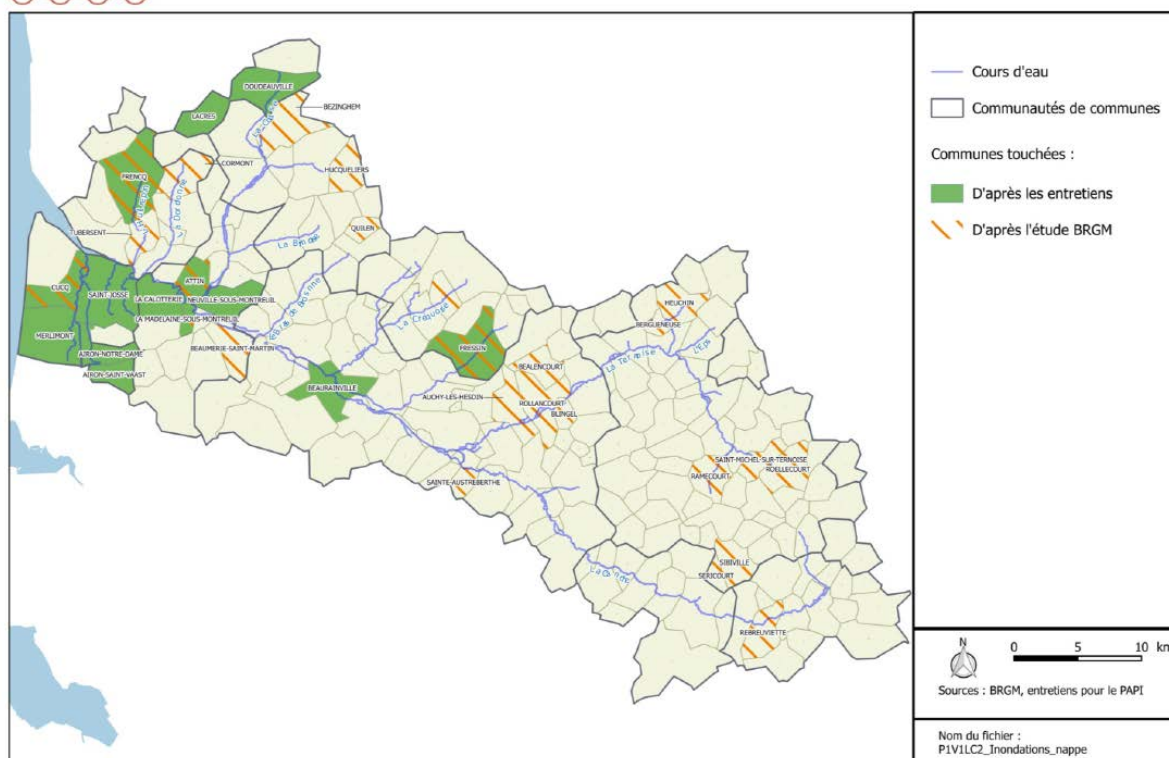


Figure 4-3: Communes touchées par les inondations par remontée de nappe

² Rapport BRGM/RP-56416-FR, 2008, Remontée de nappe dans le département du Pas-de-Calais (62)



4.4 Proposition de classes d'aléa

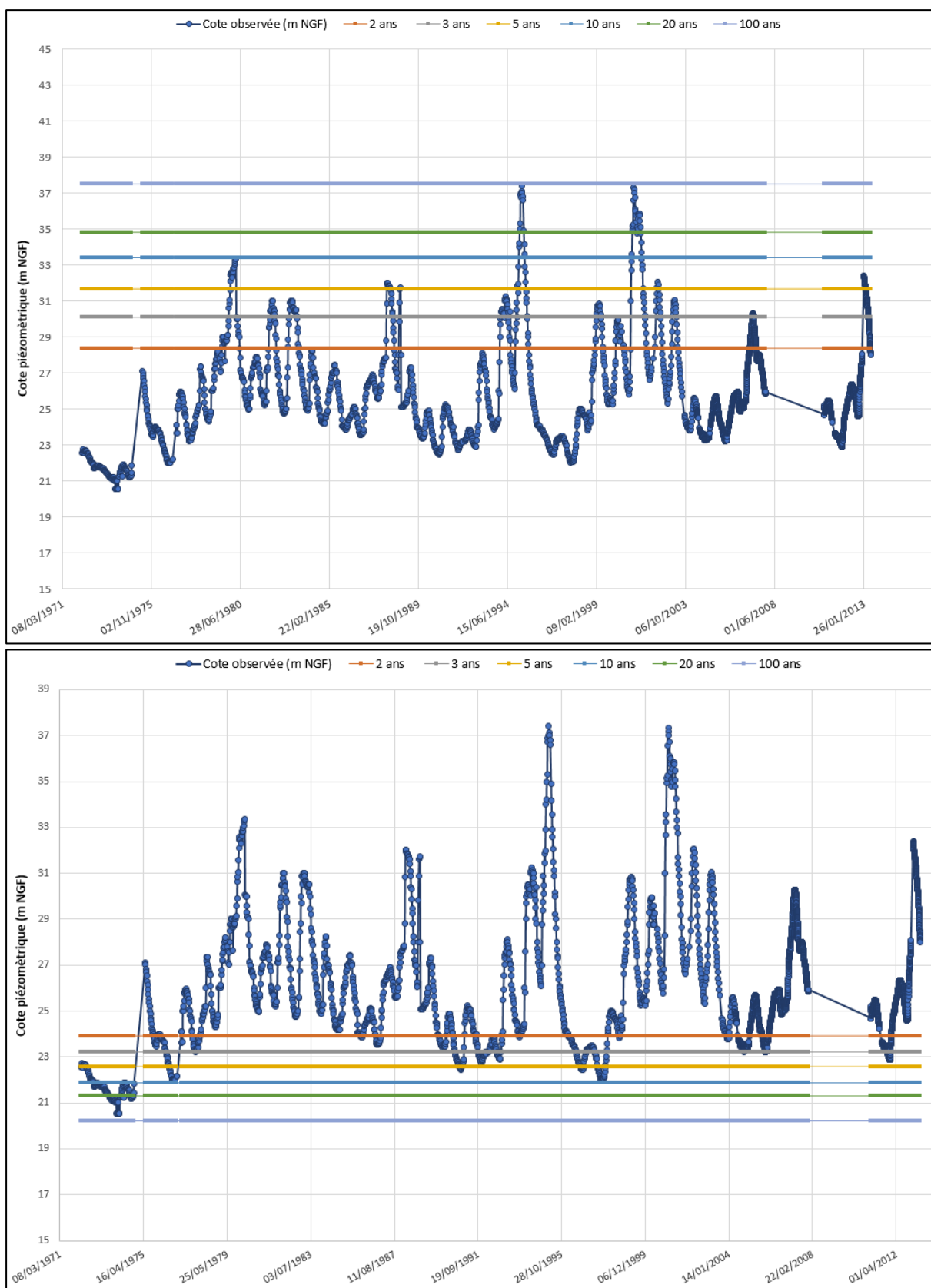
Nous proposons ci-dessous une définition des aléas sur le bassin versant en fonction de la position de la nappe par rapport au terrain naturel :

- **Aléa très élevé** : cote piézométrique > Terrain naturel
- **Aléa élevé** : cote piézométrique comprise entre 0 et 1 m de profondeur
- **Aléa moyen** : cote piézométrique comprise entre 1 et 2 m de profondeur
- **Aléa faible** : cote piézométrique comprise entre 2 et 3 m de profondeur



ANNEXE n°1

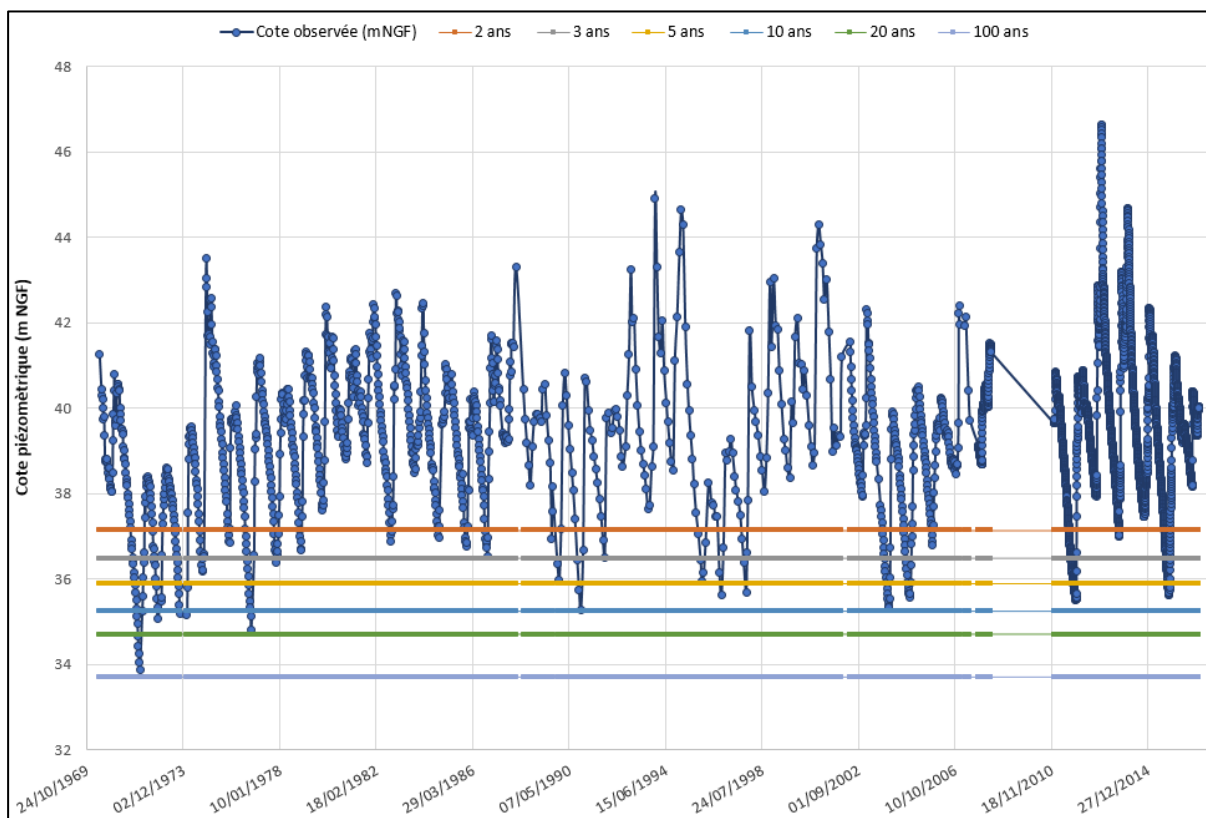
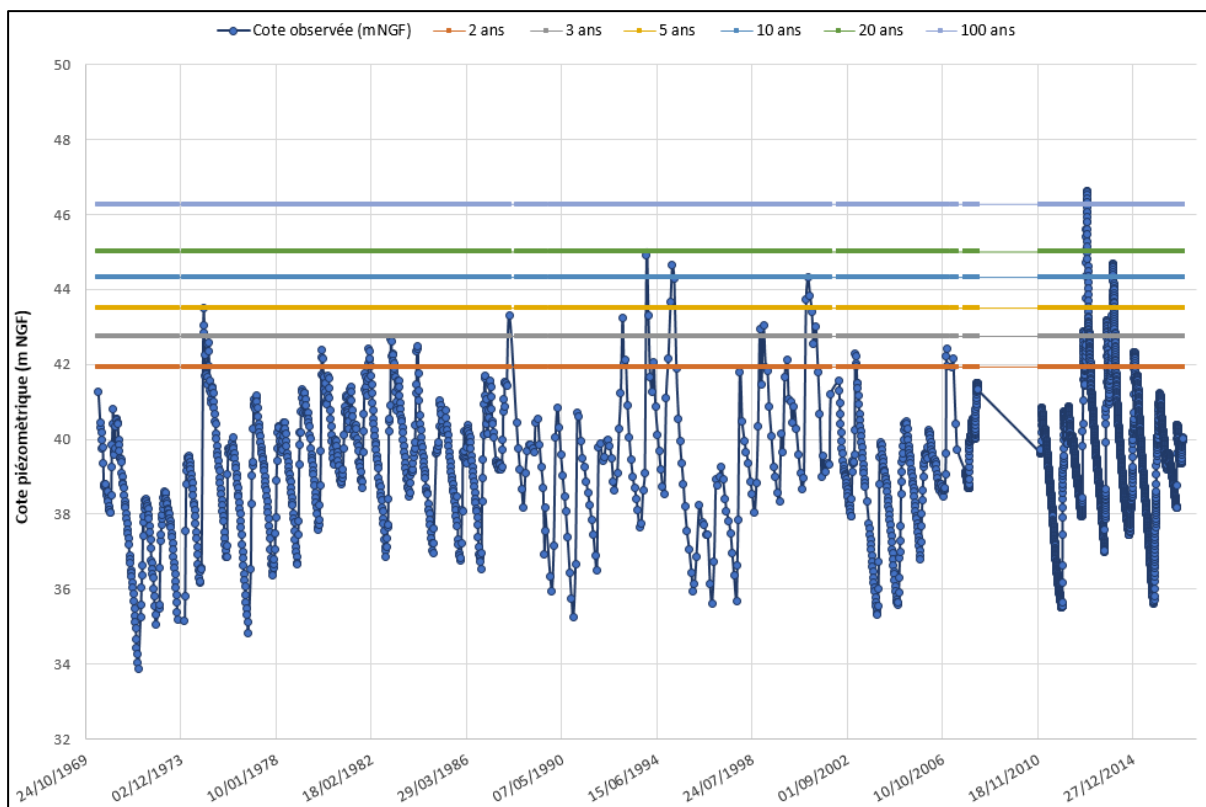
Chronique piézométrique et caractérisation des événements exceptionnels pour différentes périodes de retour (Piézomètre 00241X0012/P1)





ANNEXE n°2

Chronique piézométrique et caractérisation des événements exceptionnels pour différentes périodes de retour (Piézomètre 00171X0051/P1)





ANNEXE n°3

Cartes piézométriques des hautes eaux disponibles sur le bassin versant de La Canche

Carte piézométrique des Hautes Eaux (1995)

PAPI – PPRI
de la Canche

Symcœa
Appl'ensemble pour la Canche et ses affluents

