



PPRI PLAN DE PREVENTION
DES RISQUES INONDATIONS DE LA

Clarence

Phase 1 : Connaissance du territoire et des
événements historiques
Livrabale 4 / Révision n°1

Date : 24/11/2015

▪ www.ppri-clarence.fr



Plan de Prévention des Risques Inondations de la vallée de la Clarence

- Présentation du bassin versant



Direction départementale
des territoires et de la mer
du Pas-de-Calais
100 avenue Winston Churchill
CS 10007 – 62022 Arras Cedex
▪ Tel. : 03 21 22 99 99
▪ Fax : 03 21 55 01 49



STRATIS



ISL Ingénierie SAS - Siège
75 Boulevard Mac Donald
75019 Paris - FRANCE
▪ Tel. : +33 1 55 26 99 99
▪ Fax : +33 1 40 34 63 36

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	12
2	LES COURS D'EAU	12
2.1	La Clarence	13
2.2	Le Grand Nocq	13
2.3	La Nave	14
2.4	La Busnes	14
3	HYDROGEOLOGIE	16
3.1	Contexte général	16
3.1.1	Bilan hydrologique	16
3.1.2	Sources	16
3.2	Géologie	18
3.2.1	Brève présentation de l'histoire géologique	18
3.2.2	Cadre structural	18
3.2.3	Description des faciès lithologiques	19
3.3	Principaux aquifères	21
3.3.1	Généralités sur l'aquifère des limons de Plateaux	23
3.3.2	Généralités sur l'aquifère des sables d'Ostricourt	25
3.3.3	Généralités sur l'aquifère de la Craie	29
3.3.4	Carte piézométrique	40
3.4	Inondations par remontée de nappe	44
3.4.1	Historiques	44
3.4.2	Données statistiques	47

4	HYDROLOGIE	50
4.1	Pluviométrie	50
4.2	Analyse statistique des pluies	51
4.3	Typologie des crues	52
4.3.1	Evénements orageux	52
4.3.2	Crues issues de pluies longues hivernales	56
4.4	Analyse statistique des débits	59
4.5	Analyse régionale	63
4.6	Gradex et gradex progressif	65
5	LES NŒUDS HYDRAULIQUES	67
5.1	Nœud de Bellerive	67
5.2	Nœud de Lillers	69
6	OUVRAGES	70
6.1	Principaux ouvrages remarquables ou limitants	70
6.1.1	Busages ou ponts cadres sur la Nave et la Clarence amont	70
6.1.2	Moulin de la Ferté à Pernes	71
6.1.3	Ouvrage de franchissement à Calonne-Ricouart sous la place	72
6.1.4	Pont de la rue du Marais à Marles-les-Mines	73
6.1.5	Traversée d'Allouagne par le Grand Nocq	73
6.1.6	Ouvrages à Lapugnoy	74
6.1.7	Buses sous l'autoroute	74
6.1.8	Pont de l'Abbaye à Chocques	75
6.1.9	Siphon et vanne de Bellerive	76
6.1.10	Siphons sous le canal d'Aire	77
6.1.11	Passages busés sur le Rimbart dans les villes d'Auchel et Burbure	78

6.1.12	Ouvrages de délestage sur la Nave à Lillers	79
6.2	Digues	79
7	OCCUPATION DU SOL	81
8	DONNEES TOPOGRAPHIQUES	83
8.1	LIDAR	83
8.2	Profils	87
9	CONCLUSIONS	88
9.1	Fonctionnement global du bassin versant	88
9.2	Hydrologie	90
9.3	Topographie et ouvrages	90
9.4	Crues de Calage du modèle	90

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des cours d'eau, des communes et des stations hydrométriques du territoire d'étude	15
Figure 2 : Bilan hydrologique annuel de la Clarence	16
Figure 3 : Carte de localisation des principales sources. Source : carte géologique imprimée, BRGM	17
Figure 4 : Schéma de principe de l'hydrogéologie des nappes perchées	23
Figure 5 : Carte de la piézométrie générale de la nappe des sables. Source : BRGM	26
Figure 6 : Variogrammes expérimental et calculé pour l'estimation de la carte piézométrique des sables d'Ostricourt	27
Figure 7 : Carte de la piézométrie fine de la nappe des sables	28
Figure 9 : Schéma de principe de l'aquifère crayeux	30
Figure 10 : Schéma de principe de l'hydrogéologie dans le secteur amont en présence d'alluvions perméables en fond de vallée	31
Figure 11 : Schéma de principe de l'hydrogéologie dans le secteur amont en présence d'alluvions peu perméables en fond de vallée	31

Figure 12 : Localisation des ouvrages disposant de chroniques piézométriques, de la station de mesures pluviométriques et de la station de débit. Source : BSS	33
Figure 13 : Suivi piézométrique des ouvrages de référence. Période de juin 1968 à mai 2015. Sources : ADES et NOREADE	35
Figure 14 : Comparaison des suivis piézométriques des ouvrages de référence de plateau et de plaine. Période de juin 1968 à mai 2015. Source : ADES	36
Figure 15 : Illustration des phénomènes de recharges annuelles et inter-annuelles observés au droit du piézomètre 00183X0002/SI sur le site d'étude. Période de janvier 1998 à mai 2005. Données issues du site de l'ADES.	37
Figure 16 : Comparaison des évolutions piézométriques des ouvrages de référence 00122X0064/P1 et 00127X0873/PZ1 situés sur une même ligne d'écoulement depuis le plateau jusque dans la plaine. Période de mai 1979 à mai 2006. Source : ADES.	38
Figure 17 : Evolution comparée du niveau de la nappe de la craie, du régime d'écoulement de la Clarence et de la pluviométrie – Période 1968- 2015. Sources : ADES, MétéoFrance et banque Hydro.	39
Figure 18 : Détails de l'évolution comparée du niveau de la nappe de la craie, du régime d'écoulement de la Clarence et de la pluviométrie – Période 1993 - 2005. Sources : ADES, MétéoFrance et banque Hydro.	40
Figure 19 : Extrait de la carte de la piézométrie de la craie de hautes eaux de 2001 Source : BGRM.	43
Figure 20 : Cartographie des communes impactées par les remontées de nappe	45
Figure 21 : Evolution comparée du niveau de la nappe de la craie, du régime d'écoulement de la Clarence, de la pluviométrie et historique des principales inondations – Période 1994- 2006. Sources : ADES, MétéoFrance et banque Hydro.	46
Figure 22 : Comportement de la nappe de la craie et période de retour au droit de l'ouvrage 0184X0133/P1. Source : ADES	48
Figure 23 : Comportement de la nappe de la craie et période de retour au droit de l'ouvrage 00187X0005/P1. Source : ADES	48
Figure 24 : Comportement de la nappe de la craie et période de retour au droit de l'ouvrage 00127X0873/P1. Source : ADES	49
Figure 25 : Localisation des stations pluviométriques	50
Figure 26 : Répartition des lames d'eau annuelles moyennes par carré de 1kmx1km	51
Figure 27 : Hydrogrammes à Robecq pour différents épisodes orageux	53
Figure 28 : Cumuls pluviométriques horaires en différentes stations ou lieux lors des épisodes orageux	54

Figure 29 : Cumuls pluviométriques horaire lors de l'épisode de mars 2012 _____	54
Figure 30 : Hydrogrammes à Robecq pour les épisodes d'octobre-novembre 1998, décembre 1999 et décembre 2012 _____	57
Figure 31 : Hydrogrammes à Robecq pour les crues d'hiver recensées _____	58
Figure 32 : Cumuls pluviométriques journaliers pour les épisodes de l'hiver 1994-95, décembre 1999 et décembre 2012 _____	59
Figure 33 : ajustement de Gumbel n°3 sur les débits de pointe maximums annuels à Robecq _____	60
Figure 34 : Emplacement de la station hydrométrique de Robecq sur plan cadastral	61
Figure 35 : Ajustement de Gumbel sur les débits de pointe des 6 mois d'été _____	62
Figure 36 : Ajustement de Gumbel sur les débits de pointe des 6 mois d'hiver _____	63
Figure 37 : Emplacement des stations hydrométriques sur la Clarence, la Lys et la Lawe _____	64
Figure 38 : Fonctionnement du noeud hydraulique de Bellerive _____	68
Figure 39 : Fonctionnement du noeud hydraulique de Lillers _____	69
Figure 40 : Franchissement de la Nave à Nédonchel _____	70
Figure 41 : Franchissement de la Nave à Amettes _____	71
Figure 42 : Franchissement de la Clarence amont à Bours _____	71
Figure 43 : Vannes du moulin de la Ferté à Pernes sur la Clarence _____	72
Figure 44 : Amont de l'ouvrage de franchissement de la Clarence sous la place René Lannoy à Calonne-Ricouart _____	72
Figure 45 : Pont de la rue du Marais à Marles-les-Mines sur la Clarence _____	73
Figure 46 : Franchissement du Grand Nocq à Allouagne _____	73
Figure 47 : Ouvrages à Lapugnoy sur la Clarence _____	74
Figure 48 : Buse du Grand Nocq sous l'A26 _____	75
Figure 49 : Buses de la Calonnnette sous l'A26 _____	75
Figure 50 : Pont de l'abbaye à Chocques (vue de l'amont vers l'aval, Gonnehem en rive gauche) _____	76
Figure 51 : Siphon du Grand Nocq sous la Clarence (en haut), vanne reliant le Grand Nocq et la Clarence (en bas à gauche) _____	77
Figure 52 : siphon du Grand Nocq _____	77

Figure 53 : siphon de la Clarence_____	78
Figure 54 : Buse sur le Rimbert à Auchel dans la rue du Val Fleuri (en haut), buse sur le Rimbert à Burbure (en bas à gauche) _____	79
Figure 55 : Ruptures de digues avérées_____	80
Figure 56 : Localisation de points a priori plus fragiles dans les digues de la Clarence _____	81
Figure 57 : Carte d'occupation du sol _____	82
Figure 58 : Localisation des profils de digues à Chocques sur fond de MNT issu du LIDAR _____	84
Figure 59 : Comparaison de profils donné par le LIDAR et levé par un géomètre (Profil n°150) _____	84
Figure 60 : Comparaison des profils donné par le LIDAR et levé par un géomètre (Profil n°211) _____	85
Figure 61 : Localisation des profils de la DREAL comparés à Calonne-Ricouart et Marles-les-Mines _____	86
Figure 62 : Comparaison des profils donnés par le LIDAR et par un géomètre (Profil n°200) _____	86
Figure 63 : Comparaison des profils donnés par le LIDAR et par un géomètre (Profil n°500) _____	87
Figure 64 : Schéma du fonctionnement hydraulique du bassin versant de la Clarence	89
Figure 65 : Repères de crue recensés au cours des enquêtes de terrain _____	92

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Superficie des principaux bassins versants du territoire d'étude.....	14
Tableau 2 : Succession lithologique des formations aquifères (extrait du site internet du SIGES)	23
Tableau 3 : Caractéristiques des piézomètres de référence. Source : ADES	34
Tableau 4 : Cumuls pluviométriques mensuels moyens à Fiefs et Lillers sur 50 ans...51	
Tableau 5 : Caractéristiques des ajustements sur les pluies journalières à Fiefs et Lillers	52
Tableau 6 : Caractéristiques des ajustements de Gumbel effectués	60
Tableau 7 : Ajustement de Gumbel saisonnier et temps de retour associés.....	62

Tableau 8 : Débits (m ³ /s) horaires maximaux à Robecq, Delettes, Bruay, Houdain et Béthune pour les épisodes de décembre 2012, février 2002 et mars 2012	64
Tableau 9 : Débits (m ³ /s) estimés à Robecq par comparaison de bassins versants ...	65
Tableau 10 : Détermination du ratio débit de pointe-débit journalier d'été	66
Tableau 11 : Détermination du ratio débit de pointe-débit journalier d'hiver	66
Tableau 12 : Débit centennial calculé par les méthodes du gradex et du gradex progressif – Pivot =10 ans.....	67
Tableau 13 : Débit centennial calculé par les méthodes du gradex et du gradex progressif – Pivot = 50 ans.....	67
Tableau 14 : Libellés des zones d'occupation du sol.....	83

1 INTRODUCTION

Le bassin versant de la Clarence subit régulièrement des inondations et de nombreux épisodes de pluies ont, par le passé, provoqué des dommages et conduit à des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle.

Dans ce contexte, les 57 communes du bassin versant ont fait l'objet de la prescription d'un Plan de Prévention des Risques d'Inondation par arrêté préfectoral du 10 octobre 2000.

L'objectif de la présente étude est :

- d'approfondir la connaissance des événements et du fonctionnement hydraulique du territoire ;
- d'élaborer les documents réglementaires du PPRi sur les communes du bassin versant : carte des aléas (débordement, ruissellement et remontées de nappe), des enjeux et du zonage réglementaire ;
- de mener la concertation et la sensibilisation au risque inondation des acteurs locaux et de la population.

L'étude se décompose en deux phases en tranche ferme et en cinq tranches conditionnelles :

- Phase 1 : connaissance du territoire et des évènements historiques
- Phase 2 : mise au point des méthodes
- TC1 - Phase 3 : qualification de l'aléa de référence
- TC2 - Phase 4 : étude des enjeux
- TC3 - Phase 5 : documents du PPRi
- TC4 : Action de communication vers le monde scolaire
- TC5 : Réunion publique

Le présent rapport constitue le livrable 4 de la phase 1 de l'étude. Il est constitué à partir des informations issues de la bibliographie et complété par celles recueillies durant les enquêtes sur le terrain.

2 LES COURS D'EAU

Le bassin versant de la Clarence a une superficie d'environ 236 km² (ou 221 km² lorsqu'on ne compte pas le sous-bassin du Rimbart).

Il est constitué de plusieurs centaines de kilomètres de linéaire : environ 150 km de cours d'eau sans compter les nombreux fossés, parfois à sec, constituant le réseau de drainage. Les principaux cours d'eau en sont la Clarence, la Nave et le Grand Nocq.

2.1 La Clarence

La Clarence, 35 km de linéaire, prend sa source à Sains-les-Pernes à 146 m d'altitude dans les collines d'Artois et se jette dans la Vieille Lys à Calonne-sur-la-Lys. Cette rivière a été artificialisée au cours des siècles et son lit dévié : il y a plusieurs exemples d'inondations pendant lesquelles elle a repris son lit initial dans certaines communes : en décembre 1999 à Camblin-Châtelain et Marles-les-Mines par exemple. Elle peut être divisée en trois secteurs principaux :

- De sa source à Camblain-Châtelain, elle s'écoule sur un relief marqué, avec une dynamique de crue rapide. Sa pente moyenne est de 1%. Elle est souvent canalisée et encaissée voire busée, notamment ses bras affluents tout à l'amont qui passent en parcelle privée le long des maisons.
- De Calonne-Ricouart à Lapugnoy, le secteur devient très urbanisé car le cours d'eau passe dans les villes minières. La pente est toujours forte (0,3 %). Des tronçons de plusieurs dizaines de mètres passent en souterrain sous des habitations et des rues. La Clarence traverse Marles-les-Mines qui connaît des problèmes d'affaissement minier. Au vu du contexte urbain, il y a peu de zones d'expansion naturelle susceptibles d'amortir les hydrogrammes.
- A partir de Chocques, la Clarence s'écoule dans la plaine avec très peu de pente (en moyenne 0,05 %). Elle est endiguée et parfois « perchée » comme à Gonnehem. Sans cela, et comme ce fut le cas il y a plusieurs siècles, elle inonderait complètement les communes situées dans cette plaine. Elle interagit également avec de nombreux autres cours d'eau.

Ses affluents directs sont, à l'amont, le ruisseau de Marest et le Pressy, puis plus à l'aval :

- la Calonnnette à Labeuvrière,
- la Nave à Gonnehem,
- le Grand Nocq à Calonne-sur-la-Lys.

2.2 Le Grand Nocq

Le Grand Nocq, 16 km de linéaire, prend sa source au milieu du bassin versant de la Clarence à Allouagne. Il y est en grande partie enterré et busé, souvent par des ouvrages limitants, car il traverse le centre-ville. A Gonnehem, le cours d'eau s'écoule entre la route et les habitations et passe sous de nombreux ouvrages de franchissement. Il assure, avec différents courants affluents (courant de Courery, courant de Bellerive), le drainage de la plaine car la Clarence étant perchée et endiguée celle-ci ne peut plus assurer ce rôle. Au lieu-dit de Bellerive, il passe en siphon sous la Clarence avant de s'écouler parallèle à celle-ci jusqu'à leur confluence à Calonne-sur-la-Lys.

2.3 La Nave

La Nave, 23 km de linéaire, prend sa source à Bailleul-les-Pernes et conflue avec la Clarence à Gonnehem en aval du siphon de Bellerive. Sa morphologie est semblable à celle de la Clarence avec des pentes fortes en amont et un lit fortement canalisé longeant les maisons. A partir de Lillers la Nave est endiguée et ne fait que transiter sans avoir de rôle de drainage jusqu'à sa confluence avec la Clarence.

Ses principaux affluents sont le Ravin de la Méroise à Lespesses, qui est un courant drainant des eaux de ruissellement, le Fossé Noir et le ruisseau d'Hurionville à Lillers.

2.4 La Busnes

Les cours d'eau interagissent entre eux au sein du bassin versant aussi bien en termes de débordement naturel que de délestage artificiel. Par ailleurs, le bassin versant de la Clarence est également imbriqué avec celui de la Busnes, une rivière qui se jette dans la Lys canalisée à Saint-Venant, en amont de la confluence de la Vieille Lys et de la Lys canalisée.

Le bassin versant de la Busnes a une superficie d'environ 38 km² pour 32 km de cours d'eau, sans compter le quadrillage de courants et fossés de drainage. La Busnes prend sa source à Lillers, dont elle est le principal exutoire et où elle subit les délestages de la Nave. Son principal affluent, le Rimbert, prend sa source en plein milieu du bassin versant de la Clarence à Floringhem avant de passer en siphon sous la Nave et de se jeter dans la Busnes à Robecq. Il est enterré et busé dans sa traversée de Burbure, ce qui a pu poser problème dans le passé, lors de l'inondation d'août 2002 par exemple.

Bassin versant		Superficie (km ²)
Clarence (sans Rimbert)		221
dont	Nave	69
	Grand Nocq	56
Busnes		38
dont	Rimbert	15

Tableau 1 : Superficie des principaux bassins versants du territoire d'étude

Les principaux lieux d'interaction entre cours d'eau sont présentés en partie 5.

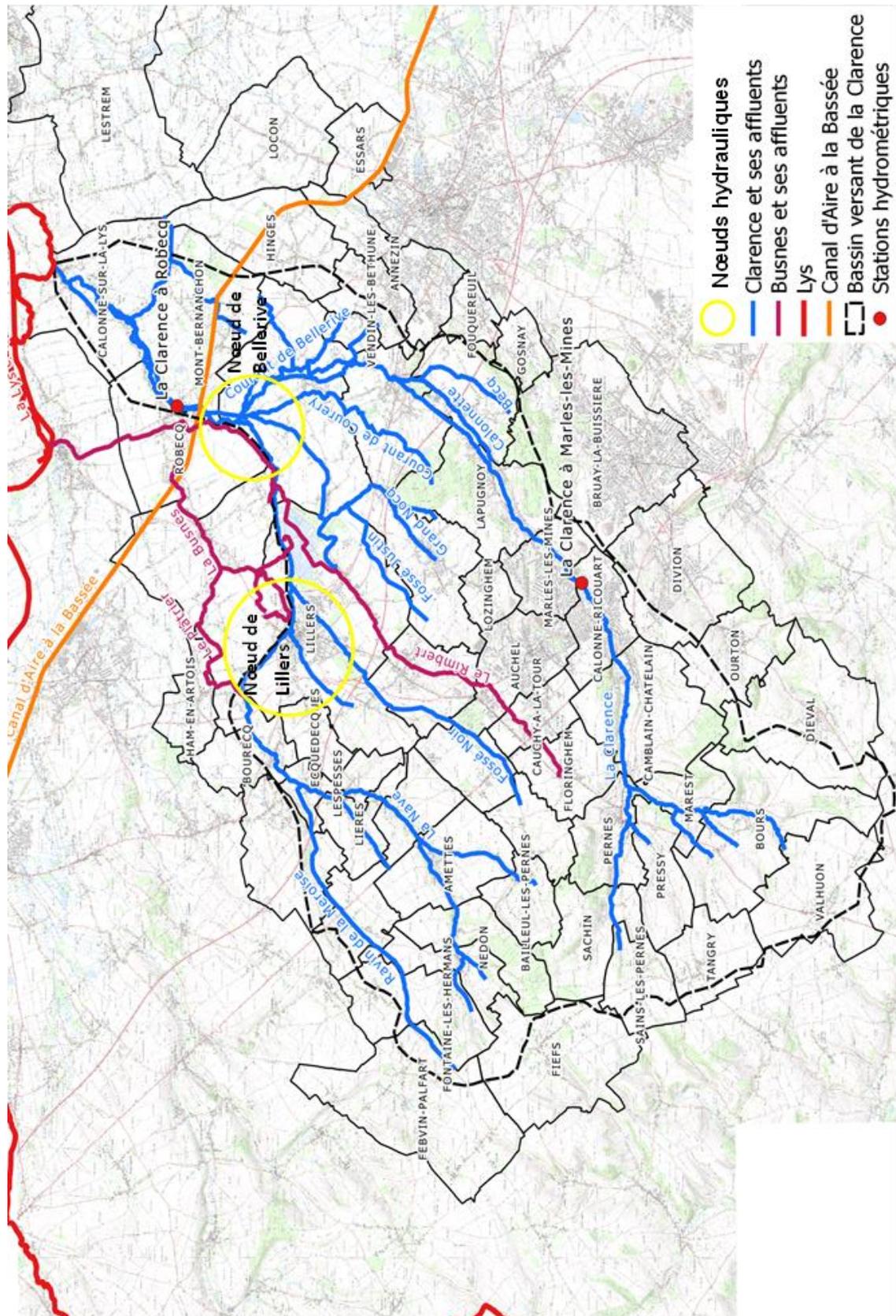


Figure 1 : Localisation des cours d'eau, des communes et des stations hydrométriques du territoire d'étude

3 HYDROGEOLOGIE

3.1 Contexte général

3.1.1 Bilan hydrologique

Le bilan hydrologique est tiré de l'étude d'aménagement intégré de la Clarence publiée en 2001.

Un bilan hydrologique a été réalisé à l'échelle du bassin versant de la Clarence pour une année moyenne en situation actuelle afin d'apprécier les disponibilités résiduelles en matière de prélèvements souterrains.

Globalement le bilan hydrologique est positif avec une recharge de la nappe de septembre à février. Le volume des infiltrations représente 10,1% de la lame d'eau précipitée soit environ 22,8 Mm³/an pour l'ensemble du bassin versant de la Clarence alors que les prélèvements étaient de 5,8 Mm³/an.

Les auteurs concluaient que « les ressources en eau, [étaient] donc suffisantes pour satisfaire les besoins actuels et futurs. »

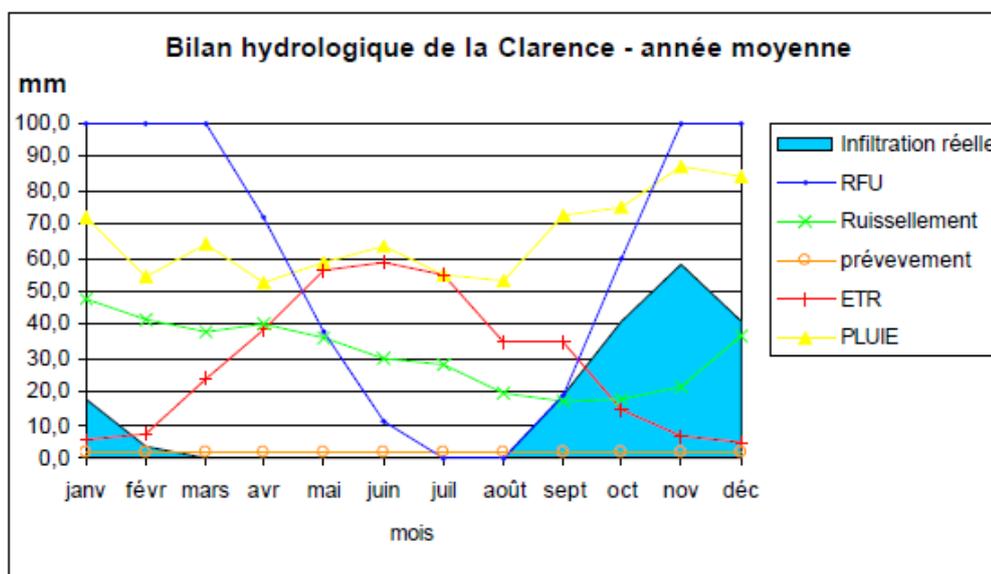


Figure 2 : Bilan hydrologique annuel de la Clarence

3.1.2 Sources

Sur l'ensemble de la vallée, on recense de nombreuses sources et affleurements d'eau (une quarantaine) principalement localisés sur les coteaux des vallées humides (voir carte ci-dessous).

Le fonctionnement des sources sera précisé dans les paragraphes « exutoire » des descriptions des différents aquifères (cf. 3.3 Principaux aquifères).

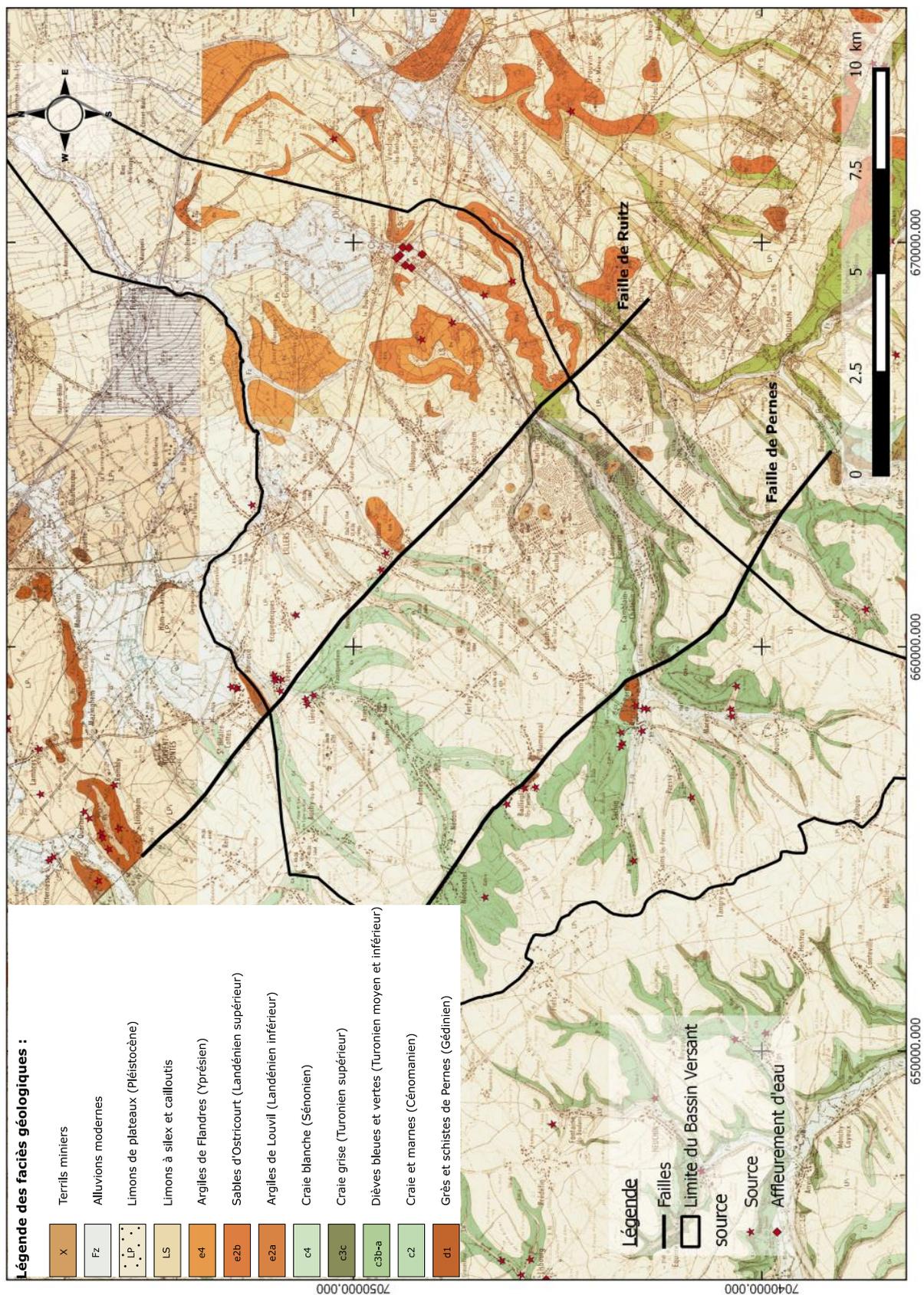


Figure 3 : Carte de localisation des principales sources. Source : carte géologique imprimée, BRGM

3.2 Géologie

La zone d'étude est située à la jonction entre le Bassin parisien et le Bassin de Bruxelles, au niveau de l'anticlinal faillé de l'Artois (axe Nord-Ouest – Sud-Est).

3.2.1 Brève présentation de l'histoire géologique

Ce paragraphe est extrait du SAGE - Etude d'aménagement intégré de la Clarence publié en 2001.

« Le secteur d'étude, comme l'ensemble de la région Nord, repose sur un socle constitué de terrains primaires. Depuis le Trias supérieur (début du Secondaire), ce socle s'enfoncé, créant de vastes bassins. La région Nord-Pas de Calais appartient à l'extrémité nord du bassin de Paris, dont l'ensemble a été recouvert lors des transgressions marines post-paléozoïques par des dépôts secondaires essentiellement crayeux du Crétacé, et tertiaire principalement sableux et argileux de l'Yprésien. Eux-mêmes sont recouverts d'un manteau de limons et d'autres formations superficielles.

Le bassin versant de la Clarence se situe exactement dans ce contexte. Il est de plus caractérisé par un très large recouvrement de limons pléistocènes. C'est un limon argilo-sableux, brun, jaunâtre d'une épaisseur de plusieurs mètres.

Sur le plateau, les sols sont des limons et des limons argileux avec des teneurs en argiles variables. Ils recouvrent une série de craies : tout d'abord la craie du Sénonien (craie blanche) d'une épaisseur d'environ 50 m ; puis les craies du Turonien supérieur. Le bassin versant est donc caractérisé par des affleurements calcaires dans les vallées du fait de l'érosion hydrique.

Au niveau de la plaine de la Lys, les sols sont de type limoneux-argileux à argileux-limoneux. Au niveau de l'extrémité nord-est du bassin versant, ils sont de type argile lourde et présentent des teneurs en argile qui peuvent atteindre plus de 50 % (Calonne-sur-la-Lys). La couche de limon recouvre une formation d'argile de l'Yprésien (Eocène, tertiaire). Les sols sont très hydromorphes.

Les deux ensembles géologiques (formations crayeuses et argile de l'Yprésien) sont séparés par la faille de Ruitz. »

3.2.2 Cadre structural

La zone d'étude est assez déformée en raison de la proximité du socle primaire et du rejeu inverse de nombreuses failles lors de la formation de l'anticlinal de l'Artois post-crétacé. L'axe de l'anticlinal et des principales failles est globalement Nord-Ouest Sud-Est.

Situé en partie sur l'axe du bombement, le bassin versant de la Clarence est recoupé par deux failles principales : la faille de Ruitz située la plus au Nord, et la faille de Pernes. Les rejets de la phase post-crétacée sont estimés à une soixantaine de mètres pour la faille de Ruitz et une centaine de mètres pour la faille de Pernes, abaissant les couches du compartiment nord (plaine de Lys).

Au Sud de la faille de Pernes les formations stratigraphiques sont légèrement inclinées vers le Sud-Ouest alors qu'au Nord de la faille de Pernes et de la faille de Ruitz les terrains sont légèrement inclinés vers le Nord-Est.

3.2.3 Description des faciès lithologiques

Les faciès lithologiques que l'on rencontre à l'affleurement dans la zone d'étude s'échelonnent, du plus récent au plus ancien, des argiles d'Orchies de l'Yprésien inférieur aux grès rouges du Dévonien inférieur (Gédinien) en passant par les puissantes formations crayeuses du crétacé supérieur. Le paragraphe qui suit est une synthèse des descriptions géologiques des feuilles de St Omer, Hazebrouck, Lillers et Béthune. Les épaisseurs des faciès sont estimées à partir de la modélisation géologique du Nord-Pas-de-Calais réalisée en 2010¹.

3.2.3.1 Terrains quaternaires

Les alluvions modernes (Fz)

Elles sont principalement rencontrées au niveau des vallées des cours d'eau. Elles sont essentiellement argileuses et de couleur grisâtre en raison de la présence de matière organique. Elles peuvent contenir des niveaux de cailloutis de silex ainsi que des lits tourbeux. Leur épaisseur est très variable.

Limons de la vallée de Lys (LP2)

C'est une formation sablo-argileuse de teinte claire. Surtout présente dans le quart nord-est du site d'étude, elle est superposée à l'argile des Flandres.

Limon pléistocène (LP1)

Ce limon argilo-sableux recouvre la majeure partie du site d'étude. Son épaisseur est assez variable et peut atteindre plusieurs mètres. Ce faciès serait majoritairement issu de la décalcification *in situ* des niveaux crayeux sous-jacents. Au sommet de la série, les faciès plus décalcifiés, présentent une couleur brune et correspondent à la « terre à briques » pouvant être exploitée quand elle est pure. La base argileuse peut contenir des silex plus ou moins brisés et des granules de craie provenant du remaniement des niveaux silicifiés des formations sous-jacentes.

L'argile à silex *sensu stricto*, brune renfermant des silex entiers est toujours de faible épaisseur et recouvre toujours directement la craie.

Cet ensemble lithologique est le plus affleurant, il représente environ 60% de la surface du bassin versant.

Limon à silex et cailloutis (LS)

Situé de part de d'autre de la vallée de la Clarence (au niveau de Lapugnoy, bordure est du site étudié), ce faciès détritique est composé de cailloutis de silex roulés ou brisés associés à des sables ou limons plus ou moins argileux. Son épaisseur, très variable, peut atteindre plusieurs mètres.

¹ J. Picot, "Modélisation géologique de la craie séno-turonienne en région Nord-Pas de Calais. Rapport final," RP-58910-FR

3.2.3.2 Terrains tertiaires

Dans le bassin versant de la Clarence, les terrains tertiaires sont présents à l’affleurement ou sous couverture quaternaire au Nord-Est de la faille de Ruitz, soit sur 34% (77.4km²) de la superficie du bassin versant.

Yprésien inférieur, Argiles d’Orchies (ou des Flandres) (e4)

Cette argile, relativement élastique, présente des couleurs allant du gris-bleu au noirâtre en passant par des faciès d’altération jaune ou gris situés à proximité de la surface. Les principaux affleurements sont situés à l’est de la zone d’étude proche de Lapugnoy. Leur épaisseur maximale est d’environ 25 m.

Landénien supérieur, Sables et grès d’Ostricourt (e2b)

Sur le secteur étudié, les sables landéniens sont représentés par un faciès indifférencié de sables assez fins à très fins, pouvant être blancs, verts ou roux selon la présence et le degré d’altération de la glauconie. Cette formation est de l’ordre de 20 m de puissance.

Landénien inférieur, Sable et argile sableuse – Argiles de Louvil (e2a)

Cette formation se présente soit à l’état d’argile soit, le plus souvent, sous l’aspect de sable fin, glauconieux et plus ou moins argileux passant insensiblement vers le sommet au Sable d’Ostricourt. Les épaisseurs observées dans la région sont de l’ordre d’une dizaine de mètres.

3.2.3.3 Terrains secondaires

Dans le bassin versant de la Clarence, les terrains secondaires sont présents à l’affleurement ou sous couverture quaternaire au sud-est de la faille de Ruitz, soit sur 66% de la superficie du bassin versant.

Sénonien (Coniacien et Santonien). Craie blanche (c4)

Ce faciès évolue d’une craie blanche, très pure et sans silex vers une craie plus grossière contenant des silex (disséminés dans la masse, en lits ou filonnets). La base est constituée par une craie grise, plus résistante et légèrement glauconieuse. Cet ensemble crayeux atteint une puissance d’environ cinquante mètres.

Turonien supérieur. Craie grise à *Micaster leskei* (c3c)

C’est une craie grisâtre contenant de la glauconie et d’aspect grenu. La partie supérieure est connue sous le nom de *meule* en raison de sa dureté causée par la cristallisation de calcite dans les pores de la roche. Il est possible d’observer des bancs congloméroïdes constitués par des nodules de craie durcie. Les silex sont généralement nombreux, cornus et de grandes tailles. L’épaisseur de ce faciès est d’environ dix mètres.

Turonien moyen et inférieur. Marnes à *Terebratulina rigida* (c3b-a)

Il est très délicat de différencier le Turonien moyen du Turonien inférieur qui sont représentés sur la carte par le même figuré.

En effet il s'agit d'une alternance marno-crayeuse dont le sommet est caractérisé par la dominance de lits crayeux de couleur bleuté (appelées « dièves bleues ») alors que la base est marquée par une augmentation de niveaux argileux. Le Turonien inférieur est donc principalement constitué de niveaux marneux de couleur verdâtre appelés « dièves vertes ». Cet ensemble représente une hauteur d'environ 50 mètres dans la plaine de la Lys et de 25 mètres au niveau des plateaux de l'Artois.

Cénomaniens, Craie marneuse et tourtia (c2)

La partie supérieure est constituée de marnes crayeuses (« dièves blanches ») qui se charge en glauconie vers le bas de la série et passe à des marnes grises ou verdâtres. L'extrême base est caractérisée par un conglomérat à galets de roches paléozoïques et à ciment calcaire, c'est le *tourtia*.

L'épaisseur de cet ensemble lithologique est assez irrégulière, la partie supérieure est généralement représentée par un empilement stratigraphique d'une vingtaine de mètres pouvant aller jusqu'à cinquante mètres sur le plateau de l'Artois.

3.2.3.4 Terrains primaires

Gédinnien. Grès et schistes de Pernes (d1)

Cette formation est caractérisée par des grès rouges, verdâtres blanchâtres ou bigarrés alternant avec des schistes présentant les mêmes variations de colorations. Dans le bassin versant de la Clarence, cette formation apparaît ponctuellement à l'affleurement au sud de la faille de Pernes, à Pernes et Bailleul-lès-Pernes.

3.3 Principaux aquifères

Sur la zone étudiée, les formations aquifères sont, de haut en bas :

- Les **limons de plateaux**, quand ils sont suffisamment épais (une dizaine de mètres). Sur horizon localement peu perméable, ces formations peuvent contenir des nappes superficielles discontinues et temporaires dont le niveau et l'extension dépendent fortement de la pluviométrie (« nappes perchées »).
- les **alluvions** quand ils sont superposés à des formations imperméables, ce qui est rarement le cas dans la zone d'étude. Ils sont normalement en équilibre hydrostatique avec les cours d'eau et en liaison hydraulique étroite avec les aquifères sous-jacents et/ou encaissants (sableux ou crayeux).
- Ainsi, l'étude de l'aquifère des alluvions se fera à travers l'étude des aquifères des sables d'Ostricourt et de la Craie.
- Les **Sables d'Ostricourt** dont le substratum est formé par les niveaux argileux de la base du Landénien (Argile de Louvil).
- La **Craie du Sénonien et Turonien supérieur** formant l'aquifère le plus important. La nappe est libre dans la moitié Sud-Ouest du bassin versant (en amont de la faille de Ruitz), ces terrains du Crétacé étant affleurant ou sous couverture limoneuse. Au Nord-Est de la faille de Ruitz, le Crétacé s'enfonce rapidement sous le recouvrement tertiaire de la plaine de la Lys et la nappe devient captive. De plus, en bordure de ce recouvrement imperméable les assises crayeuses, devenant peu fissurées ou même compactes, ne permettent plus la circulation de l'eau souterraine qui s'accumule formant alors un réservoir privilégié.

- Les horizons plus profonds du Crétacé supérieur (**Cénomaniens**) renferment également des niveaux aquifères qui peuvent être isolés verticalement de ceux de la craie du Sénonien et du Turonien supérieur par les faciès marneux. Bien que localement indépendants, ces deux niveaux aquifères sont étroitement liés du fait de la discontinuité des niveaux marneux et du potentiel drainage effectué par les accidents tectoniques.
- Les terrains primaires recèlent également des nappes qui sont souvent en charge mais rien ne permet d'affirmer qu'il existe dans ces horizons profonds des possibilités de captage de débits importants d'une eau de bonne qualité.

Le tableau suivant, extrait du SIGES² présente une synthèse des formations aquifères rencontrées sur le site d'étude.

Ère géologique	Formation	Propriétés hydrogéologiques
QUATERNAIRE	Alluvions anciennes et modernes du Quaternaire	AQUIFÈRE
	Limons des plateaux du Quaternaire	AQUIFÈRE / aquiclude
TERTIAIRE (Crétacé)	Argiles des Flandres (Argiles d'Orchies) de l'Yprésien	Aquiclude
	Sables d'Ostricourt du Landénien supérieur	AQUIFÈRE
	Argile de Louvil du Landénien inférieur	Aquiclude
	Craie blanche à silex du Turonien supérieur au Sénonien	AQUIFÈRE
SECONDAIRE supérieur)	Dièves bleues et vertes du Turonien inférieur et moyen	Aquiclude
	Craies et marnes du Cénomaniens	AQUIFÈRE / aquiclude
PRIMAIRE	Le « substratum »	AQUIFÈRE / aquiclude

² BRGM, "Inventaire des points d'eau souterraine sur le territoire de la communauté Artois-Lys et de la ville de Lillers.," RP-50125-FR, 2000.

Tableau 2 : Succession lithologique des formations aquifères (extrait du site internet du SIGES)

3.3.1 Généralités sur l'aquifère des limons de Plateaux

Ces formations, composées d'un mélange argilo-sableux sont généralement considérées comme semi-perméables et donc « plus » aquicludes qu'aquifères. Cependant lorsque l'épaisseur des limons est suffisante (une dizaine de mètres) et à la faveur d'hétérogénéités de faciès, ils peuvent constituer des réservoirs discontinus sur les zones de plateaux. Ces nappes sont alors communément appelées « nappes perchées » en raison de leur positionnement topographique. Le principe général de fonctionnement est présenté dans la Figure 4 : Schéma de principe de l'hydrogéologie des nappes perchées.

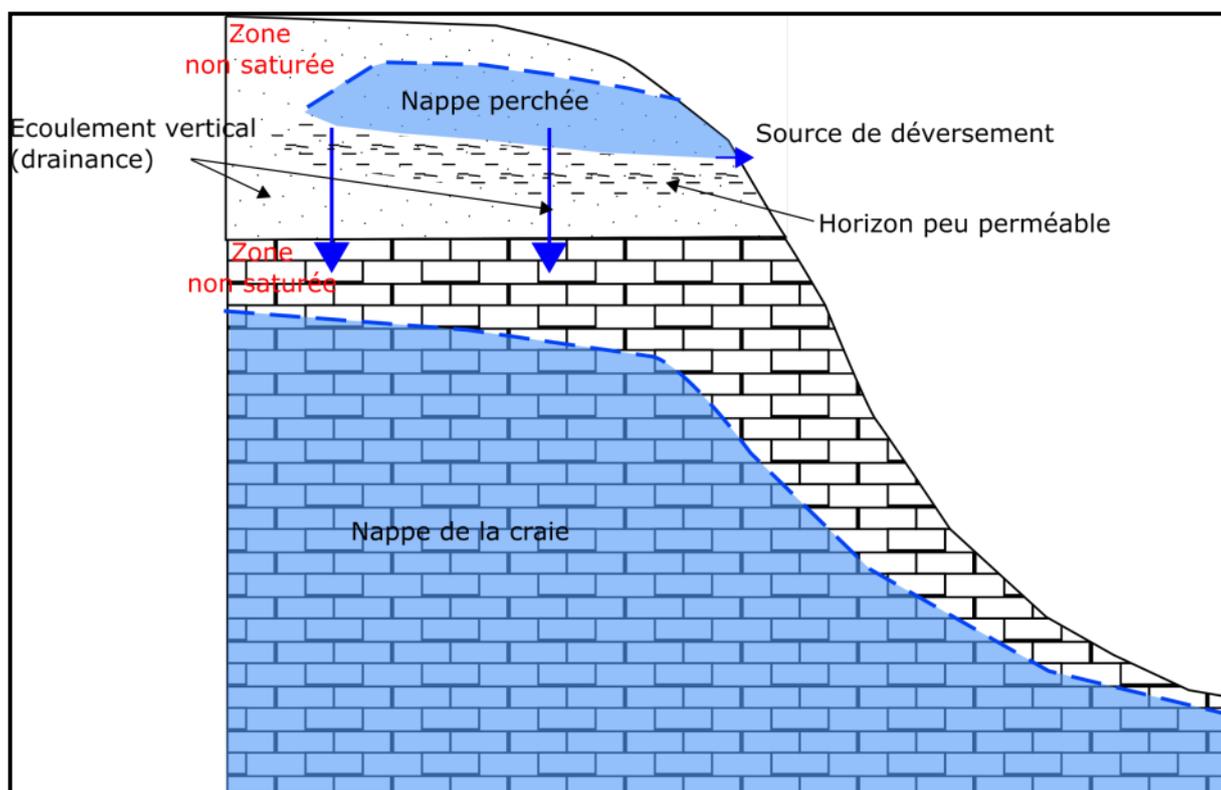


Figure 4 : Schéma de principe de l'hydrogéologie des nappes perchées

3.3.1.1 Alimentation

L'alimentation des nappes perchées se fait principalement par recharge pluviométrique. La surface piézométrique étant relativement proche de la surface topographique, la recharge est souvent rapide.

3.3.1.2 Exutoire

Une grande partie de l'eau stockée dans les formations limoneuses s'écoule verticalement dans les nappes sous-jacentes participant à leur recharge (drainance).

En périodes de hautes eaux ou bien lors d'épisodes pluvieux importants (réservoir plus ou moins saturé), l'écoulement vertical n'est plus suffisant pour évacuer le surplus

d'eau. L'écoulement sur le plan horizontal s'effectuera alors, selon le contexte topographique, soit vers les axes de drainage constitués par les fossés et cours d'eau, soit vers les flancs de colline, donnant alors naissance à des lignes de sources temporaires de débordement.

3.3.1.3 Écoulement souterrain

Au sein des formations limoneuses, les écoulements souterrains verticaux et horizontaux sont relativement lents (entre 0,08 mm et 8 mm par jour³). La vitesse d'entrée (pluviométrie) est généralement largement supérieure à la vitesse de sorties (sources, drainage ou drainance vers la nappe profonde). L'aquifère se sature donc rapidement favorisant la remontée du niveau piézométrique puis l'évacuation vers les exutoires.

3.3.1.4 Points de suivi piézométrique

Aucune chronique piézométrique d'ouvrage captant cet aquifère n'a été recensée sur le bassin versant ou aux alentours proches⁴.

3.3.1.5 Cartographie

Lors de l'étude bibliographique, aucune carte piézométrique des limons n'a été identifiée. De plus aucun ouvrage recensé dans la BSS ne capte la nappe des limons.

3.3.1.6 Conclusion

Le fonctionnement hydraulique de ce type d'aquifère est difficile à caractériser de manière précise du fait de l'inexistence de point de mesure. Il ne s'agit de plus pas d'un aquifère continu mais d'horizons superficiels localisés généralement peu épais et semi-perméables.

Ces aquifères réagissent assez rapidement aux variations pluviométriques favorisant localement la remontée du niveau d'eau souterraine et réduisant la capacité d'absorption de la zone non saturée.

Ce contexte ponctuellement aquifère peut se traduire par des phénomènes localisés de remontée de nappe, sans qu'il soit possible d'en appréhender précisément la caractérisation spatiale et temporelle.

Lorsque ces aquifères perchés se rencontrent en position topographique haute (butte), le débordement de la nappe sous la forme d'une ligne de source sera naturellement évacué vers l'aval du fait d'une topographie favorable (cf. Figure 4). Dans ce cas, le débordement de la nappe, drainé par les cours d'eau, participe à d'éventuelles crues des cours d'eau survenues en aval des sources de débordement. Aucun désordre majeur ne se produira au niveau de la zone de débordement de la nappe.

³ G. Castany, *Principes et méthodes de l'hydrogéologie*. Paris: Bordas: Dunod, 1982.

⁴ BRGM, "Inventaire des points d'eau souterraine sur le territoire de la communauté Artois-Lys et de la ville de Lillers.," RP-50125-FR, 2000.

Lorsque ces aquifères perchés se rencontrent en contexte topographique monotone (plateau, plaine), en l'absence d'exutoire gravitaire naturel, la remontée du niveau de la nappe peut se traduire sous la forme d'affleurement ou sub-affleurement de nappe, pouvant envoyer plus ou moins longuement des parcelles, caves...

3.3.2 Généralités sur l'aquifère des sables d'Ostricourt

Cet aquifère est présent uniquement dans la partie nord du bassin versant, depuis la faille du Ruitz (qui s'étend entre Lespesses et Marles-les-Mines) jusqu'à l'exutoire du bassin hydrologique.

3.3.2.1 Alimentation

L'alimentation de cette nappe est constituée par les eaux de pluies s'infiltrant directement au niveau des zones d'affleurements (environ 2% de l'aire totale du bassin versant soit 4 km²) ou traversant les formations de plateaux peu épaisses et perméables.

3.3.2.2 Exutoire

Le substratum imperméable de cet aquifère est composé des argiles de Louvil qui affleurent (à l'amont hydraulique de l'écoulement général de la nappe des sables) dans la région de Burbure, de Lapugnoy et d'Allouagne. La nappe des sables est en équilibre hydrostatique avec les cours d'eau qui constituent son exutoire, et en liaison hydraulique étroite avec les formations alluvionnaires⁵⁶.

3.3.2.3 Ecoulement souterrain

Au sein des formations sableuses les écoulements souterrains sont relativement rapides (entre 0.8 m par jour et 80 m par jour [9]). Cette nappe est libre sur la majeure partie de la zone d'étude (80% du territoire situé au Nord de la faille de Ruitz), et captive lorsque les argiles de Flandres apparaissent à l'affleurement (extrémité Nord du bassin versant Robecq et Mont-Bernachon).

3.3.2.4 Points de suivi piézométrique

Aucune chronique piézométrique d'ouvrage captant cet aquifère n'a été recensée sur le bassin versant ou aux alentours proches.

3.3.2.5 Cartographie

Lors de l'étude bibliographique, une carte piézométrique des sables a été identifiée [10] (Figure 5). Cette carte a été réalisée à l'échelle de la région et fournit une indication sur l'écoulement général de la nappe. Dans notre secteur d'étude, l'écoulement se fait globalement du Sud / Sud-Ouest vers le Nord / Nord-Est.

⁵ BRGM, "Inventaire des points d'eau souterraine sur le territoire de la communauté Artois-Lys et de la ville de Lillers.," RP-50125-FR, 2000.

⁶ Amodiag, "Nouveau captage de Lillers - indice national : 00184X0581 - Instauration des périmètres de protection autour du captage d'eau potable," 2011.

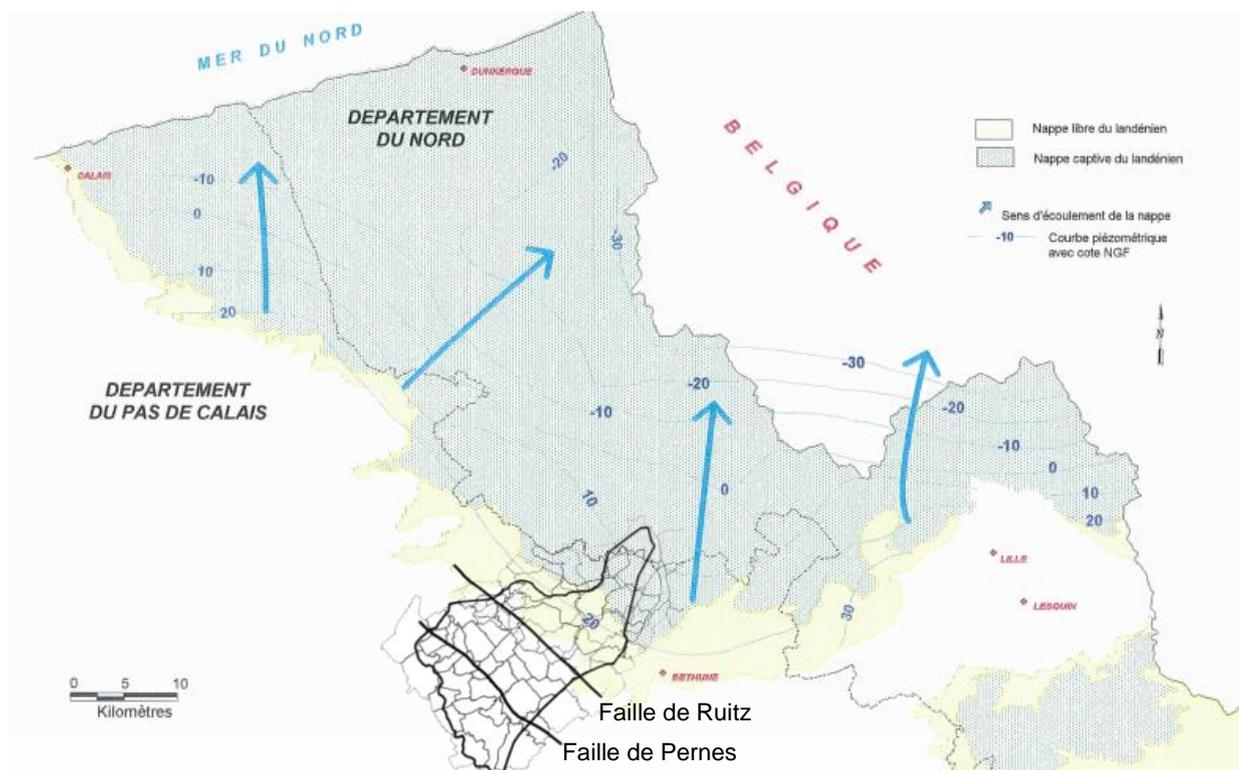


Figure 5 : Carte de la piézométrie générale de la nappe des sables. Source : BRGM

Cette carte générale a été complétée par une cartographie plus fine de la piézométrie établie par nos soins. Ce travail est basé sur une soixante-dizaine d'ouvrages souterrains (forages, piézomètres ou puits) référencés dans la BSS et captant uniquement l'aquifère des Sables d'Ostricourt. La liste des points recensés est présentée en ANNEXE 1 .

A noter que les points référencés dans la BSS présentent une répartition spatiale hétérogène avec de larges zones dépourvues de données (à proximité de la faille de Ruitz) et des zones « d'agglutinations ». De plus les dates des relevés piézométriques s'échelonnent de 1973 à 2000 avec une majorité de mesures effectuées en 1999 (28 mesures sur 74) et 14 mesures non datées.

D'une manière générale, la majeure partie des mesures ont été effectuées en période de hautes eaux. L'estimation du niveau piézométrique moyen (plutôt caractéristique de hautes eaux), a été réalisée par la méthode de krigeage, classiquement utilisée pour ce genre de calcul. L'estimation s'appuie sur un modèle de variogramme s'ajustant le mieux au variogramme expérimental.

Les caractéristiques du variogramme expérimental sont :

- distances entre les couples : 500 m
- nombre de tranches : 100.

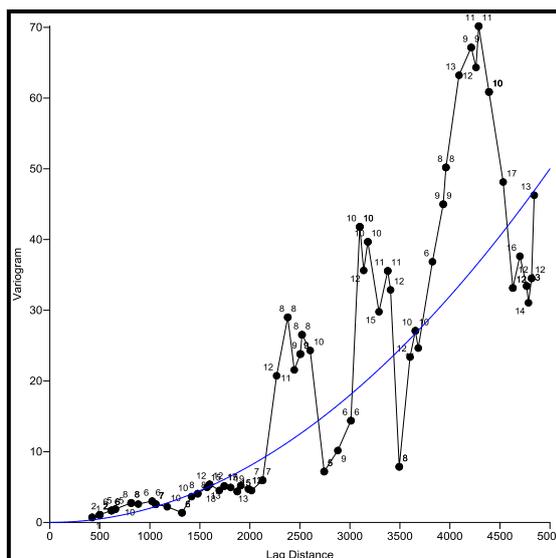


Figure 6 : Variogrammes expérimental et calculé pour l'estimation de la carte piézométrique des sables d'Ostricourt

Le modèle de variogramme choisi est de type puissance élevé au carré. Ses caractéristiques sont qu'il ne possède ni palier ni portée. Ce variogramme permet de rendre compte de la faible variabilité à petite distance tout en maintenant une corrélation (allure générale) entre les mesures à plus grande distance (> 2 100 m). L'estimation piézométrique ainsi que la représentation spatiale des points est illustrée dans la Figure 7.

D'une manière générale la piézométrie fine suit les mêmes directions d'écoulement que celle observée sur la carte du BRGM (cf. Figure 5) vers le Nord-est. A proximité de la faille de Ruitz les courbes isopièzes sont relativement rapprochées et le gradient hydraulique (paramètre assimilable à la pente de la surface piézométrique⁷) est relativement élevé (entre 3 ‰ et 4 ‰) alors qu'au Nord de Chocques (où débute la plaine) l'écoulement s'aplanit avec un gradient de l'ordre de 0,6‰.

A noter que l'absence de points de mesures à proximité de la faille de Ruitz dans les localités de Lespesses, St Hilaire Cottés, Lozinghem et Marles les Mines ne permet pas d'avoir une bonne estimation du niveau d'eau de la nappe des sables dans ces secteurs.

⁷ HYDROGEOLOGIE. Principes et méthodes - Gilbert Castany.

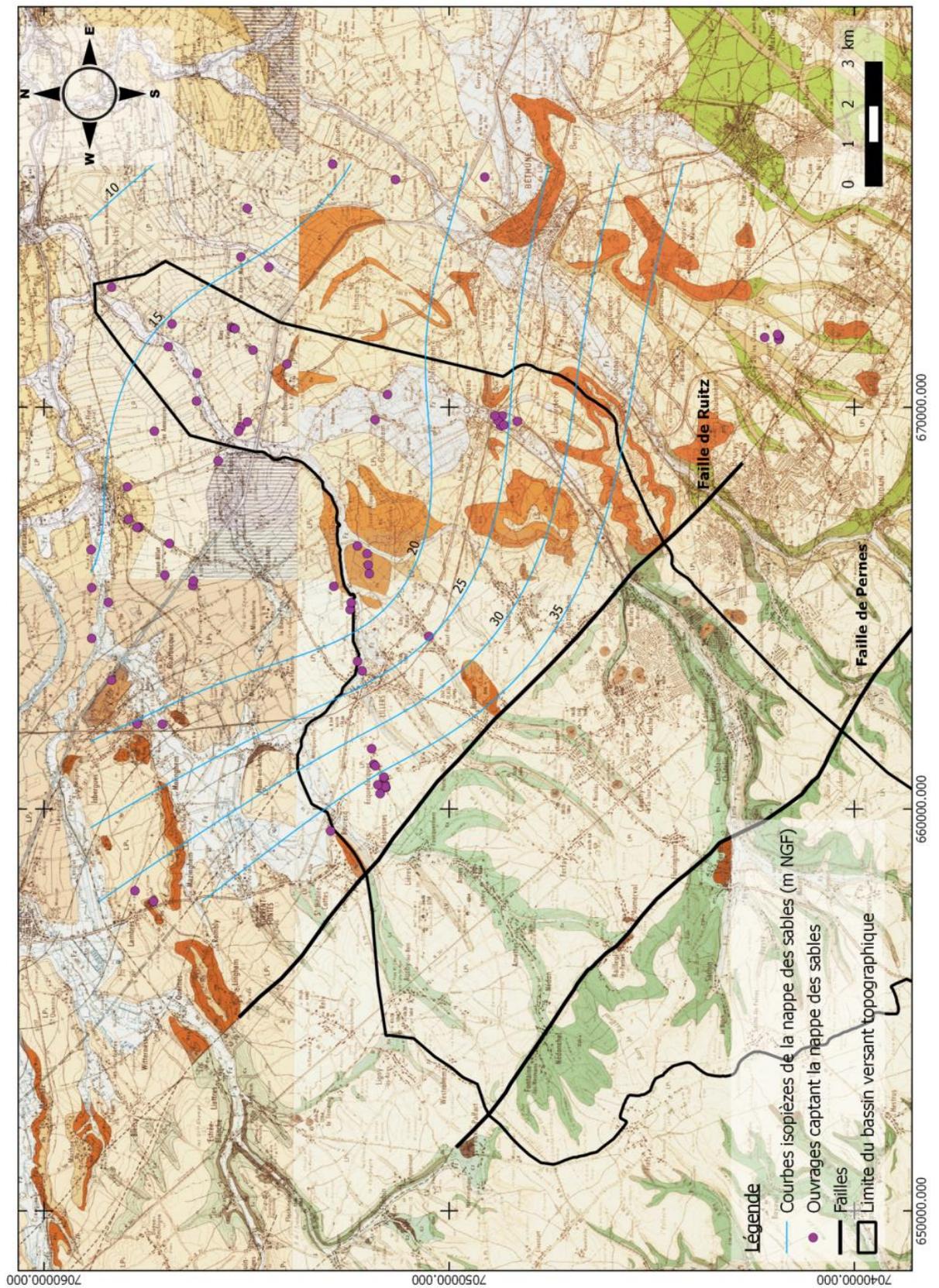


Figure 7 : Carte de la piézométrie fine de la nappe des sables

3.3.2.6 Conclusion

Cet aquifère contient la masse d'eau souterraine la plus étendue et la plus proche de la surface topographique dans la partie nord du bassin versant. En l'absence de niveau imperméable entre les sables et les alluvions, ces deux ensembles aquifères sont en équilibre hydrostatique sur la plupart du territoire de la zone d'étude. La nappe est en équilibre avec les cours d'eau qui constituent son exutoire. Les circulations souterraines sont rapides (8 m par jour en moyenne). L'épaisseur de cet aquifère est assez variable, elle est en moyenne de l'ordre de 20 m, c'est un aquifère potentiellement productif.

Cet aquifère se rencontre en contexte topographique monotone (plaine). En l'absence d'exutoire gravitaire naturel, ou selon le potentiel hydrostatique imposé naturellement (crue) ou artificiellement (vanne) sur les exutoires, la remontée du niveau de la nappe peut se traduire sous la forme d'affleurement ou sub-affleurement de nappe, pouvant envoyer plus ou moins longuement des parcelles, caves...

3.3.3 Généralités sur l'aquifère de la Craie

Les formations crayeuses sus-jacentes à l'horizon sablo-glaucconieux de la base du Cénomaniens, mur de l'aquifère, constituent l'aquifère unique de la craie séno-turonienne.

Cette nappe est largement exploitée pour les besoins en eau potable comme en témoignent les nombreux captages AEP.

D'une manière générale, l'aquifère de la craie peut se distinguer en trois zones :

- au sommet, une craie altérée ou fissurée sur quelques mètres en zone de plateau et sur environ 30 m d'épaisseur en vallée sèche. L'eau y transite ou y est stockée ;
- en partie centrale, la craie est fissurée et constitue le réservoir ;
- en profondeur (au-delà de 50 m de profondeur), bien que saturée en eau, la craie présente une faible porosité et par conséquent une faible capacité de réservoir. Les circulations ne se font qu'à la faveur de fracturations majeures.

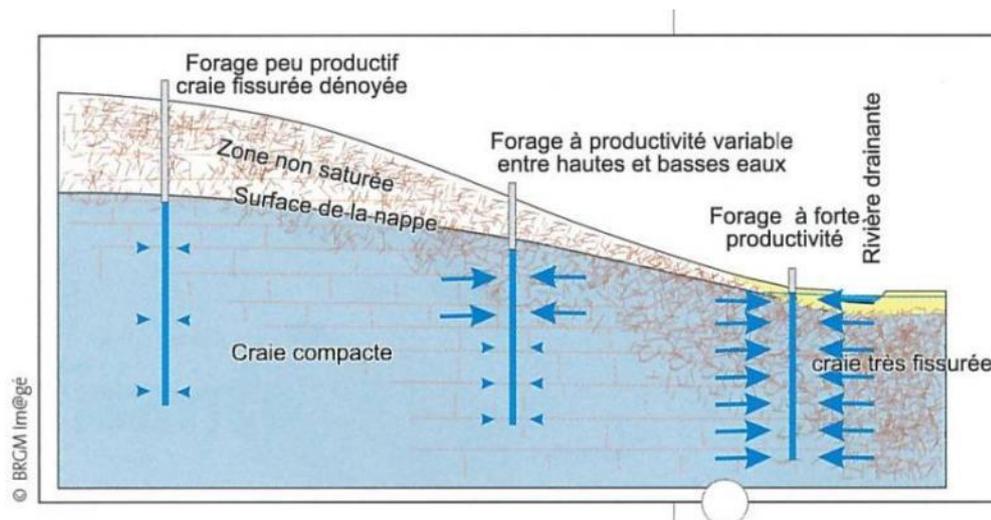


Figure 8 : Schéma de principe de l'aquifère crayeux

3.3.3.1 Alimentation

L'alimentation de la nappe de la craie se fait principalement par recharge pluviométrique dans sa partie libre. Dans la note introductive présentant les aquifères des Flandres de l'Artois et des Ardennes, Crampon N.⁸ fait une synthèse des précipitations efficaces moyennes de la région. La pluie efficace moyenne est de l'ordre de 265 mm/an. Sur le bassin versant de la Clarence, on observe une diminution des moyennes interannuelles depuis les plateaux de l'Artois (300 mm /an) jusqu'à la plaine de la Lys (150 mm/an).

En raison de la nature du sous-sol, une faible partie des précipitations efficaces s'infiltrer. En effet, entre 10% et 25%⁸ des précipitations totales s'infiltrer (cf. 3.1.1 Bilan hydrologique), la majeure partie (environ 65%) étant évapotranspirée.

Sous les plateaux, les temps de transit depuis la surface vers la zone saturée sont longs. Le décalage entre l'épisode pluvieux et la recharge est de plusieurs semaines à plusieurs mois.

Par contre, en fond de vallée, les temps de réaction sont très courts car la zone non saturée est peu épaisse.

3.3.3.2 Exutoire

La nappe de la craie est drainée vers les vallées sèches ou humides. Dans l'axe des vallées, les matériaux encaissants les cours d'eau peuvent accueillir une nappe alluviale distincte de celle de la craie.

Dans la partie amont du bassin versant, les vallées sont relativement étroites et encaissées. Les formations alluvionnaires sont donc peu épaisses et de faibles extensions. Elles ne constituent pas une nappe continue. La Clarence serait donc en relation avec la nappe de la craie, constituant la plupart du temps un exutoire naturel et direct de cette nappe (cf. Figure 9).

⁸ Collectif, *Aquifères et eaux souterraines en France*, BRGM éditions., vol. 1, 2 vols. Orléans, 2006.

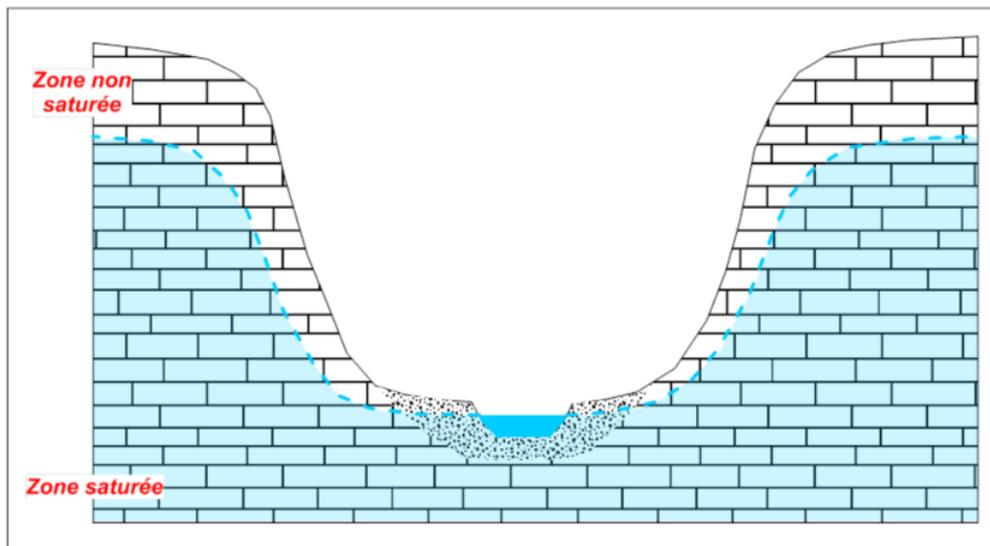


Figure 9 : Schéma de principe de l'hydrogéologie dans le secteur amont en présence d'alluvions perméables en fond de vallée

Les relations nappe / rivière sont souvent hétérogènes sur un profil de cours d'eau, à la faveur de la géologie qui peut varier rapidement en zone dite alluvionnaire, et qui peut aussi évoluer dans le temps sous les effets des aménagements humains (curage, seuil...).

Lorsque les alluvions de fond de vallée sont peu perméables, la nappe de la craie est mise en charge sous ces alluvions. Dès lors, soit l'eau sort en pied ou à flanc de coteau au contact craie / alluvions (source de débordement), soit l'eau se fraie un passage au sein des alluvions fines (source artésienne par poinçonnement au travers des alluvions) (cf. Figure 10)

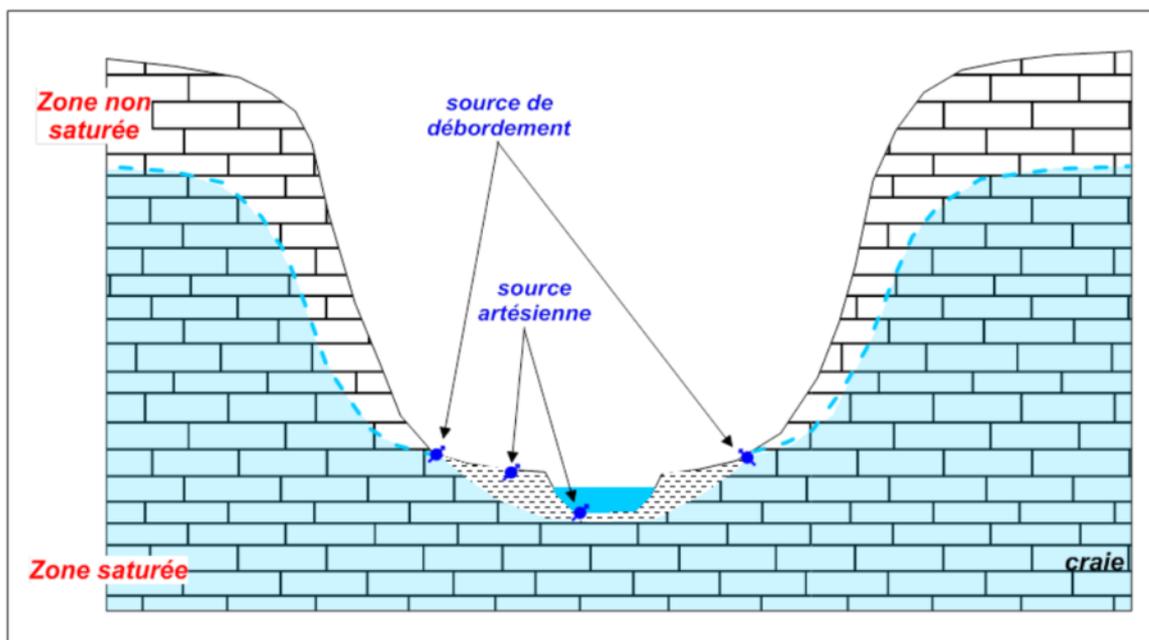


Figure 10 : Schéma de principe de l'hydrogéologie dans le secteur amont en présence d'alluvions peu perméables en fond de vallée

En hautes eaux, l'élévation du niveau piézométrique peut entraîner l'apparition de sources temporaires de débordement aussi bien dans les vallées sèches qu'à proximité des vallées humides.

3.3.3.3 Écoulement souterrain

Les vitesses d'écoulement souterrain sont faibles au sein de la craie massive (entre 0,008 mm et 0,08 mm par jour⁹). Par contre, ces écoulements deviennent plus rapides grâce au développement de la fissuration avec des ouvertures et une connectivité suffisante pour permettre un écoulement gravitaire (pouvant aller jusqu'à 8 m par jour). Les vitesses d'écoulements présentent donc une variabilité très importante tant horizontalement que verticalement.

A noter que la répartition horizontale des perméabilités est souvent corrélable avec les caractéristiques géomorphologiques de la région : les zones les plus perméables correspondent généralement aux axes de drainage (vallées).

D'après les éléments bibliographiques, la karstification est peu développée dans le secteur considéré.

3.3.3.4 Points de suivi piézométrique

La nappe de la craie fait l'objet de suivis chronologiques à partir de plusieurs piézomètres référencés sur le site de l'ADES¹⁰. Quatre ouvrages sont présents dans le bassin versant hydrogéologique de la Clarence (00184X0133/P1, 00183X0002/S1, 00187X0017/P, 00187X0005/P1).

Les deux ouvrages 00184X0133/P1 et 00183X0002/S1 sont situés au Nord de la faille de Pernes et au Sud de la faille de Ruitz. Ils captent la nappe libre de la Craie sous couvertures des limons de plateaux des collines de l'Artois et à proximité de vallées humides (voir figure suivante).

Les deux ouvrages 00187X0017/P et 00187X0005/P1 sont situés au Sud de la faille de Pernes. Ils captent la nappe libre de la Craie sous couverture des limons, en tête de plateau.

⁹ Collectif, *Aquifères et eaux souterraines en France*, BRGM éditions., vol. 1, 2 vols. Orléans, 2006.

¹⁰ Collectif, "ADES - Accès aux données des eaux souterraines."

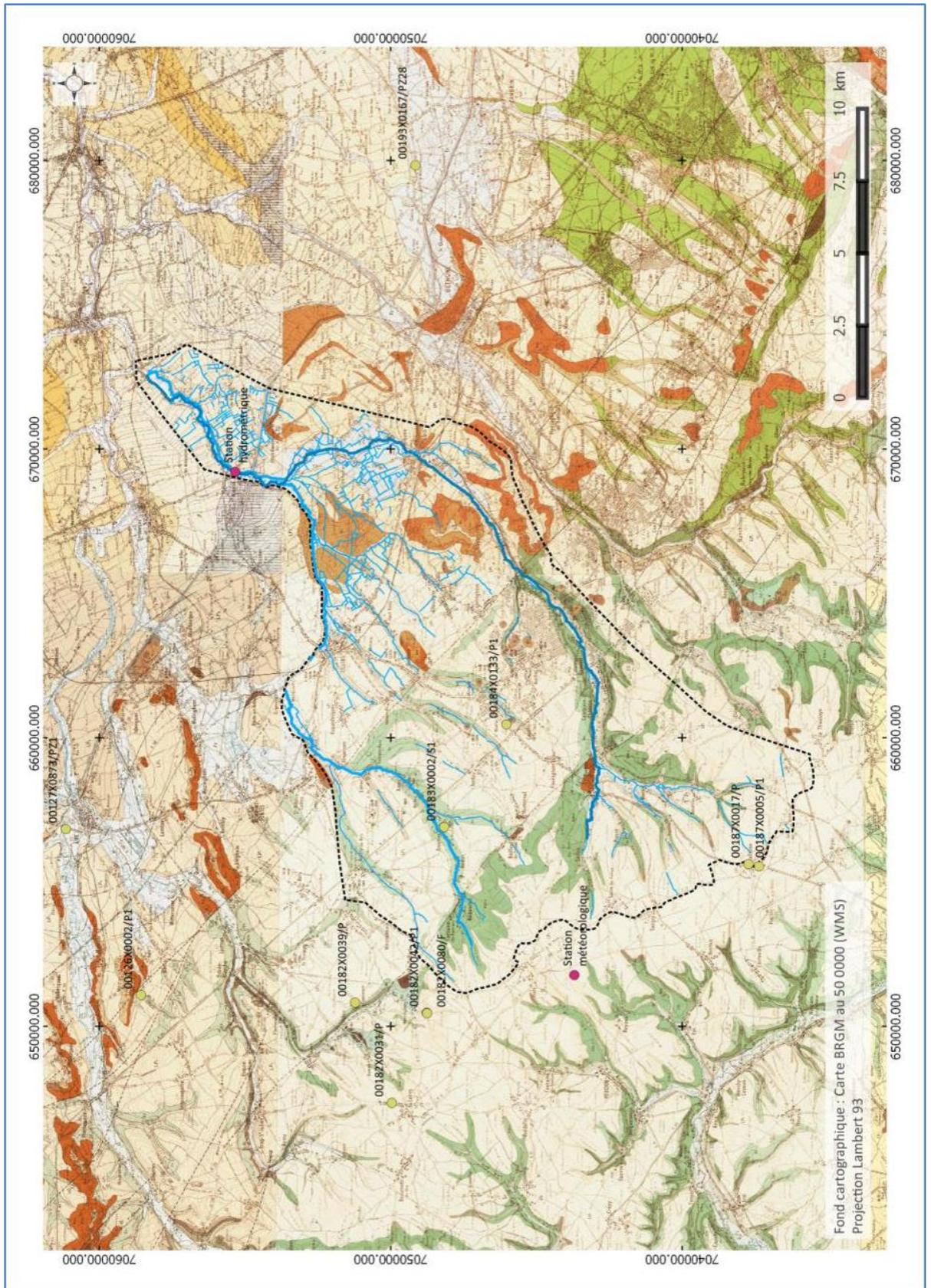


Figure 11 : Localisation des ouvrages disposant de chroniques piézométriques, de la station de mesures pluviométriques et de la station de débit. Source : BSS

A titre de comparaison, et afin de compléter les informations, les chroniques de la nappe de la Craie libre ou captive, enregistrées sur des piézomètres situés en dehors du bassin versant de la Clarence sont également présentées. Ces ouvrages sont implantés dans des secteurs présentant des conditions géomorphologiques rencontrées dans le site d'étude. Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques des ouvrages utilisés pour la suite de l'étude. Les ouvrages sont présentés du plus haut au plus bas altimétrique. Les ouvrages situés dans le bassin versant sont en gras.

Indice BSS	Altitude m NGF	X_WGS84 °	Y_WGS84 °	Distance* km	Prof. ouvrage m	Source	Topographie	Aquifère
00182X0031/P	180	2.25832655	50.5446512	13.7	62.8	ADES	Plateau	Libre
00182X0042/P1	132.58	2.30248948	50.53415507	10.4	37.35	NOREADE	Plateau	Libre
00182X0080/F	132	2.30220746	50.5340651	10.4	NR	NOREADE	Plateau	Libre
00182X0039/P	120	2.30712995	50.5562696	10.9	54.8	ADES	Flanc de vallée	Libre
00184X0133/P1	103.63	2.44347738	50.5103808	0	61.85	ADES	Plateau	Libre
00183X0002/S1	82	2.39317283	50.5292928	4.2	60	ADES	Flanc vallée	de Libre
00187X0017/P	154	2.37624399	50.43545	9.5	25 m	ADES	Plateau	Libre
00187X0005/P1	161	2.37518581	50.4322141	9.9	37 m	ADES	Plateau	Libre
00122X0064/P1	70	2.26349271	50.6713076	22	40	ADES	Plateau	Libre
00126X0002/P1	39	2.30990037	50.62224022	17.4	34.8	NOREADE	Plaine	Captif
00127X0873/PZ1	20	2.39076424	50.6458357	15.5	50	ADES	Plaine	Captif
00193X0167/PZ28	19.57	2.71606233	50.5393064	19.6	34	ADES	Plaine	Captif

Tableau 3 : Caractéristiques des piézomètres de référence. Source : ADES

* Les distances sont calculées à partir de l'ouvrage 00184X0133 qui est le plus au centre du bassin versant

Pour des raisons de rendu, le piézomètre 00122X0064/P1, éloigné de plus de 20 km n'est pas représenté sur la figure 10.

La Figure 12 présente les chroniques de suivi des piézomètres de référence.

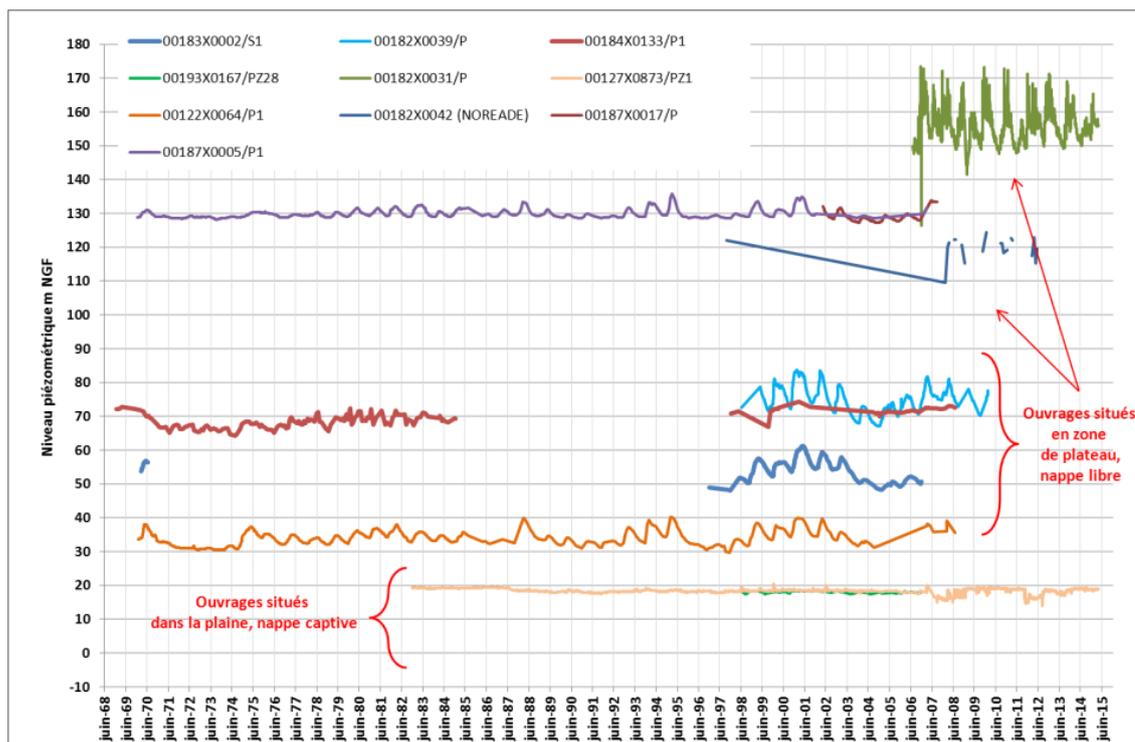


Figure 12 : Suivi piézométrique des ouvrages de référence. Période de juin 1968 à mai 2015. Sources : ADES et NOREADE

Le piézomètre 00183X0002/S1 a fait l'objet d'un suivi en continu en 1970 (trois mois) et de 1998 à 2006. Le piézomètre 00184X0133/P1 a fait l'objet d'un suivi en continu de 1968 à 1984 puis de 1998 à 2008. Sur cette dernière période les mesures sont peu nombreuses (seulement 63 mesures) et ont été effectuées de manière très discontinuée. Elles ne seront pas prises en compte pour la suite de l'étude.

Le piézomètre 00187X0005/P1 a fait l'objet d'un suivi en continu entre 1970 et 2007. A partir de 2001, il est suivi plus irrégulièrement. Le piézomètre 00187X0017/P est mis en service « en relais » à partir de 2002. Il fournit des données uniquement jusqu'en 2007.

Sur les autres ouvrages situés en zone de plateau, seul l'ouvrage 00122X0064/P1 (éloigné d'environ 22 km) présente un suivi en continu depuis 1970.

Les variations piézométriques de l'ouvrage 00182X0031/P sont rapides (fréquence annuelle dominante) et de fortes amplitudes (20 m) comparativement aux variations observées dans les autres ouvrages (10 m). Ceci traduit une fracturation importante de la roche, un éloignement notable des exutoires et/ou une bonne alimentation de la nappe caractéristique des hauts plateaux proches des vallées drainantes.

Dans le compartiment géologique situé au sud de la faille de Pernes, si les variations mesurées sur les piézomètres 00187X0005/P1 et 00187X0017/P sont semblables, leur moindre amplitude tend à indiquer une plus grande proximité aux exutoires et/ou une plus grande inertie de la nappe.

Les chroniques piézométriques de la Figure 13 sont représentées en profondeur par rapport à la surface du sol. Les ouvrages situés dans la plaine (nappe captive) présentent des niveaux d'eau très proches de la surface topographique entre 1 et 2 m

(phénomène d'artésianisme) alors que les niveaux d'eau des ouvrages situés sur le plateau (nappe libre) sont situés entre 20 et 40 m sous la surface du sol.

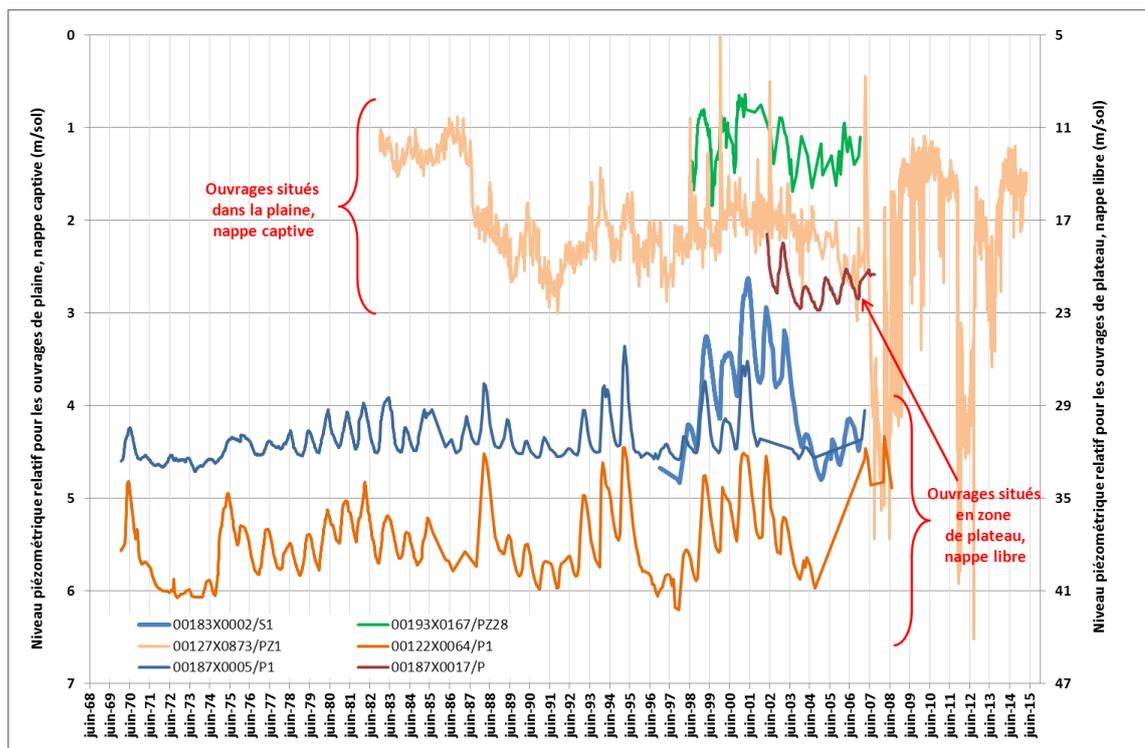


Figure 13 : Comparaison des suivis piézométriques des ouvrages de référence de plateau et de plaine. Période de juin 1968 à mai 2015. Source : ADES

Globalement les comportements piézométriques observés peuvent se diviser en deux groupes. Les piézomètres de plateaux qui présentent des variations annuelles de 5 à 20 m et les piézomètres de plaine présentant des variations piézométriques de l'ordre de 0,5 à 2 mètres. Au droit du site d'étude, les variations saisonnières de la piézométrie de la nappe de la craie sous plateau sont de l'ordre de 8-4 m. L'amplitude maximale entre les hautes et basses eaux à l'échelle interannuelle est d'environ 12 m. Dans la plaine, la variation piézométrique est beaucoup plus faible : de l'ordre de 30-50 cm en année normale et de près de 1-2 mètres lors d'hiver très excédentaire. L'amplitude maximale entre les hautes et basses eaux à l'échelle interannuelle est d'environ 4 m.

D'une manière générale les suivis mettent en évidence des périodes excédentaires : 1988, 1993 – 1995 puis 1999 – 2003 puis 2007 – 2009 et déficitaires 1970 à 1974, 1989 – 1992, 1996 à 1998 puis 2004 à 2006. A noter une période de relatif équilibre hydrostatique de 1975 à 1987.

Les ouvrages situés dans les zones de plateau, présentent des cycles de recharges et de vidanges annuels et interannuels. Cette double cyclicité est caractéristique des nappes libres des grands aquifères (échelle régionale) à double porosité¹¹. Ces

¹¹ Y. Deniaud, H. Machard de Gramont, E. Dumont, E. Thiebaud, M. Morel, F. Gresselin, M. Philippe, X. Marly, and V. Mardhel, "Directive inondation - cartographie - Mission n°6 'Remontée de nappes,'" Centre d'études techniques de l'équipement Département Risques et développement des territoires, Dossier 2012 - 119 (affaire 110300235), 2012.

caractéristiques hydrogéologiques associées à plusieurs années de précipitation excédentaires peuvent conduire à des remontées de nappes importantes pouvant dépasser le niveau topographique.

Le phénomène est illustré dans la figure suivante.

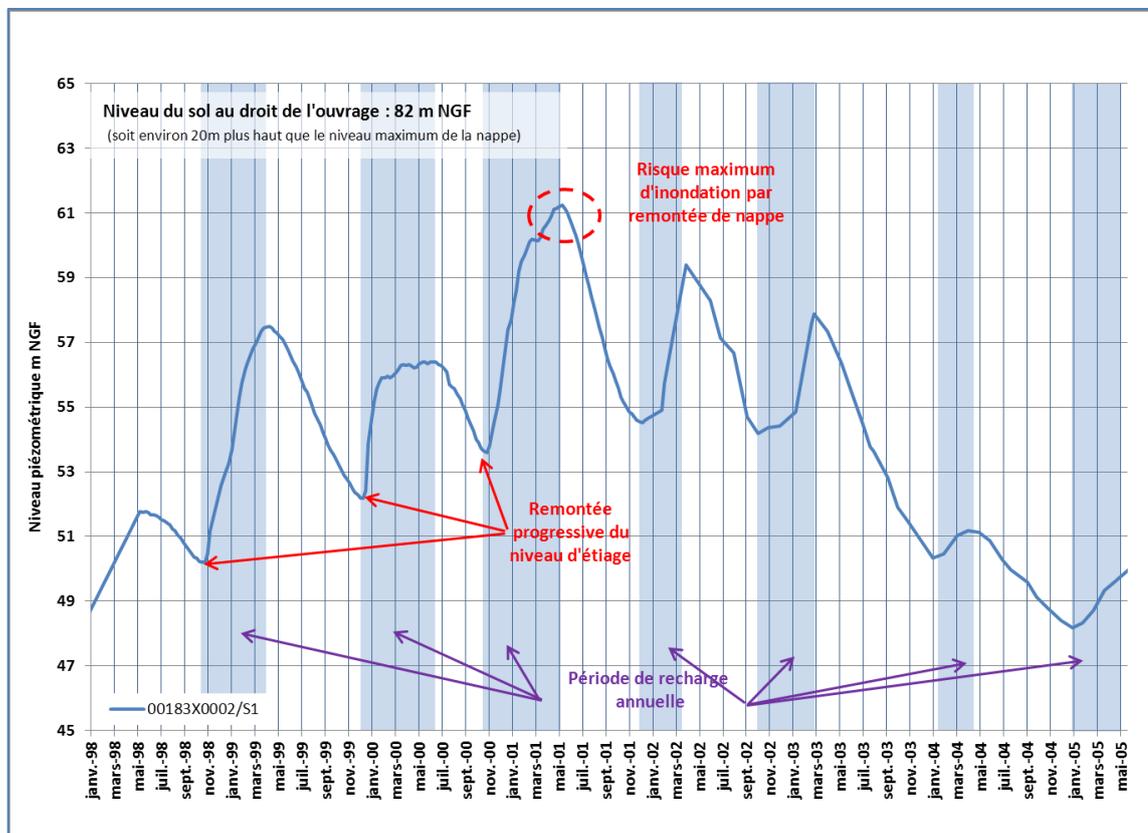


Figure 14 : Illustration des phénomènes de recharges annuelles et inter-annuelles observés au droit du piézomètre 00183X0002/SI sur le site d'étude. Période de janvier 1998 à mai 2005. Données issues du site de l'ADES.

La chronique piézométrique de la Figure 14 présente la remontée progressive du niveau d'étiage de la nappe depuis octobre 1998 jusqu'en mai 2001 où l'on observe le niveau de « très » hautes eaux. Dans la zone d'étude, la période de recharge annuelle s'étend généralement des mois d'octobre/novembre à avril / mai.

Ce phénomène de double cyclicité est aussi observé au niveau du piézomètre 00127X0873/PZ1 situé dans la plaine sous 18.5 mètres de couverture tertiaire dont 11.5 mètres d'argile bleue (nappe captive). Cet ouvrage est localisé à environ 9.4 km à l'est de l'ouvrage 00122X0064/P1 et se situe approximativement sur le même axe d'écoulement souterrain. La Figure 15 montre l'évolution des niveaux piézométriques des deux ouvrages.

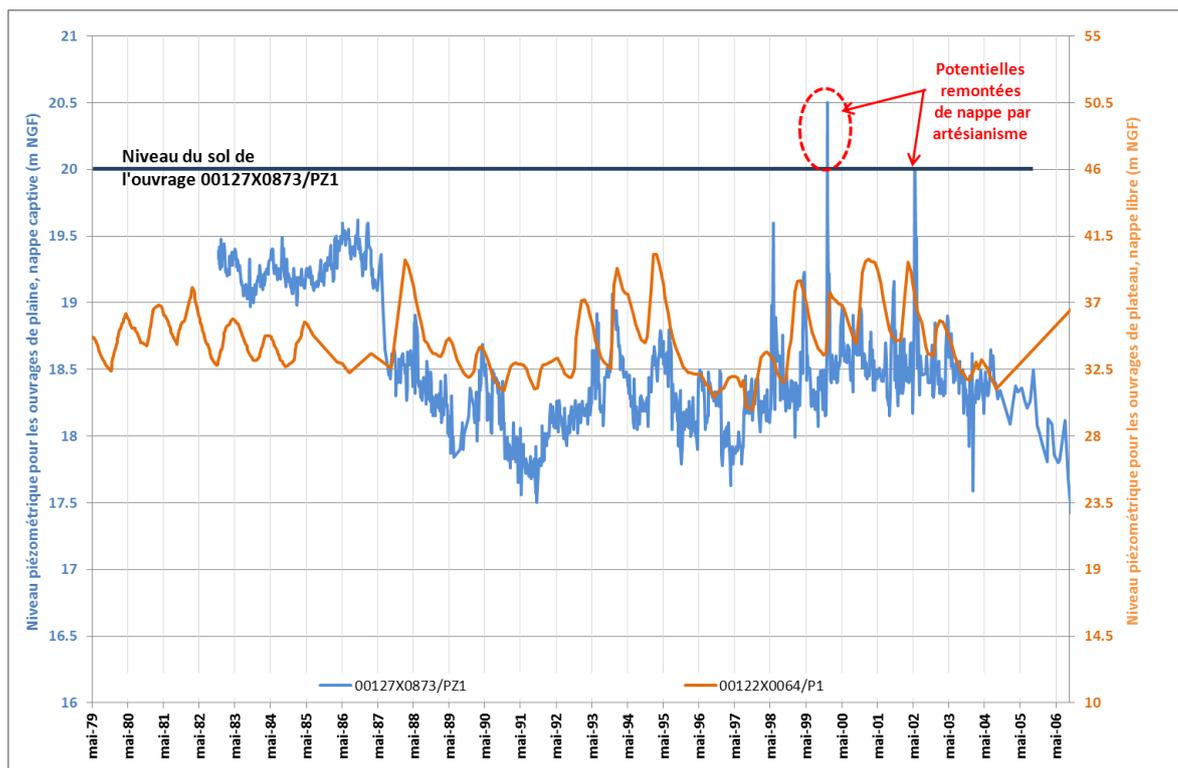


Figure 15 : Comparaison des évolutions piézométriques des ouvrages de référence 00122X0064/P1 et 00127X0873/PZ1 situés sur une même ligne d'écoulement depuis le plateau jusque dans la plaine. Période de mai 1979 à mai 2006. Source : ADES.

Les deux ouvrages suivent globalement les mêmes cycles interannuels avec des amplitudes de variations environ 10 fois inférieures dans la plaine. Les variations annuelles présentent elles aussi les mêmes tendances. Les fluctuations de la nappe de la craie dans sa partie captive sont donc largement influencées par les variations de la nappe dans sa partie libre. Le niveau d'eau étant relativement proche de la surface du sol, des remontées jaillissantes (ouvrages artésiens) peuvent apparaître localement dans les points bas de la plaine ou par « poinçonnement » de la couverture argilo-sableuse lorsque celle-ci reste peu épaisse.

La Figure 16 et la Figure 17 représentent l'évolution du régime de la Clarence (débits) en fonction de celui du niveau de la nappe sur les plateaux. Pour palier l'absence de données piézométriques continues dans la basse vallée la Clarence les données de l'ouvrage 00122X0064/P1 ont été rajoutées aux graphiques suivants. Les données pluviométriques sont issues de la station de Fiefs située au Sud du bassin versant dans les zones de plateaux où la pluviométrie est généralement plus importante que dans la plaine (voir carte de la Figure 11). Les données de débits proviennent de la station de Robecq dans la plaine (voir carte de la Figure 11), proche de l'exutoire.

L'évolution des niveaux d'eau souterraine, superficielle et de la pluviométrie est illustrée dans la Figure 16. D'une manière générale, les variations des débits et de la pluviométrie sont synchrones alors que les courbes des débits et des niveaux de la nappe sont légèrement décalés. Ce décalage est de l'ordre de quelques mois (entre 1 et 3 mois). Il est dû au temps que mettent les eaux infiltrées à atteindre la nappe de la craie (épaisseur de la zone non saturée: environ 30 m au droit des plateaux à quelques mètres au droit des vallées). Le détail de ce décalage est présenté dans la Figure 17.

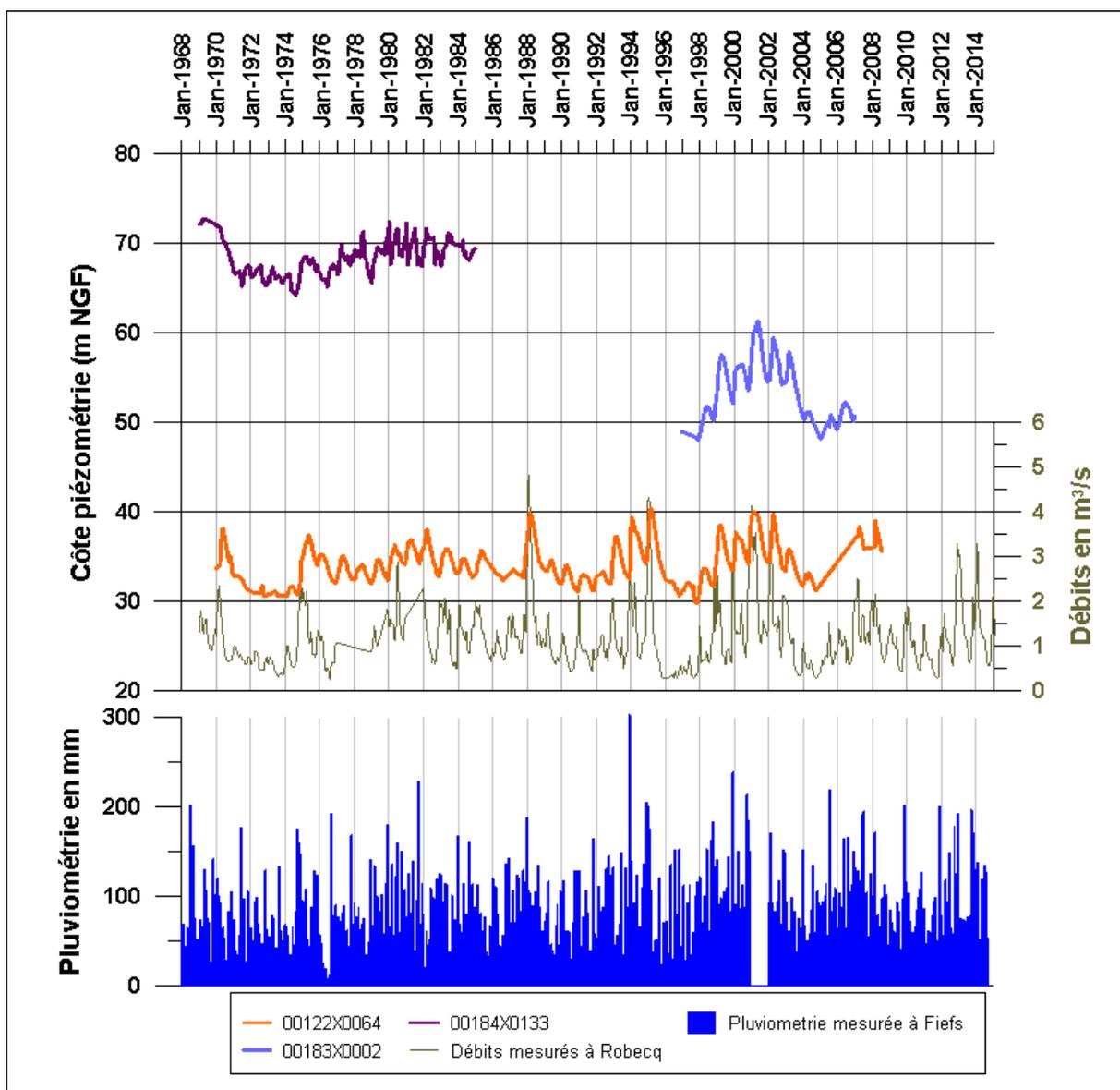


Figure 16 : Evolution comparée du niveau de la nappe de la craie, du régime d'écoulement de la Clarence et de la pluviométrie – Période 1968- 2015. Sources : ADES, MétéoFrance et banque Hydro.

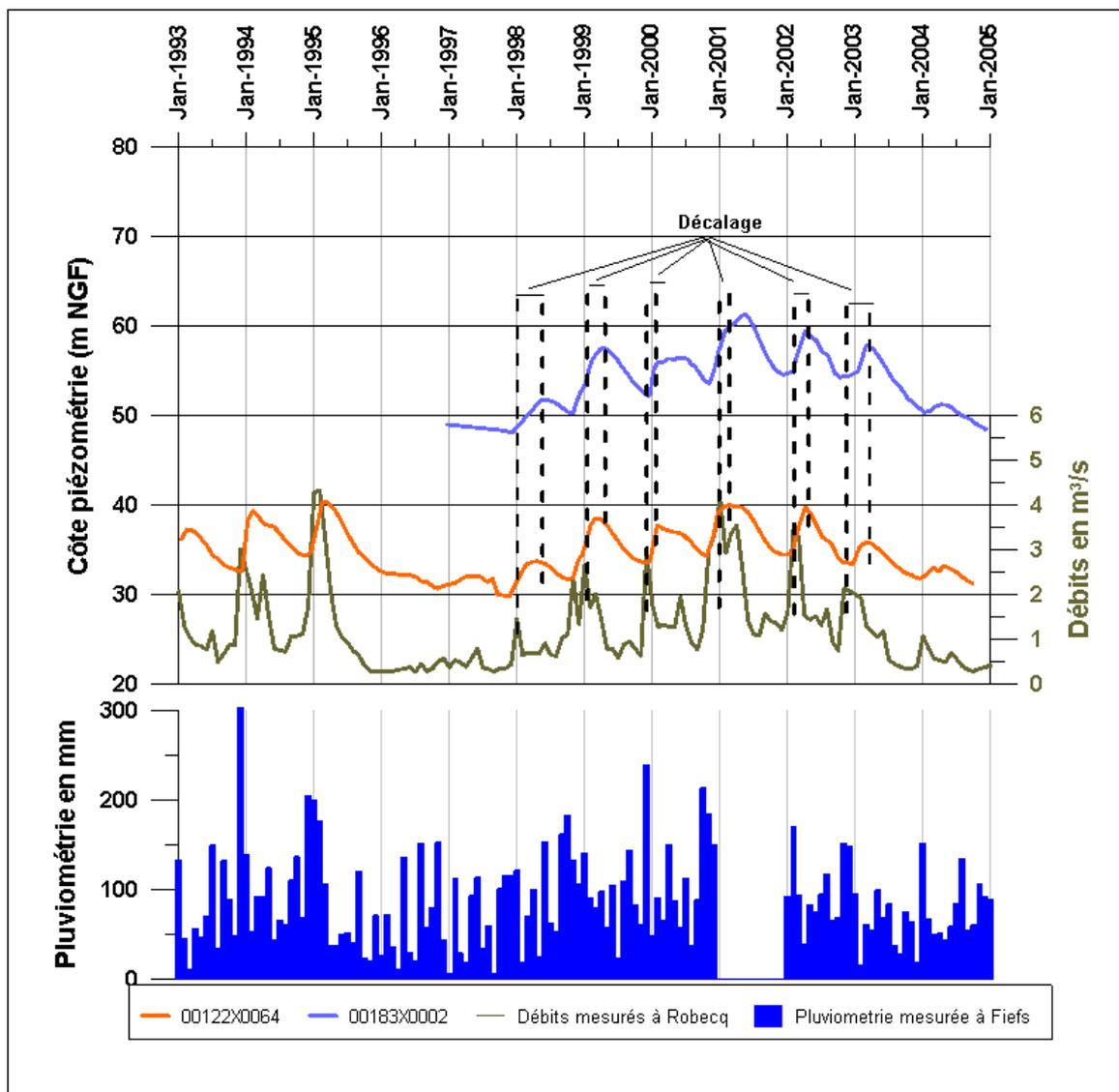


Figure 17 : Détails de l'évolution comparée du niveau de la nappe de la craie, du régime d'écoulement de la Clarence et de la pluviométrie – Période 1993 - 2005. Sources : ADES, MétéoFrance et banque Hydro.

3.3.4 Carte piézométrique

La région Nord-Pas de Calais a fait l'objet de plusieurs campagnes piézométriques. La première d'entre elles a été publiée par le BRGM en 1965 suivie par une nouvelle version en 1981. A partir des années 70 apparaissent les premières modélisations numériques permettant une mise à jour informatique des cartes existantes. On notera particulièrement la cartographie réalisée en 2001 présentant le niveau de la nappe de la craie suite aux importantes pluviométries de l'année¹². Les cartes les plus récentes

¹² BRGM, "Inondations par remontée de nappe phréatiques observées au cours du dernier trimestre 2000 et premier semestre 2001 dans la région NORD-PAS-DE-CALAIS - Causes et conséquences du phénomène; analyse et synthèse cartographique des événements; tendances à court terme,," RP-RP 51529-FR, 2002.

étant celles publiées par le BRGM dans une étude de 2010¹³. Une liste complète des études de modélisation des écoulements souterrains de la nappe de la craie est disponible sur le site du SIGES Nord-Pas de Calais¹⁴.

La carte de la représente les niveaux piézométriques de la nappe de la craie durant la période de très hautes eaux de 2001. Les représentations des failles et des isopièzes ont été limitées à la zone étudiée.

Le bassin versant hydrogéologique est conforme au bassin versant topographique. Dans la partie nord de la carte, la nappe devient captive. Ses variations sont alors très faibles (écoulement monotone) et les limites du bassin versant identifiées dans la partie libre s'estompent. La délimitation du bassin versant hydrogéologique devient alors délicate. Elle n'a donc pas été représentée.

D'une manière générale l'écoulement souterrain de la nappe de la craie peut se diviser en trois parties relativement indépendantes les unes des autres et séparées par les failles de Pernes et de Ruitz.

Dans la partie amont du bassin versant, la faille de Pernes joue le rôle de barrière hydraulique créant un décalage d'au moins une dizaine de mètres entre les eaux souterraines situées au Sud-ouest de la faille (plus hautes, amont) et les eaux souterraines situées au Nord-est (plus basses, aval). La cartographie réalisée en 2001 par le BRGM et utilisée dans la présente étude ne prend pas en considération l'effet de la faille sur le niveau piézométrique et considère les niveaux d'eaux souterraines observées en amont et en aval de la faille comme quasi-continus. Cette représentation ne semble pas conforme aux observations réalisées sur le terrain.

La nappe de la craie est libre dans ce compartiment amont. Profond sous les plateaux, le niveau de la nappe se rapproche de la surface du sol à mesure que l'on progresse vers la faille de Pernes. Sur la plupart des communes recoupant le tracé de la faille (Pernes, Nédonchel, Bours, Sachin) les sources (débordement) et/ou remontée de nappe sont fréquentes. Leur distribution spatiale ne permet toutefois pas d'identifier un éventuel horizon imperméable continu. Situé sur une zone de faille, il est fort possible que ces points d'eau apparaissent à la faveur de discontinuités géologiques. L'exemple le plus marquant est peut-être la carrière de grès rouge situé à environ 1 km à l'Est du centre-ville de Pernes. Le fond de la carrière se situe à environ 60 m NGF alors que le centre du village se situe plus aux alentours de 80 m NGF. Cependant alors que les caves des maisons situées dans le centre du village sont souvent inondées, aucune nappe n'est présente dans la carrière 20 m en contrebas.

Malheureusement le manque d'information et le caractère très « local » de ces hétérogénéités ne permettent pas de les prendre en considération dans la cartographie du niveau piézométrique.

La seconde partie est délimitée par les failles de Pernes (au Sud) et de Ruitz (au Nord). La nappe est libre sur toute cette zone et le gradient hydraulique est de l'ordre

¹³ C. Cardin and R. Dufrenoy, "Nord-Pas de Calais- Nappe de la craie Campagnes et cartes piézométriques «Hautes et basses eaux» 2009. Rapport final," RP-58542-FR.

¹⁴ BRGM, "SIGES Nord-Pas de Calais."

de 8 ‰. Les principaux terrains présents à l’affleurement sont les craies blanches du Séno-Turonien conférant au terrain une assez bonne perméabilité. La nappe de la craie est généralement profonde.

A partir de la faille de Ruitz, la nappe de la craie devient captive s’enfonçant sous la couverture tertiaire. En limite de captivité, à la faveur d’un défaut local « d’étanchéité » du toit de l’aquifère (poinçonnement ou hétérogénéité plus étendue), la nappe peut émerger en surface par artésianisme. A mesure que l’on progresse vers le nord-est, l’épaisseur de la couverture « imperméable » augmente, et le phénomène se raréfiera.

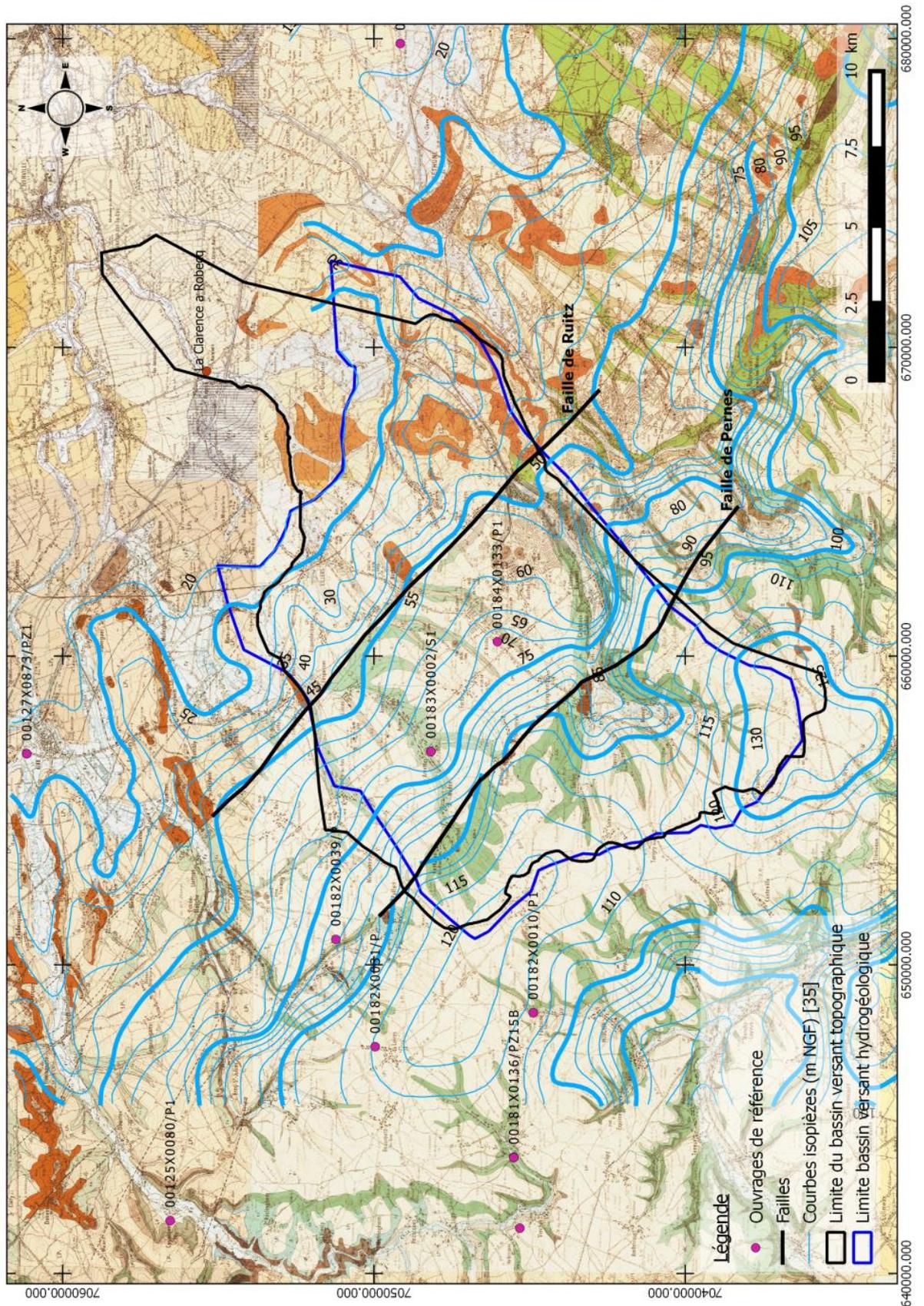


Figure 18 : Extrait de la carte de la piézométrie de la craie de hautes eaux de 2001
Source : BGRM.

3.4 Inondations par remontée de nappe

3.4.1 Historiques

La première étude concernant le phénomène de remontée de nappe dans le bassin minier du Nord-Pas de Calais a été publiée par le BRGM en 1990¹⁵. Ce phénomène était alors considéré comme un « nouveau risque ». Le document identifiait trois causes principales qui étaient la baisse des pompages industriels, l'augmentation de la pluviométrie et la modification de la topographie par l'exploitation du charbon.

Dans la zone d'étude, les premières remontées de nappe ayant fait l'objet d'arrêtés de catastrophe naturelle ont été observées durant l'hiver 1994 sur les communes de Robecq, Sachin et Lespesses.

En 2001, le Nord - Pas-de-Calais a connu des inondations exceptionnelles par remontée de nappe¹⁶ dues à l'importance des pluies efficaces de l'hiver 2000. Cependant le secteur d'étude ne semble pas avoir été impacté outre mesure par ces événements exceptionnels (aucun arrêté CAT-NAT).

D'une manière générale de nombreuses communes recensent des remontées de nappe lors de fortes pluies. Les signes visibles de ces remontées sont la présence d'eau dans les garages ou les caves et l'engorgement de terrain non construit (champs, vergers, parcs ...).

Les communes répertoriant ce type d'inondation sont présentées dans la Figure 19. En voici la liste :

Auchel, Burbure, Bours, Chocques, Lapugnoy, Lespesses, Lières, Lillers, Marest, Mont-Bernanchon, Pernes, Pressy, Robecq et Sachin.

Les communes d'Auchel, Bours, Burbure, Lières, Lespesses, Marest, Pernes et Sachin sont localisées dans les terrains crayeux et à proximité des failles de Ruitz et de Pernes. Les autres sont situées dans la plaine sur les terrains tertiaires.

¹⁵ BRGM, "Remontée de la nappe de la Craie dans le Bassin minier Nord-Pas-de-Calais," R-30415 NPC 4S 90, 1990.

¹⁶ BRGM, "Inondations par remontée de nappe phréatiques observées au cours du dernier trimestre 2000 et premier semestre 2001 dans la région NORD-PAS-DE-CALAIS - Causes et conséquences du phénomène; analyse et synthèse cartographique des évènements; tendances à court terme.," RP-RP 51529-FR, 2002.

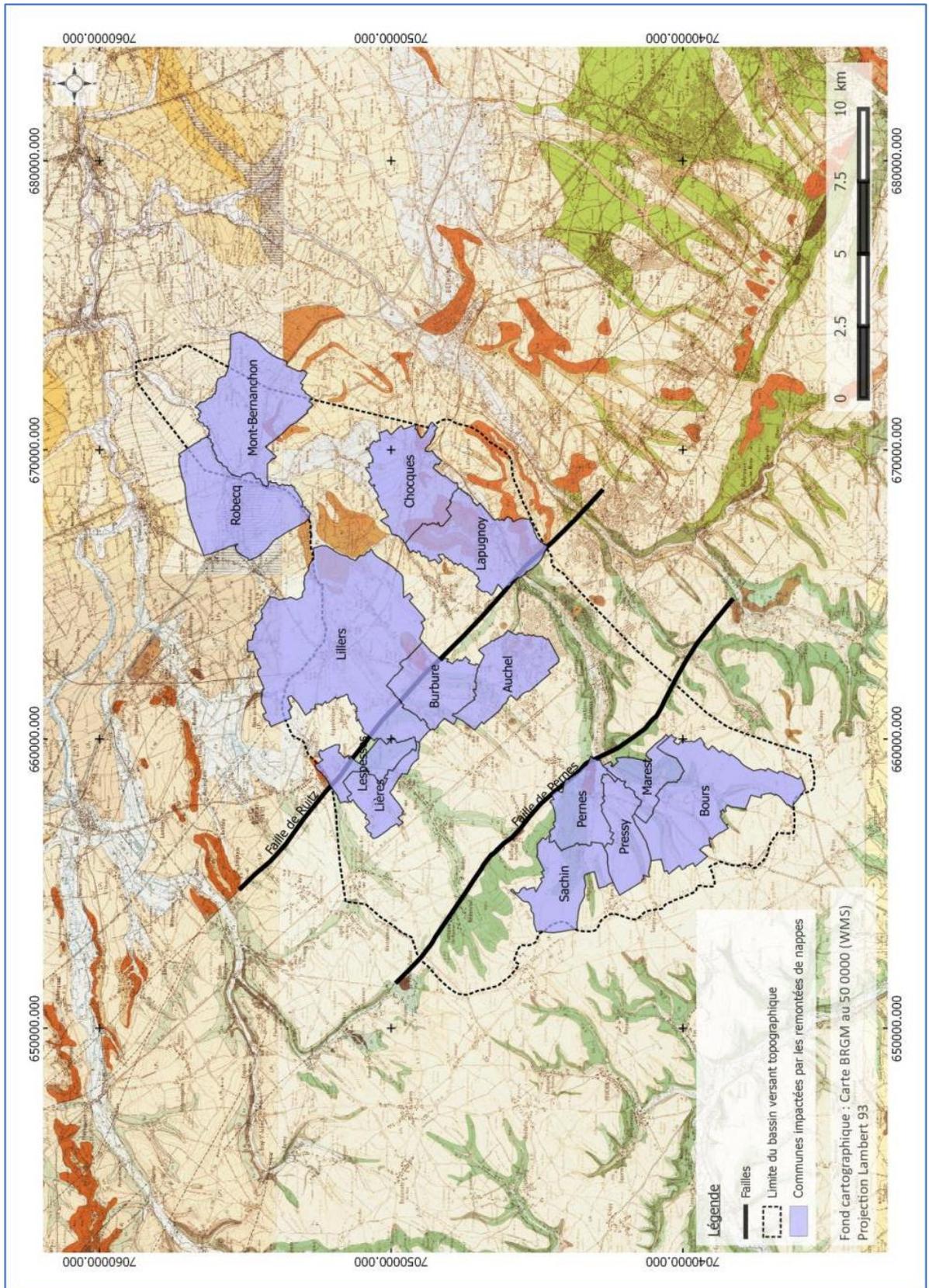


Figure 19 : Cartographie des communes impactées par les remontées de nappe

Le graphique de la Figure 20 représente les principales inondations (par remontée de nappe ou non) recensées sur le bassin versant de la Clarence. Sur le graphique seuls les événements survenus durant une période où l'on dispose de chroniques piézométriques continues sont représentés. Dans ce graphique les crues d'hiver sont représentées par un figuré rouge alors que les crues d'été (ou d'orage) sont représentées par un figuré rose. La représentation graphique a été étendue à l'ouvrage 00122X0064 (situé hors du bassin versant) afin de connaître le niveau de la nappe entre 1994 et 1995.

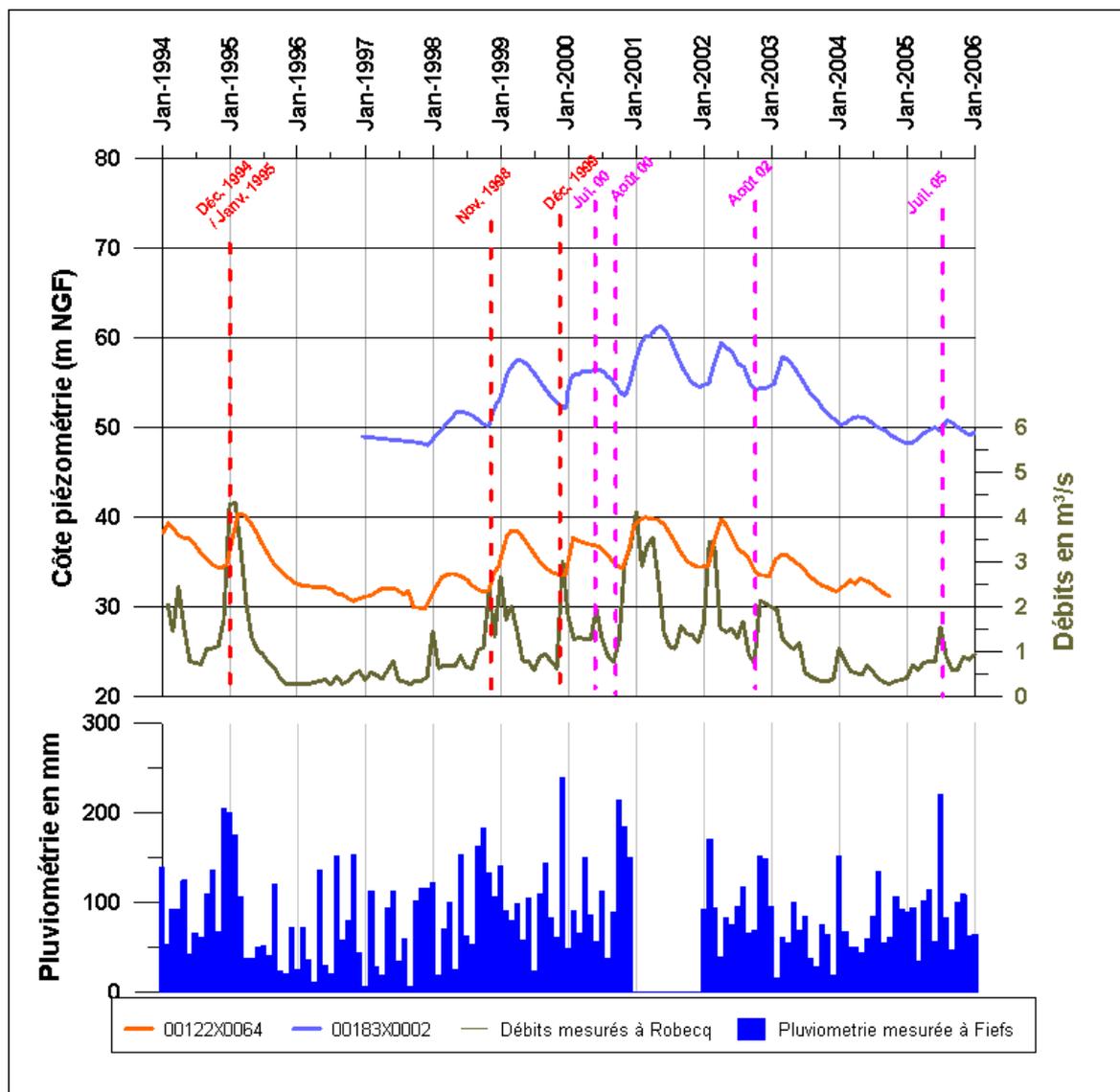


Figure 20 : Evolution comparée du niveau de la nappe de la craie, du régime d'écoulement de la Clarence, de la pluviométrie et historique des principales inondations – Période 1994- 2006. Sources : ADES, MétéoFrance et banque Hydro.

La plupart des principales inondations d'hiver sont survenues lors d'épisodes pluvieux importants ayant aboutis à une rapide et forte augmentation du débit de la Clarence. A ces mêmes dates, la nappe de la Craie est généralement en période de recharge et de moyennes eaux avec un niveau d'étiage souvent élevé. Cependant lors de l'évènement piézométrique le plus important (premier trimestre 2001), aucune inondation n'a été recensée sur le bassin versant de la Clarence alors qu'à l'échelle

régionale, l'année 2001 a connu des inondations exceptionnelles par remontée de nappe. Cette observation tend à montrer que dans le bassin versant, les remontées de la nappe de la craie sont des phénomènes secondaires par rapport aux phénomènes de ruissellement et de débordement de cours d'eau. Cependant, il est notoire qu'au cours des cycles pluriannuels de hautes eaux diminuent la hauteur de sol insaturé et peuvent atteindre les sous-sols, garages ou caves situés dans les points bas. De plus la remontée progressive du niveau de la nappe libre diminue la capacité du sous-sol à absorber l'eau de pluie favorisant ainsi le ruissellement de surface et l'apparition de source de débordement qui entraînent un accroissement général du débit sur le bassin versant.

Les inondations d'été d'août 2000, d'août 2002 et de juillet 2005 se sont produites lors de périodes d'étiages piézométriques. En juillet 2005, le contexte annuel n'est pas un contexte d'étiage mais suit une longue période de vidange générale de la nappe (environ trois ans de déficit pluviométrique) et est environ 5 m plus bas que celui observé en août 2002.

3.4.2 Données statistiques

Les données bibliographiques sont comparées à l'analyse statistique des chroniques piézométriques basées sur des moyennes mensuelles servant à déterminer des périodes de retour (c'est-à-dire la fréquence d'apparition d'une cote piézométrique moyenne). Ce type de graphique présente l'avantage de pouvoir situer une mesure ponctuelle en fonction de sa période de retour et donc de son « importance ». Les calculs et représentations graphiques sont issus du site de l'ADES. La méthode statistique utilisée est présentée dans le document « Indicateur de situation hydrologique périodes de retour » disponible en ligne¹⁷.

Nous avons choisi de faire figurer sur la représentation statistique les années « excédentaires » 1995, 2000, 2001 et 2002.

L'analyse est possible pour 2 piézomètres du bassin versant : 00184X0133/P1 (nappe de la craie libre, en partie plutôt basse du bassin versant), 00187X0005/P1 (nappe de la craie libre, plateau). Pour les années les plus excédentaires, 00184X0133/P1 dispose toutefois de très peu de mesure. Seule 2001 est représentée avec 2 valeurs ponctuelles. Pour 00187X0005/P1, l'année 2002 ne peut pas être représentée.

L'analyse est également menée sur le piézomètre 00127X0873/PZ1 représentatif de la nappe de la craie captive, en contexte de plaine.

¹⁷ BRGM, "Indicateur de situation hydrologique périodes de retour." .

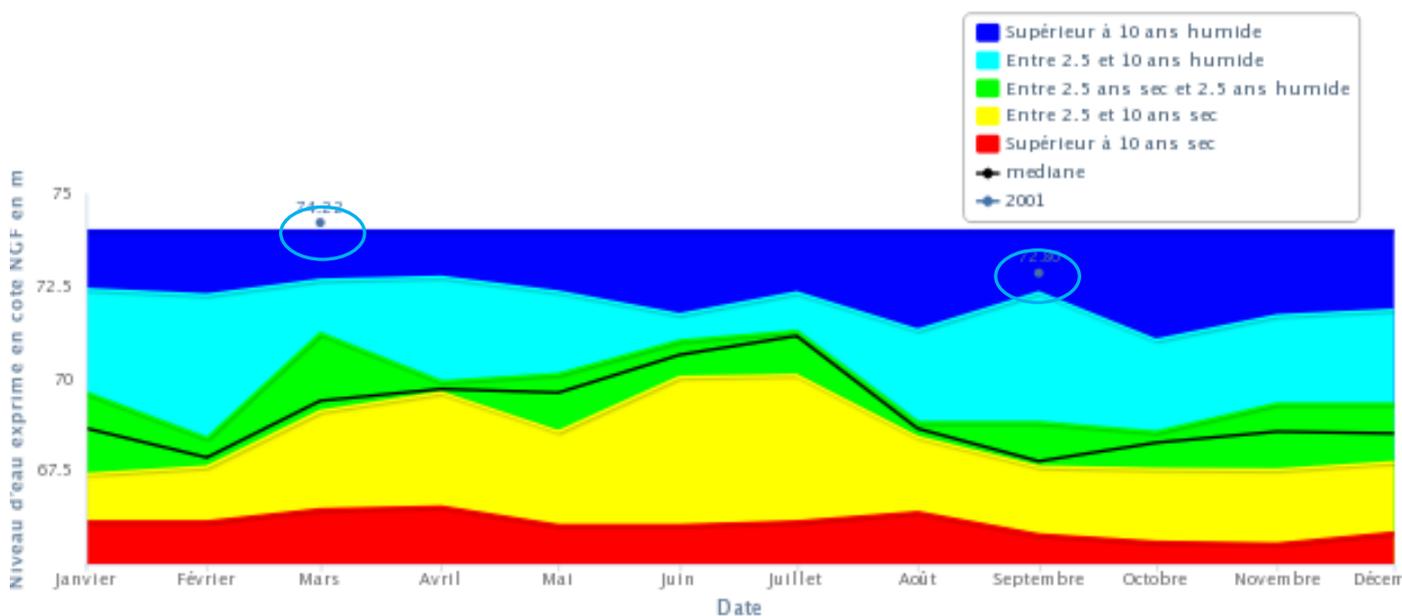


Figure 21 : Comportement de la nappe de la craie et période de retour au droit de l'ouvrage 0184X0133/P1. Source : ADES

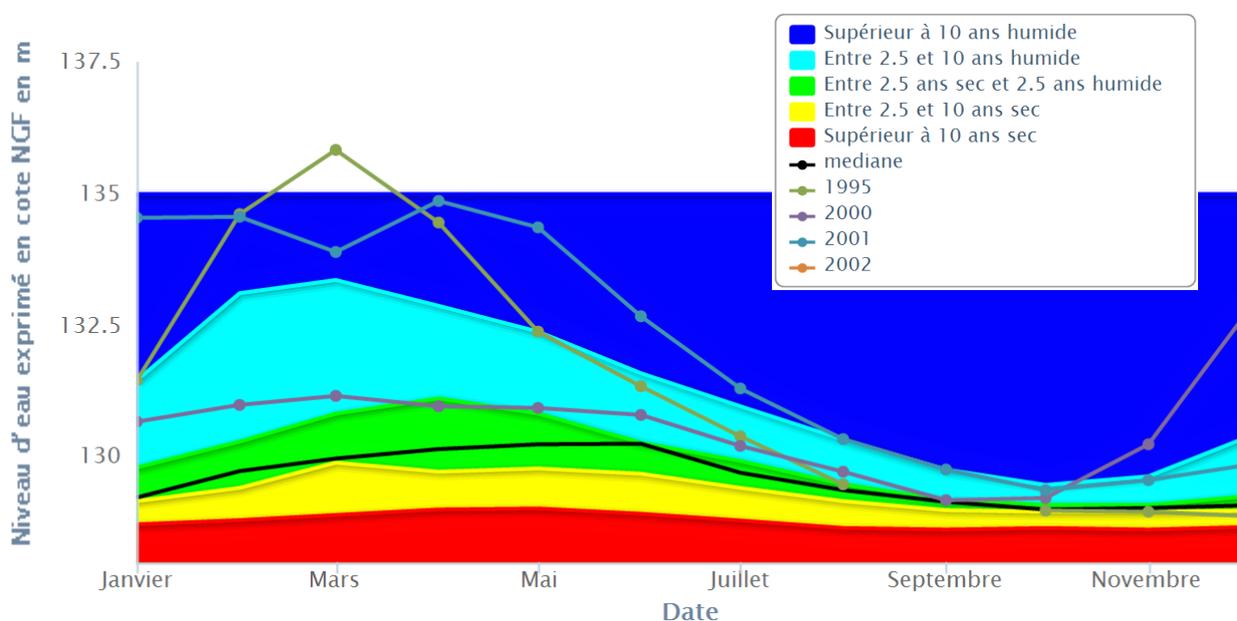


Figure 22 : Comportement de la nappe de la craie et période de retour au droit de l'ouvrage 00187X0005/P1. Source : ADES

Cette représentation confirme que les années 1995, 2001 et 2002 ainsi que l'hiver 2000 sont des épisodes remarquables. L'année 1995 apparaît comme exceptionnelle pour la période de hautes eaux entre février et avril. De même, la fin 2000 et l'année 2001 constituent un évènement majeur, d'une période de retour statistique de plus de 10 ans humide sur une longue durée.

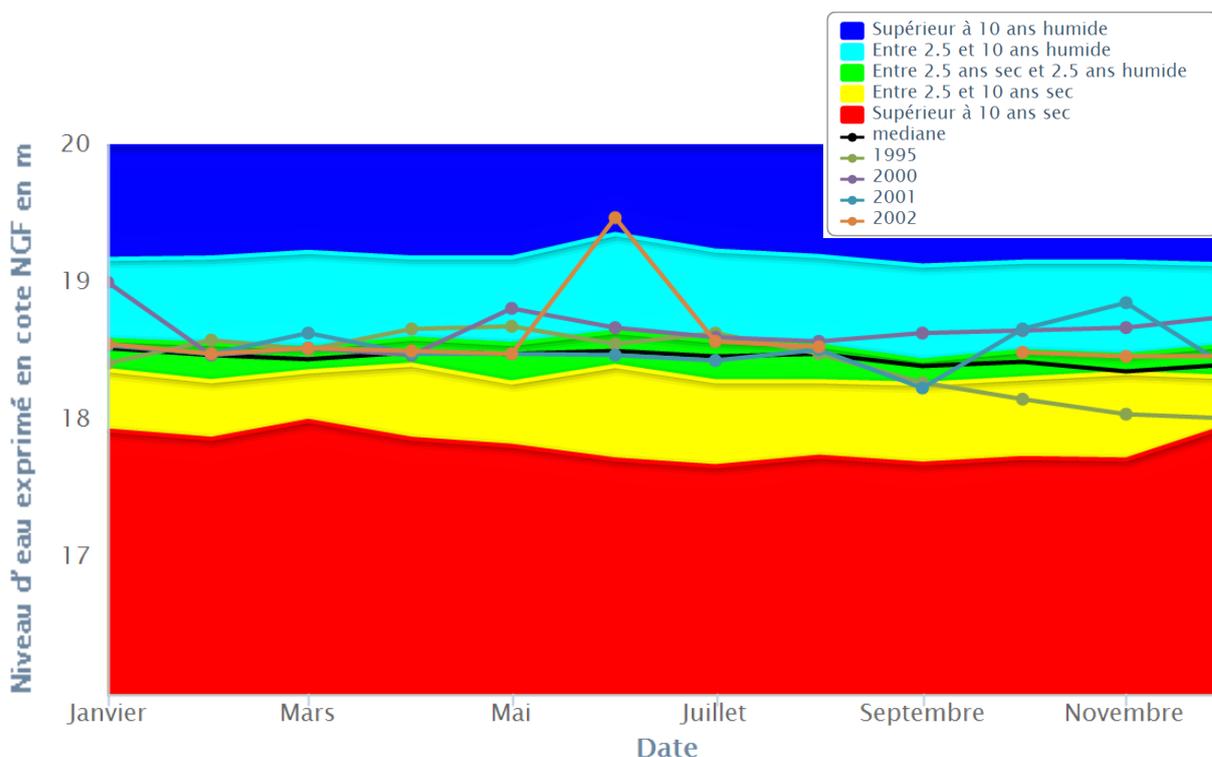


Figure 23 : Comportement de la nappe de la craie et période de retour au droit de l'ouvrage 00127X0873/P1. Source : ADES

Dans sa partie captive, la nappe de la craie présente des évènements plus réguliers se regroupant autour d'une période de retour comprise entre 2,5 ans sec et 2,5 ans humide. Le pic observé en juin 2002 semble très élevé au regard de la pluviométrie et ne pas correspondre à une évolution naturelle du niveau d'eau souterrain. Il s'agit probablement d'erreurs de mesures. Les hivers 2000 et 2001 présentent les périodes de retour humides les plus importantes de 2,5 à 5 ans. Le maximum est atteint en janvier 2000 et correspond à une période de retour de 5 à 10 ans humide.

Contrairement aux observations faites sur les plateaux, les années 1995, 2000, 2001 et 2002 ne correspondent pas à des périodes de retour remarquables. L'influence de la nappe de la craie sur les remontées de nappe dans le secteur captif est donc minime.

4 HYDROLOGIE

4.1 Pluviométrie

Les stations pluviométriques disponibles sont situées sur la carte suivante. La description de ces stations figure dans le livrable 1.

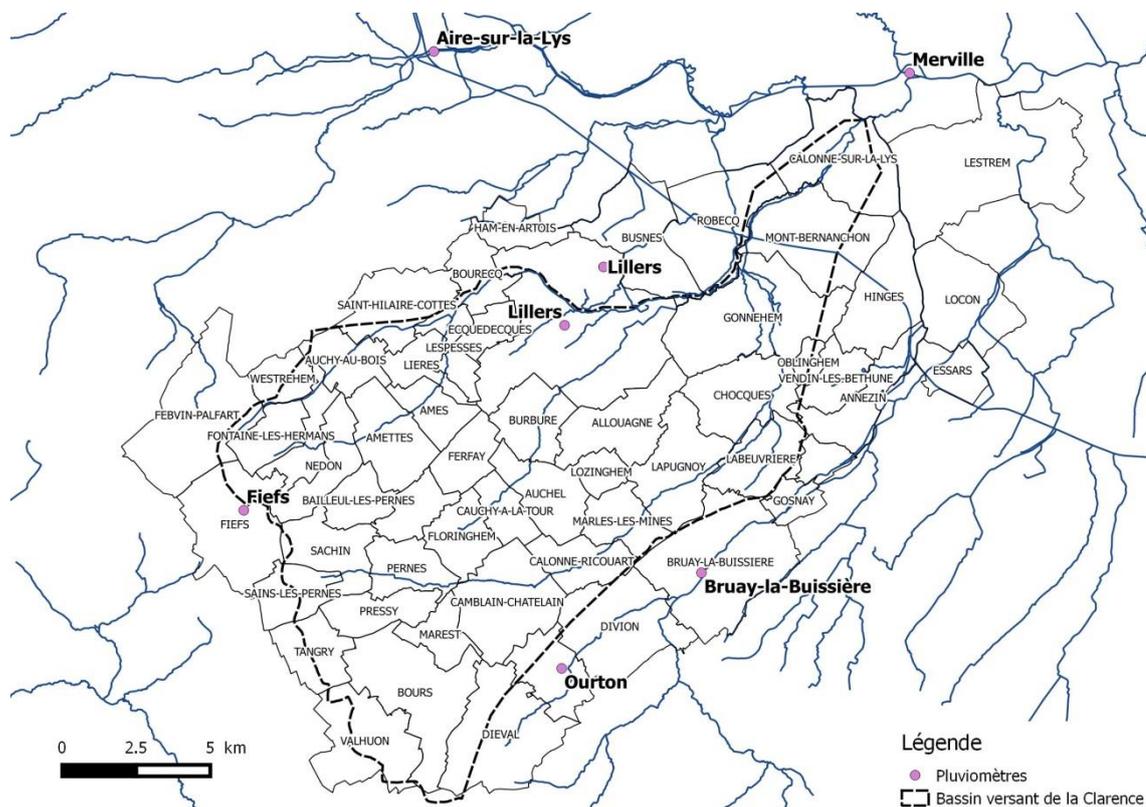


Figure 24 : Localisation des stations pluviométriques

Les différences de pluviométrie entre collines d’Artois (situées à l’ouest du bassin versant) et plaine de la Lys sont assez marquées.

La pluviométrie à Fiefs, en tête de bassin versant, est plus importante que celle de Lillers, en moyenne de 160 mm chaque année. Cela dénote bien l’influence pluviométrique des collines de l’Artois.

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Cumul annuel
Fiefs	85,53	68,40	70,45	62,07	71,23	75,51	74,87	67,90	80,99	93,57	105,99	106,19	960,94
Lillers	59,62	46,27	50,60	44,74	53,29	55,07	62,46	55,51	60,80	62,77	74,44	73,73	698,85

Tableau 4 : Cumuls pluviométriques mensuels moyens à Fiefs et Lillers sur 50 ans

La répartition des cumuls annuels réalisée par Météo-France grâce à la méthode AURELHY (analyse utilisant le relief pour les besoins de l'hydrométéorologie) est représentée ci-dessous :

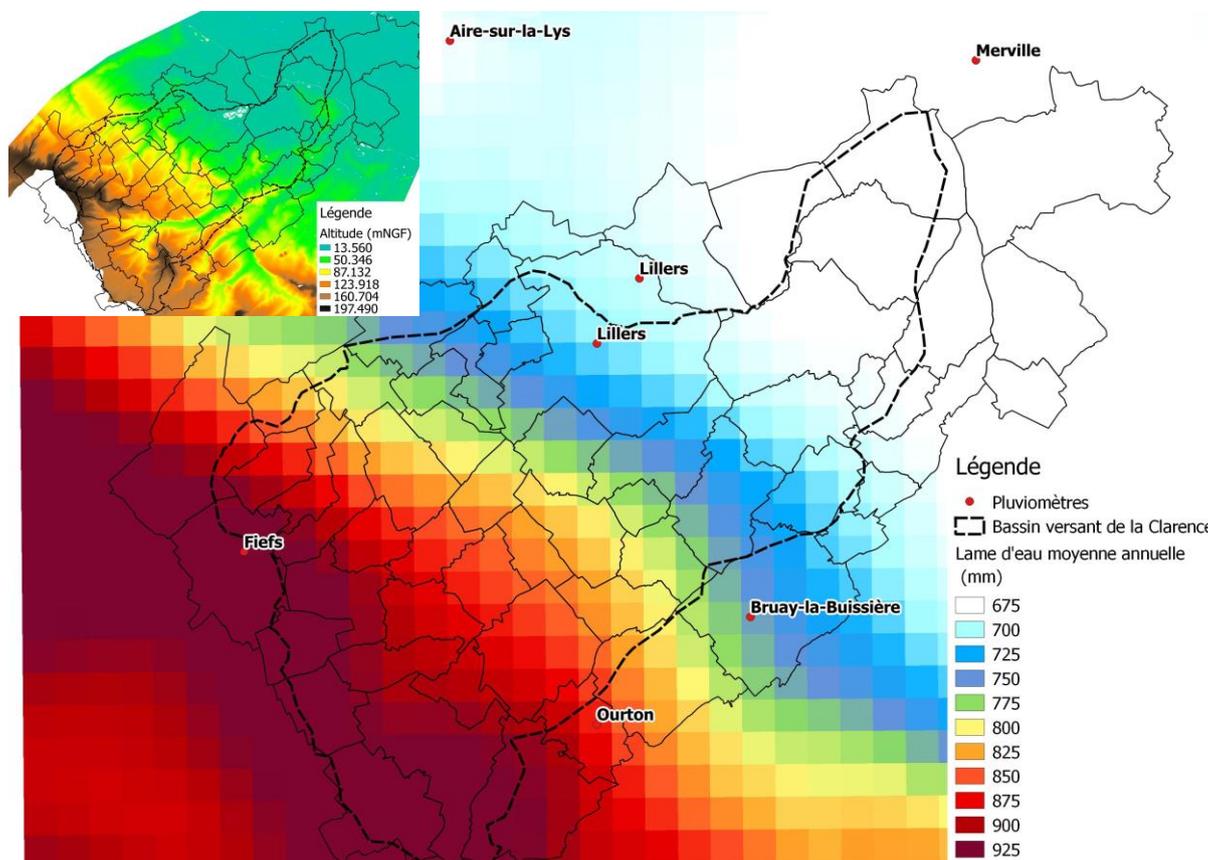


Figure 25 : Répartition des lames d'eau annuelles moyennes par carré de 1kmx1km

La répartition des pluies s'effectue en fonction du relief, les lames d'eau diminuant à mesure que l'on s'éloigne parallèlement des collines d'Artois. Les fronts arrivant par l'ouest sont stoppés par le relief et les pluies y tombent en plus grande quantité.

4.2 Analyse statistique des pluies

L'ajustement de Gumbel des pluies est effectué sur les pluies journalières à Fiefs et Lillers, pour lesquelles on dispose respectivement de 63 et 56 années de données complètes. L'ajustement est effectué sur une année hydrologique (septembre à août), sur 6 mois d'été (mai à octobre) et sur 6 mois d'hiver (novembre à avril).

Par ailleurs, le coefficient de Weiss, de valeur 1,14, est appliqué sur les pluies. Ce coefficient permet de passer d'une pluie d'un jour fixe (de 00:00 à 24:00), telle qu'elle

est donnée par Météo-France, à 24 heures glissantes, ce qui permet de prendre en compte les précipitations tombant sur deux jours consécutifs.

On obtient les valeurs de temps de retour suivantes :

		Fiefs	Lillers
Année hydrologique	Nombre de données	63	58
	gradex (mm)	14,45	16,52
	P10 (mm)	67	71
	P50 (mm)	91	98
	P100 (mm)	101	109
Eté	gradex (mm)	15,28	16,31
	P10 (mm)	67	68
	P50 (mm)	92	95
	P100 (mm)	102	107
Hiver	gradex (mm)	7,06	9,97
	P10 (mm)	45	45
	P50 (mm)	57	61
	P100 (mm)	62	68

Tableau 5 : Caractéristiques des ajustements sur les pluies journalières à Fiefs et Lillers

Les pluies de référence aux deux stations sont très proches. La différence est au maximum de 8 mm pour la pluie centennale. L'influence du relief n'est donc pas perceptible.

4.3 Typologie des crues

Quatorze épisodes de crue ont été recensés lors de l'étude et décrits dans le livrable 2. Ils ont été retenus car ils ont fait l'objet d'arrêtés de catastrophe naturelle et ont été mentionnés lors des enquêtes de terrain. Ces crues se divisent en deux catégories :

- les événements d'été issus d'épisodes orageux intenses et localisés ;
- les crues qui font suite à une période pluvieuse de plusieurs semaines, voire plusieurs mois ayant lieu généralement en hiver.

4.3.1 Evénements orageux

Il s'agit de crues « courtes » (de 2 à 5 jours) par opposition aux crues d'hiver. Les hydrogrammes sont formés d'un seul pic qui traduit la réaction du bassin versant au pic de pluie ou à l'orage.

Hydrométrie

En juillet 2007, les 20 et 23, il y a eu deux orages qui ont engendré deux pics de crues. Ils ont été séparés sur la figure ci-dessous.

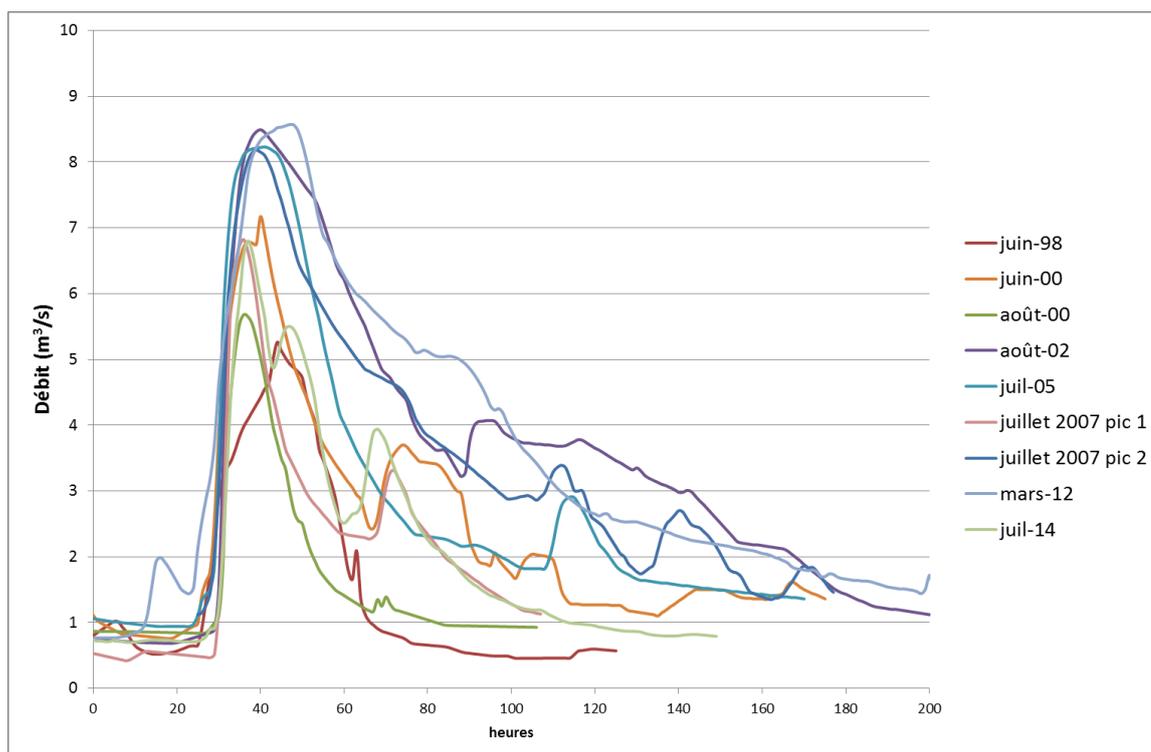


Figure 26 : Hydrogrammes à Robecq pour différents épisodes orageux

A Robecq, les hydrogrammes représentés ont des temps de montée semblables, de 10 à 11 heures, excepté pour juin 1998 (20 heures). Les débits de pointe vont de 5,3 à 8,5 m³/s.

Les temps de décrue sont variables : de 25 heures pour juillet 2014 et juin 1998 à 120 heures pour août 2002. Pour la majorité des épisodes, le temps de décrue est d'une centaine d'heure.

Etat de la nappe

Globalement le niveau de la nappe de la craie est bas lors de ces événements. On est en période d'étiage piézométrique. Il y a peu de chances pour que d'éventuelles remontées de nappes aient participé aux crues des cours d'eau ou aient provoqué des inondations.

Pluviométrie

Les stations pluviométriques les plus représentatives de l'orage, d'après l'analyse des images radar, ont été retenues pour la comparaison des pluviométries de chaque crue. Lorsqu'aucune station ne semblait représentative (juillet 2005) ou que les données horaires n'existaient pas (août 2002, août 2000, juin 2000 et juin 1998), les cumuls ont été extraits des données radar, là aussi au cœur de l'orage.

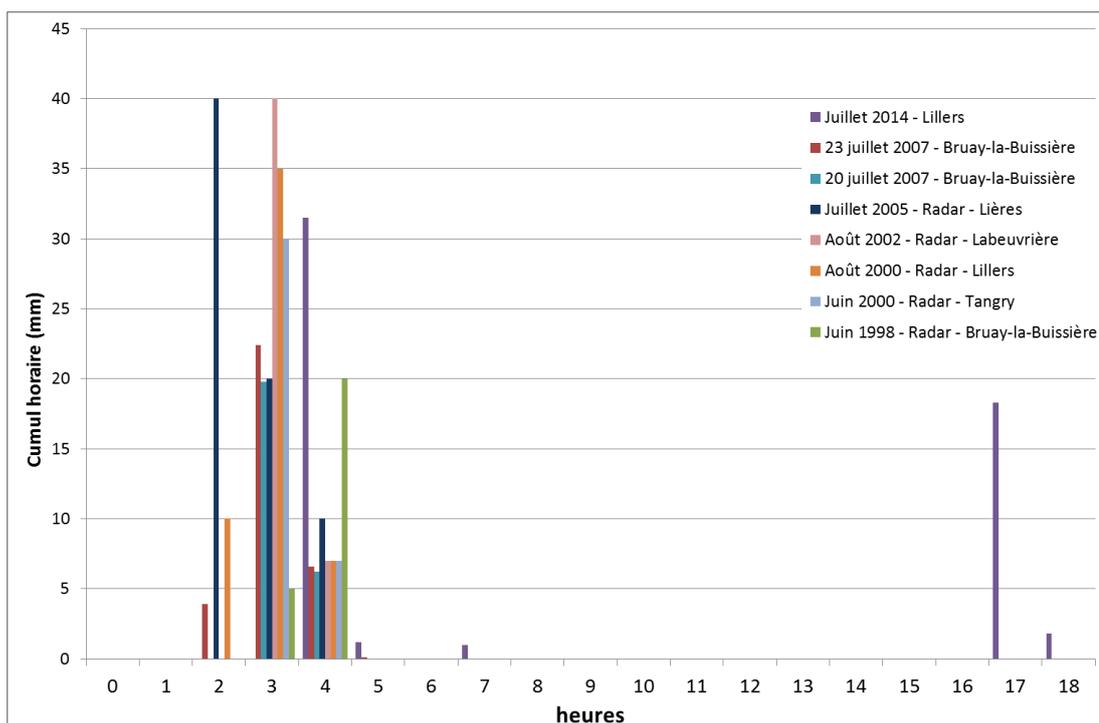


Figure 27 : Cumuls pluviométriques horaires en différentes stations ou lieux lors des épisodes orageux

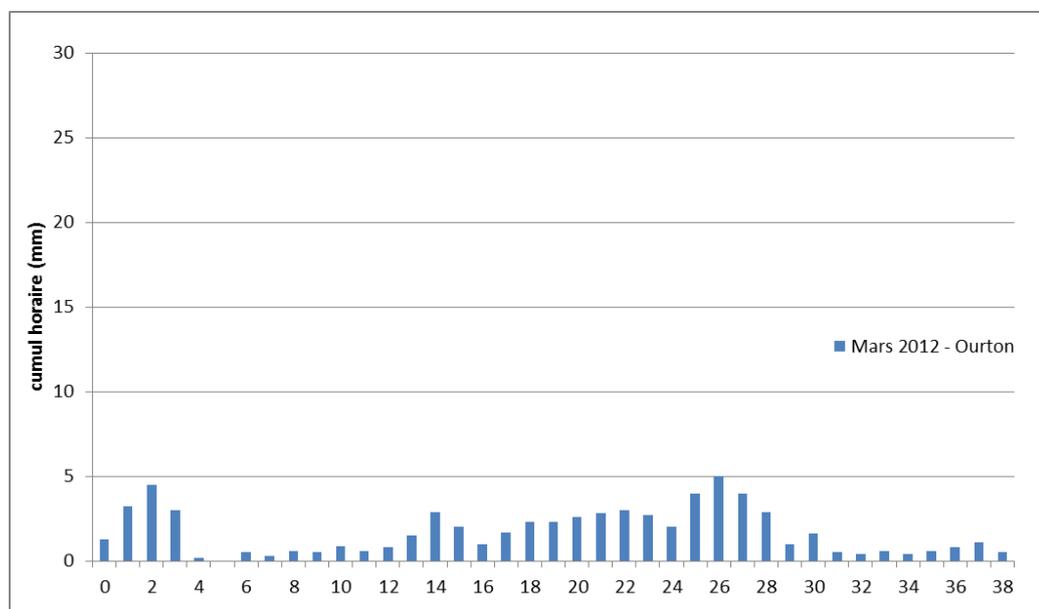


Figure 28 : Cumuls pluviométriques horaire lors de l'épisode de mars 2012

Les types de pluies qui donnent cette typologie de crue (un seul pic, montée de crue de 10 heures) sont en fait relativement variés d'après les données recensées.

En effet on observe les types d'événements pluviométriques suivants ayant donné naissance à une crue de type « orageuse » :

- un orage de plus de 30 mm en une heure pour juillet 2014, août 2002 ou août 2000, ou davantage en plusieurs heures (juillet 2005) ;
- deux orages moins intenses en juillet 2007 mais ayant peut-être arrosé des sols déjà saturés : en effet, d'après les bulletins mensuels de Météo-France, le mois de juin 2007 enregistre une pluviométrie record et le début du mois de juillet est pluvieux sur le Pas-de-Calais, le 16 juillet intervient d'ailleurs un premier épisode orageux ;
- le cas de mars 2012 est à part : a priori, en voyant les données pluviométriques, on ne placera pas cet événement en tant qu' « orageux » car il est issu de longues pluies peu intenses sur 2 jours (66 mm). Cependant la forme de l'hydrogramme correspond parfaitement à celle des crues de ce type. On pourra expliquer cela, en prenant beaucoup de précaution car l'état des sols n'est pas connu de façon directe, par le fait que le mois de février a été sec et que les données piézométriques indiquent une période de basses eaux précoces, ce qui indique peut-être des sols non saturés et secs (les bulletins climatiques de Météo-France indiquent une sécheresse intense dans la région Nord en automne et en hiver), conditions semblables à la plupart des crues d'été.

La localisation des pluies est, elle aussi, variable :

- le 19 juillet 2014, l'orage touche la tête et le nord du bassin versant ;
- en juillet 2005, l'orage est localisé sur le nord du bassin versant, et alimente la Nave et la Méroise ;
- en août 2002, l'orage est situé sur la partie intermédiaire du bassin versant, sur le Grand Nocq et la Clarence ;
- en août 2000, l'orage éclate sur les mêmes zones qu'en 2002 mais est un peu plus intense sur Lillers ;
- en juin 2000, l'orage éclate en tête de bassin versant vers la source de la Clarence ;
- en juin 1998, il est situé à la limite sud-est du bassin versant et déborde à peine sur la Clarence.

Malgré ces pluies très différentes, l'hydrogramme à Robecq est semblable pour tous ces épisodes. Plusieurs caractéristiques de cette station et du bassin versant en général permettent d'avancer quelques hypothèses qui peuvent expliquer cette particularité.

La station hydrométrique est jugée peu fiable en hautes eaux par la DREAL.

Cette station est située après la confluence avec la Nave mais avant la confluence avec le Grand Nocq qui draine 65 km², soit quasiment autant que la Nave (67 km²). (cf. Figure 1)

Lors des épisodes orageux qui sont survenus sur la partie intermédiaire du bassin versant c'est-à-dire Allouagne, Lillers et la plaine de Gonnehem, ces eaux ont été en

majeure partie drainées par le Grand Nocq (ou par la Busnes à Lillers), la Nave et la Clarence étant perchées et ne recevant pas d'apports. Ces eaux ne sont donc pas, a priori, comprises dans le débit mesuré à Robecq.

De même, lorsqu'il y a rupture de digue sur la Clarence à Gonnehem, les eaux se déversent naturellement dans le Grand Nocq, via les différents courants de drainage. Le débit s'écoulant par la brèche contourne donc naturellement la station de Robecq avant d'être restitué à la Clarence à sa confluence avec le Grand Nocq en aval de Robecq.

Néanmoins, la vanne de délestage du Grand Nocq vers la Clarence en amont du siphon de Bellerive, aménagée en 2003, peut, à l'inverse des deux cas évoqués précédemment, faire contribuer le Grand Nocq au débit de la Clarence à Robecq en cas de débit jugé trop important du Grand Nocq (cette vanne est surtout ouverte pour accélérer la décrue).

Les délestages de la Nave vers le Grand Nocq à Lillers contribuent également peut-être à homogénéiser le type d'hydrogramme.

Le bassin versant est complexe et il y a sans doute de multiples mécanismes qui participent à la forme et à l'allure de l'hydrogramme à Robecq :

- délestages,
- connexion entre bassins versants,
- rupture de digue.

L'analyse de ces différentes interactions sera réalisée lors de la phase de modélisation.

Conséquences

Les crues les plus dommageables sont celles d'août 2000 et août 2002 sur le milieu et l'aval du bassin versant et celle de juillet 2005 sur l'amont et la Nave. Les dommages ont été majoritairement constatés sur les lieux touchés directement par les orages, ce qui indique la forte part du ruissellement et de la saturation de réseau d'eau pluviale dans ces événements.

4.3.2 Crues issues de pluies longues hivernales

Ces crues durent de 8 jours (octobre 1998) à 20 jours (décembre 2012).

Hydrométrie

Les débits moyens horaires ont été représentés sur la figure ci-dessous pour les crues pour lesquelles ils sont disponibles.

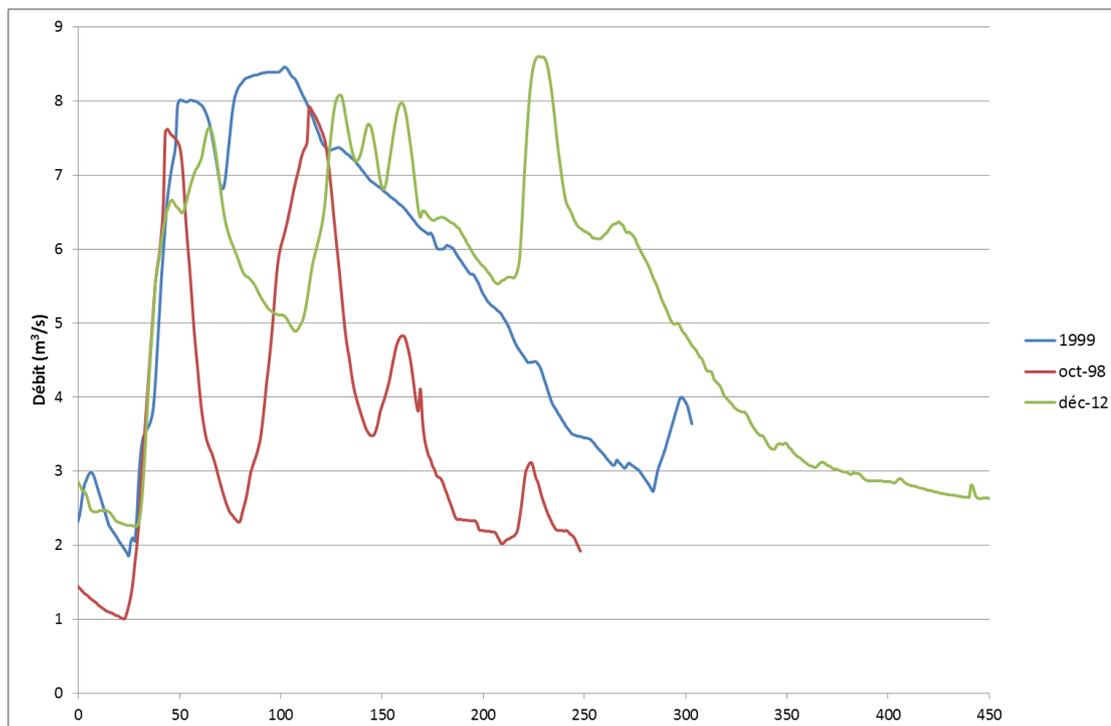


Figure 29 : Hydrogrammes à Robecq pour les épisodes d'octobre-novembre 1998, décembre 1999 et décembre 2012

Les temps de montée varient de 25 à 35 heures. Les débits de pointe atteignent ou dépassent tous 8 m³/s.

Pour les crues des hivers 1993-94 et 1994-95 les seules données disponibles sont les débits moyens journaliers. Ils ont donc été tracés pour toutes les crues sur la figure ci-dessous afin de les comparer. La crue de l'hiver 1994-95 présente deux pics de crue à quelques semaines d'intervalle : ils ont été représentés séparément.

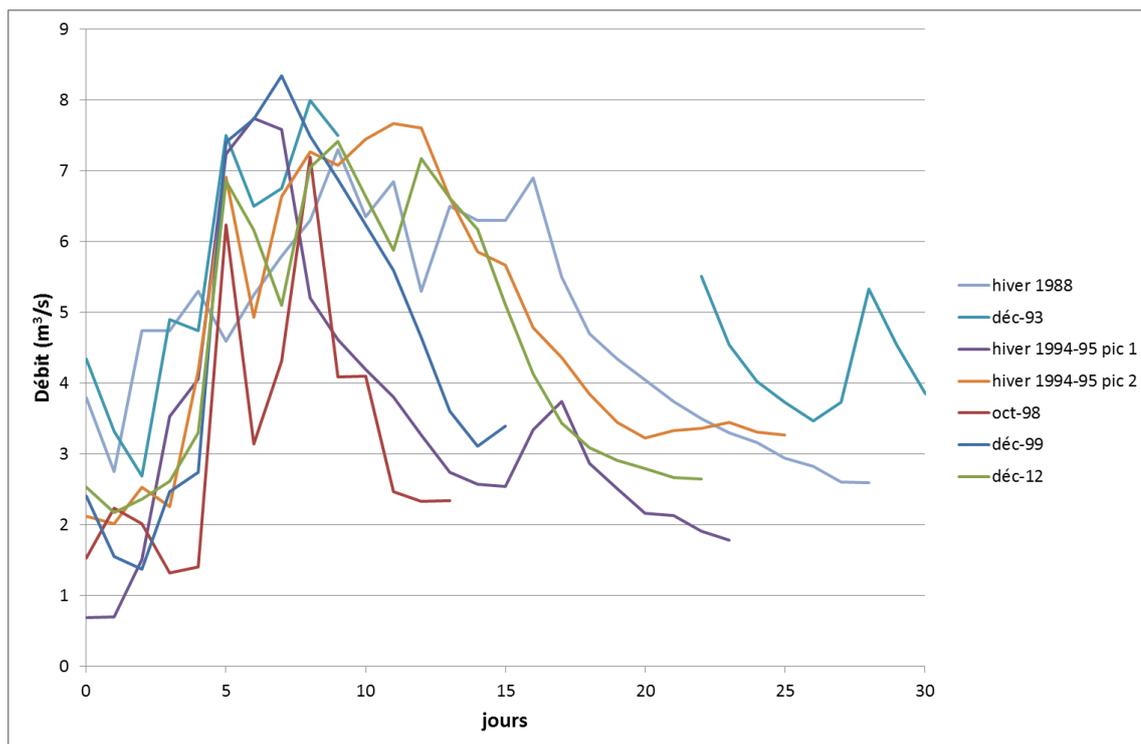


Figure 30 : Hydrogrammes à Robecq pour les crues d'hiver recensées

Les crues sont toutes dissemblables : on observe parfois plusieurs pics et la durée des crues est variable.

Etat de la nappe

Le niveau de la nappe de la craie est souvent haut :

- en décembre 2012, on est en moyennes eaux et en période de légère recharge ;
- pour l'épisode de 1999, la nappe est en recharge et son niveau est haut, les remontées de nappe sont probables ;
- en novembre 1998, c'est la fin des basses eaux et la première partie du cycle de recharge, les remontées de nappe sont jugées improbables ;
- la nappe est en recharge lors des crues de 1994-95 et 1993.

Dans la plupart des cas, une participation de la nappe à la crue en alimentant les cours d'eau ou directement aux inondations par remontée de nappe est envisageable.

Pluviométrie

Ci-dessous sont représentés les cumuls journaliers à Fiefs pour trois épisodes de pluie longue.

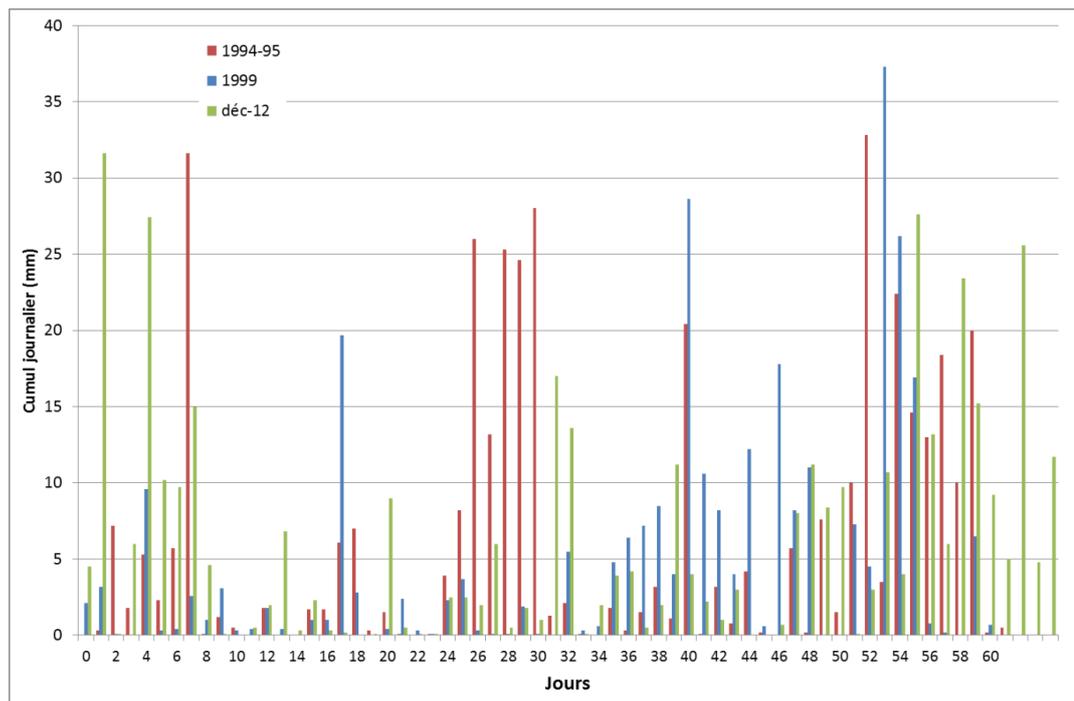


Figure 31 : Cumuls pluviométriques journaliers pour les épisodes de l'hiver 1994-95, décembre 1999 et décembre 2012

La pluviométrie est globalement la même. Il pleut de manière quasi continue pendant un ou deux mois avec parfois des pics aux alentours de 30 mm par jour pendant quelques jours.

Conséquences

Les crues les plus dommageables ont été celles de 1993, de l'hiver 1994-95 et de décembre 1999. La crue de décembre 2012, bien que de pluviométrie et de débit équivalents n'a pas eu des conséquences équivalentes aux trois crues citées précédemment en terme de territoire touché notamment. En effet, seulement quatre communes ont demandé à être reconnues en catastrophe naturelle en 2012, quand la quasi-totalité du bassin versant l'a été en 1999 ou 1994-95.

4.4 Analyse statistique des débits

La détermination des temps de retour et des débits correspondants à la station de Robecq est effectuée par un ajustement statistique de Gumbel.

Dans un premier temps, l'ajustement de Gumbel sur les débits à Robecq est réalisé pour obtenir les débits correspondants à des temps de retour modérés (jusqu'à 10 ou 20 ans selon la taille de l'échantillon).

On dispose d'une série de 42 ans de débits de pointe maximums mensuels, dont 23 années complètes.

Trois ajustements de Gumbel ont été réalisés sur les maxima annuels des années hydrologiques (septembre à août) :

- le n°1 en prenant toute la série de données,
- le n°2 en éliminant les années incomplètes,
- le n°3 en éliminant les débits des épisodes pour lesquels la rupture de digue ou le délestage est attesté (27 décembre 1999, 27 août 2002, 4 juillet 2005).

	Nombre de données	gradex	Débits (m ³ /s) pour temps de retour		
			5 ans	10 ans	20 ans
N°1	43	1,77	7,4	8,7	10,0
N°2	23	2,47	8,2	10,0	11,8
N°3	20	2,36	7,7	9,4	11,1

Tableau 6 : Caractéristiques des ajustements de Gumbel effectués

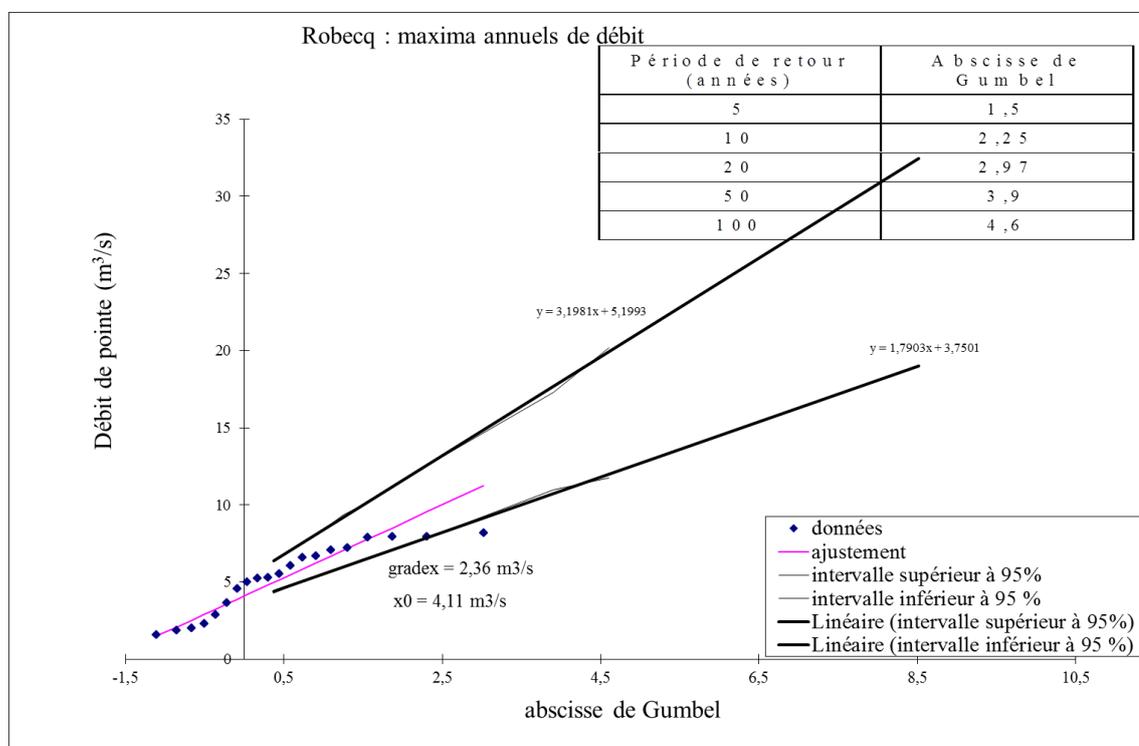


Figure 32 : ajustement de Gumbel n°3 sur les débits de pointe maximums annuels à Robecq

Ces trois ajustements de Gumbel sont équivalents en termes de forme : quelles que soient les données choisies on observe toujours un amortissement du débit à partir de l'abscisse de Gumbel $u=2$ soit $T=8$ ans.

Le débit décennal donné par l'ajustement n°3, soit $9,4 \text{ m}^3/\text{s}$, pourra être conservé.

Cet ajustement et les temps de retour associés sont à prendre avec précaution. En effet, le plafonnement des débits à $8 \text{ m}^3/\text{s}$, déjà remarqué en comparant les différentes crues et leurs débits de pointe, n'a pour l'instant aucune explication plausible.

Différentes hypothèses peuvent être envisagées :

- un dysfonctionnement de la station de mesure de Robecq : ceci paraît peu probable : la DREAL indique une bonne fiabilité des données en termes de mesures.
- une courbe de tarage peu fiable,
- une section instable : cette hypothèse paraît improbable car la rivière est canalisée au niveau de la station et en aval. Les jaugeages ont en majorité tous été effectués en amont du pont au niveau de la station.
- un écrêtement de la crue dû au rétrécissement de la section en arrivant sur le pont, voire une dérivation du débit par le Grand Nocq en cas de débordement de la Clarence en amont du pont (cf. Figure 33),
- une forte infiltration sur le bassin versant à l'amont de la station.

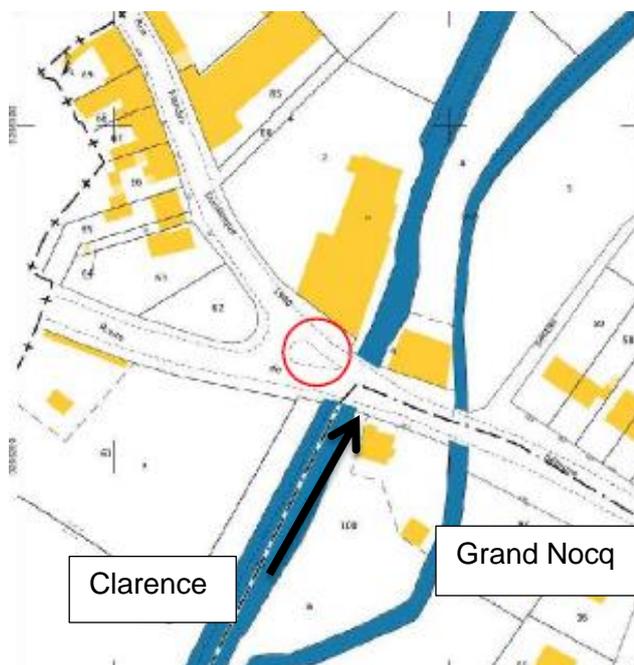


Figure 33 : Emplacement de la station hydrométrique de Robecq sur plan cadastral

Par ailleurs, afin d'analyser l'influence des épisodes d'hiver et des épisodes d'été dans les temps de retour, des ajustements ont été réalisés sur les 6 mois d'hiver (de novembre à avril) et les 6 mois d'été (de mai à octobre), en prenant les débits de pointe ainsi que les débits moyens journaliers. Les événements présentant des délestages et ruptures de digue avérés ont été retirés.

Débits (m ³ /s) à Robecq d'après différents ajustements : Délestages avérés enlevés						
	Q10 année hydrologique	Q10 hiver	Q10 été	Q50 année hydrologique	Q50 hiver	Q50 été
Ajustement sur le débit de pointe Qp	9,4	8,4	7,5	13,3	11,5	10,1
Ajustement sur le débit journalier Qj	7,7	7,7	5,8	10,3	10,7	8,1

Tableau 7 : Ajustement de Gumbel saisonnier et temps de retour associés

Les pic de débit est amorti en été lorsqu'on prend les débits journaliers. Il y a 2 m³/s de différence entre le débit de pointe maximal et le débit journalier maximal sur l'ajustement d'été. En hiver cette différence n'est que de moins d'1 m³/s.

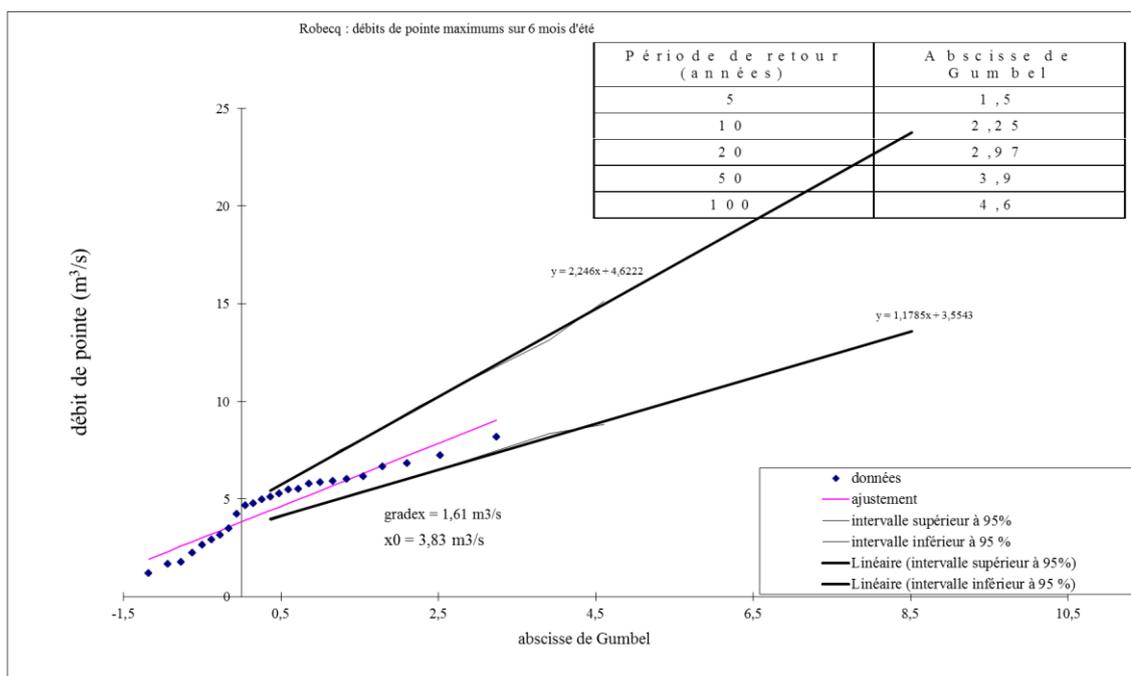


Figure 34 : Ajustement de Gumbel sur les débits de pointe des 6 mois d'été

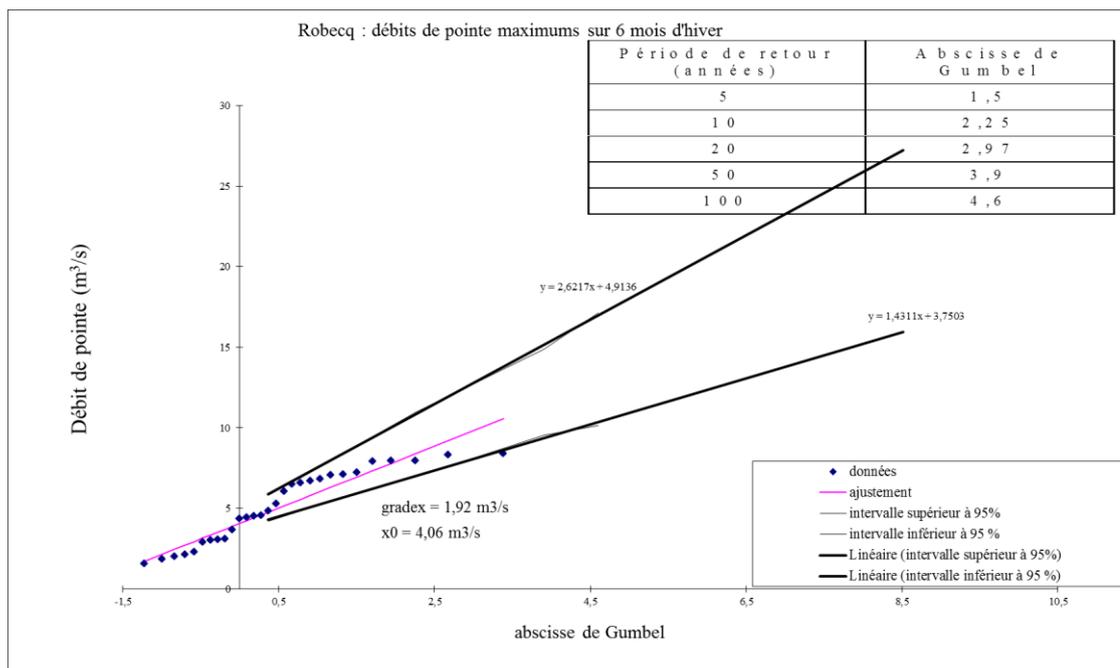


Figure 35 : Ajustement de Gumbel sur les débits de pointe des 6 mois d'hiver

On remarque que le plafonnement des débits à 8 m³/s, qui traduit une surreprésentation des débits de cet ordre par rapport à la distribution de Gumbel, est surtout lié aux épisodes d'hiver.

Cette différence entre épisodes d'été et crues d'hiver se retrouve également avec les débits moyens journaliers.

4.5 Analyse régionale

Une analyse régionale a été réalisée par comparaison avec des stations hydrométriques sur d'autres bassins versants soumis à la même influence météorologique et ayant la même géologie (la Lys au nord et la Lawe au sud) sans donner de résultats probants : pour un bassin équivalent (158 km²) sur la Lys, les débits maximaux en crue hivernal sont de l'ordre de 25 à 30 m³/s, ce qui amènerait à favoriser l'hypothèse de l'écrêtement sur la Clarence (cf. Tableau 8). Néanmoins, le rapport de débit et le rapport de surface entre la Lawe et la Clarence sont davantage du même ordre (cf. Tableau 9), même s'il y a trop peu d'épisodes hivernaux représentés pour que l'on puisse juger de la reproductibilité de ce résultat. (La chronique de débit sur la Lawe n'est que de 5 à 9 ans en fonction des stations.) Les stations sont localisées sur la figure suivante.

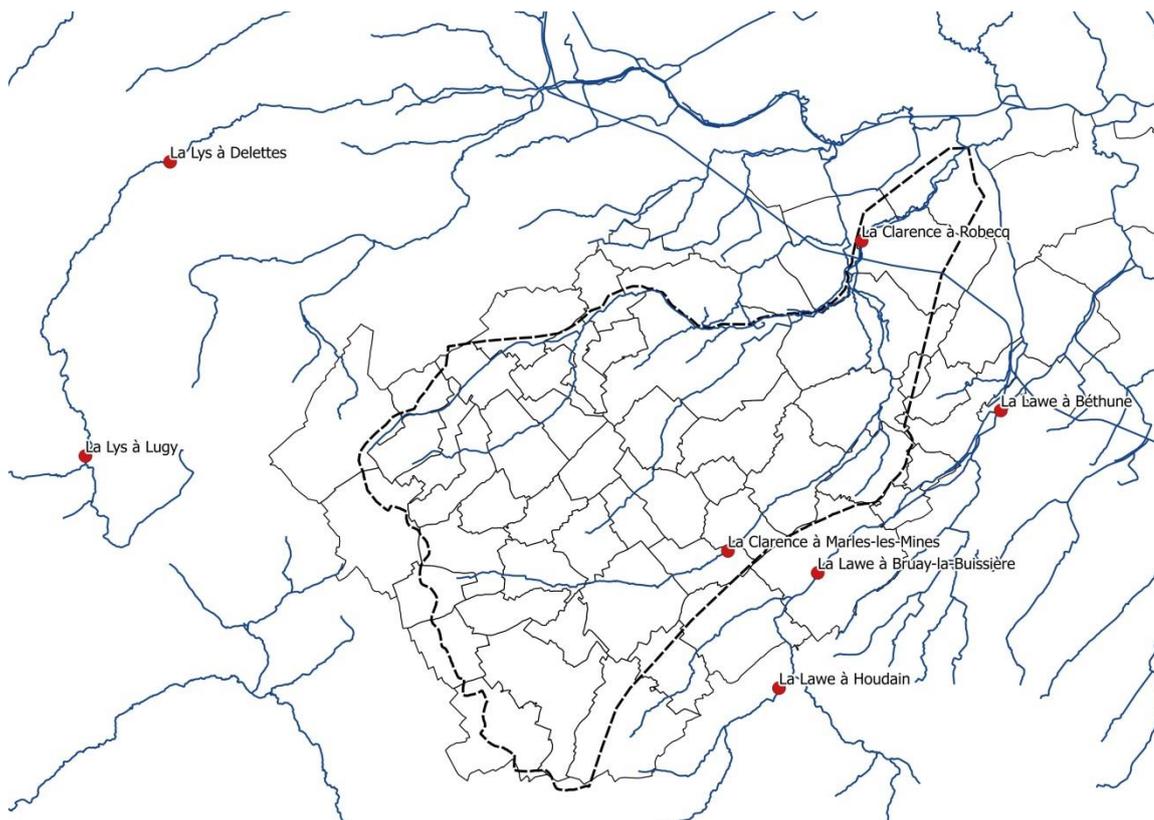


Figure 36 : Emplacement des stations hydrométriques sur la Clarence, la Lys et la Lawe

		déc-12			févr-02	mars-12	
		Surface (km ²)	Pic 1	Pic 2	Pic 3		
Clarence	Robecq	156	7,5	8,0	8,6	8,3	8,6
Lys	Delettes	158	25,3	18,6	25,8	24,2	26,1
Lawe	Bruay-la-Buissière	114				8,8	
	Houdain	42,7	2,6	2,9			2,9
	Béthune	181	7,9	7,5	7,3		11,2

Tableau 8 : Débits (m3/s) horaires maximaux à Robecq, Delettes, Bruay, Houdain et Béthune pour les épisodes de décembre 2012, février 2002 et mars 2012

Si l'on utilise les stations sur la Lawe pour tenter d'estimer le débit à Robecq avec la formule $\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{S_1}{S_2}\right)^\alpha$, on a les résultats suivants :

			déc-12			févr-02	mars-12
		alpha	Pic 1	Pic 2	Pic 3		
Mesuré	Robecq		7,5	8,0	8,6	8,3	8,6
Estimé à partir de :	Bruay-la-Buissière	0,75				11,1	
	Houdain	0,81	7,3	8,4			8,4
	Béthune	0,8	7,0	6,7	6,5		9,9

Tableau 9 : Débits (m3/s) estimés à Robecq par comparaison de bassins versants

A priori, même si ces estimations ne sont pas entièrement satisfaisantes et reproductibles, l'ordre de grandeur des débits estimés est cohérent, ce qui pourrait indiquer qu'il s'agirait moins d'un dysfonctionnement de la station que d'une particularité du bassin versant de la Clarence partagé par celui de la Lawe (plus proche en termes de distance et d'occupation des sols que celui de la Lys).

Par exemple, il est possible que l'infiltration sur le bassin versant soit élevée en comparaison de celle de la Lys.

4.6 Gradex et gradex progressif

En théorie, l'ajustement de Gumbel réalisé ne permet pas de déterminer les temps de retour plus élevés que 10 ans ou 20 ans car le nombre de données utilisées est de seulement 20. Pour déterminer les débits de temps de retour supérieur, un ajustement de Gumbel sur les pluies journalières maximales annuelles est nécessaire.

La méthode du gradex est utilisée : elle revient à faire l'hypothèse qu'à partir d'un certain temps de retour, la pluie ne s'infiltré plus dans le sol et toute la lame d'eau précipitée participe à l'hydrogramme. Cela correspond à considérer qu'à partir de ce temps de retour, la pente de l'ajustement de Gumbel pour les débits est la pente de l'ajustement des pluies.

Afin d'affiner le résultat obtenu, la méthode du gradex progressif est aussi appliquée. Celle-ci tempère la surestimation des débits rares. Les débits au temps de retour $T > T_{pivot}$ sont donnés par :

$$Q_T = Q_{pivot} + g_p * \ln\left(1 + \frac{g_q}{g_p} * \frac{T - T_{pivot}}{T_{pivot}}\right)$$

avec T_{pivot} le temps de retour à partir duquel on estime l'ajustement sur les débits non valable,

g_p le gradex des pluies en m^3/s ,

g_q le gradex des débits.

Ces méthodes sont appliquées sur les débits moyens journaliers afin de travailler au même pas de temps que celui des pluies.

Pour repasser au débit de pointe, le ratio débit de pointe/débit journalier a été calculé et moyenné sur des événements réels.

	Débit de pointe (m^3/s)	Débit journalier (m^3/s)	Qp/Qj
07/08/2008	5,79	2,59	2,24
20/05/1999	5,85	2,9	2,02
10/06/2009	5,92	4,34	1,36
25/10/1998	6,01	4,83	1,24
07/07/2001	6,67	3,77	1,77
20/07/2014	6,82	5,07	1,35
04/06/2000	7,23	5,59	1,29
24/07/2007	8,19	7,02	1,17
04/07/2005	8,23	6,74	1,22
27/08/2002	8,5	6,77	1,26
Moyenne			1,49

Tableau 10 : Détermination du ratio débit de pointe-débit journalier d'été

	Débit de pointe (m^3/s)	Débit journalier (m^3/s)	Qp/Qj
01/03/2007	6,82	5,24	1,30
28/01/2014	7,06	5,8	1,22
07/12/2007	7,09	5,5	1,29
23/01/2009	7,24	5,01	1,45
21/03/2001	7,9	5,98	1,32
30/01/1995	7,95	7,61	1,04
04/11/1998	7,96	7,2	1,11
26/02/2002	8,33	7,01	1,19
25/12/1993	8,4	7,5	1,12
27/12/1999	8,47	8,35	1,01
Moyenne			1,20

Tableau 11 : Détermination du ratio débit de pointe-débit journalier d'hiver

La moyenne de ce ratio sur l'année est 1,35.

Le temps de retour « pivot » est, dans un premier temps, choisi à 10 ans. Les méthodes sont appliquées avec les précipitations à Lillers, compte tenu du peu de différence des ajustements des pluies entre les deux stations, et avec le gradex le plus important.

	Q100 moyen journalier (m ³ /s)		Q100 pointe (m ³ /s)	
	méthode du gradex	gradex progressif	méthode du gradex	gradex progressif
année hydrologique	78	24	105	32
été	75	22	112	33
hiver	50	22	60	27

Tableau 12 : Débit centennal calculé par les méthodes du gradex et du gradex progressif – Pivot =10 ans

On remarque que les débits estimés par la méthode du gradex simple et celle du gradex progressif vont du simple au triple.

Il est possible qu'en réalité, la saturation du sol soit obtenue pour un débit nettement plus fort que Q₁₀. La sensibilité des résultats au choix du pivot avec un pivot égal à 50 ans est testée (bien que la chronique de débit soit de 20).

	Q100 moyen journalier (m ³ /s)		Q100 pointe (m ³ /s)	
	méthode du gradex	gradex progressif	méthode du gradex	gradex progressif
année hydrologique	31	13	42	18
été	29	10	43	15
hiver	23	13	28	16

Tableau 13 : Débit centennal calculé par les méthodes du gradex et du gradex progressif – Pivot = 50 ans

Quand on prend un « pivot » de 50 ans, les débits sont davantage du même ordre de grandeur.

5 LES NOEUDS HYDRAULIQUES

En plusieurs endroits du territoire étudié les cours d'eau interagissent soit de façon artificielle soit de façon naturelle. Ces « nœuds hydrauliques » sont décrits ci-dessous.

5.1 Nœud de Bellerive

La commune de Gonnehem est en elle-même un véritable nœud hydraulique.

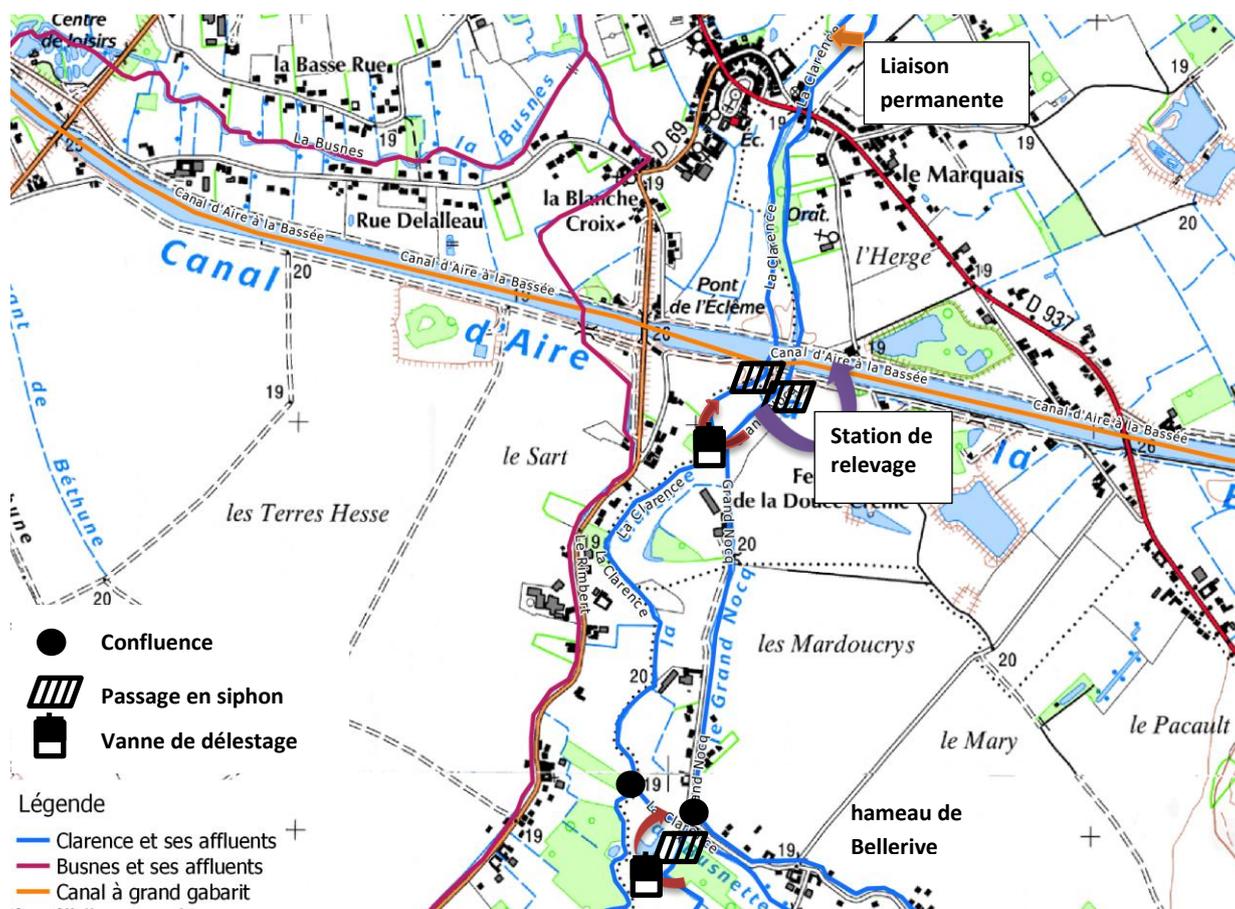


Figure 37 : Fonctionnement du noeud hydraulique de Bellerive

Il s'agit d'une plaine avec très peu de pente qui subit des crues à la dynamique lente. De nombreux cours d'eau la traversent. La commune connaît des inondations soit par défaillance des digues de la Clarence, qui y est complètement perchée, soit par débordements des courants affluents : Grand Nocq, courant de Courery, courant de Bellerive... Une liaison par vanne a été réalisée en 2003 entre le Grand Nocq et la Clarence afin de pouvoir délester le Grand Nocq de ses eaux en cas de crue et d'accélérer la décrue. Le Grand Nocq passe en siphon sous la Clarence juste en aval de cette vanne. En aval de ce siphon, la Nave se jette dans la Clarence.

Un second ouvrage de décharge est situé en amont du canal d'Aire. La liaison entre le Grand Nocq et la Clarence se fait par un fossé, suivi d'une canalisation (à contre-pente) clôturée par une vanne. Cette vanne semble en mauvais état et constamment fermée aujourd'hui.

Au niveau du siphon du Grand Nocq sous le canal d'Aire une station de pompage (deux pompes de 0,5 m³/s chacune) permet de relever les eaux de la rivière dans le canal afin de soulager en cas de crue le hameau de Bellerive à Gonnehem.

Les siphons sous le canal sont situés, pour la Clarence et le Grand Nocq, en zone habitée. Ils connaissent des problématiques d'envasement et d'embâcles dans les grilles, leur entretien est donc primordial.

5.2 Nœud de Lillers

A Lillers, la Busnes et la Nave interagissent fortement. La Nave est en partie endiguée depuis Manqueville et ne reçoit aucun apport naturel lors de sa traversée de Lillers excepté de ses affluents.

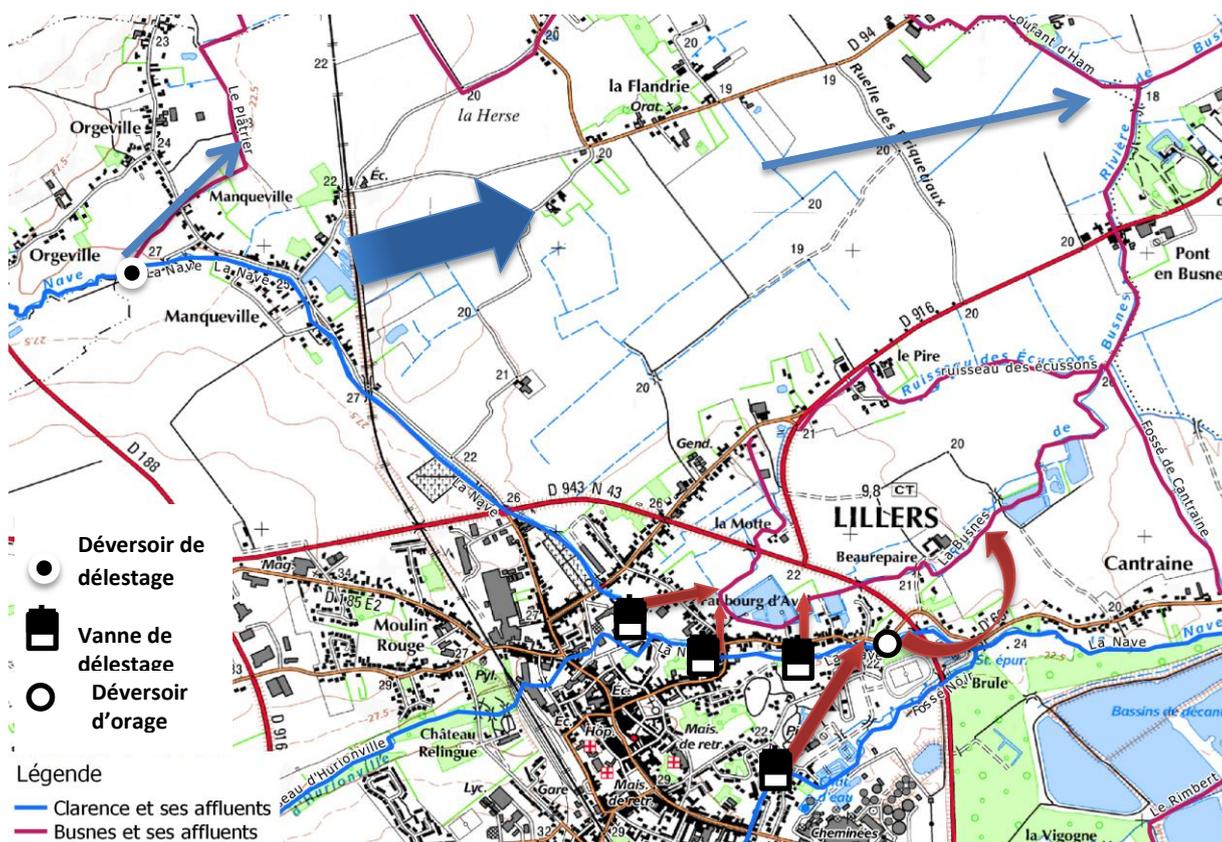


Figure 38 : Fonctionnement du nœud hydraulique de Lillers

En amont de Lillers, la Nave est susceptible de déborder ou les digues de céder comme ce fut le cas en 1999. Un déversoir y a été aménagé qui donne sur le courant du Plâtrier qui est relié à la Busnes. En cas de débordements non contrôlés, les champs en rive gauche permettent d'amortir les crues. Ces eaux atteignent et grossissent la Busnes située en contrebas, provoquant un transfert de masse d'eau d'un bassin versant à un autre.

Afin de soulager la Nave dans Lillers, des vannes de délestage vers la Busnes, via le réseau d'eau pluvial, ont été installées : lorsque le niveau de la Nave atteint celui des vannes, celles-ci sont ouvertes. Néanmoins, aujourd'hui, ces vannes sont très peu manipulées car lorsqu'elles sont ouvertes le réseau d'eau pluvial passe en charge et inonde les rues. Une dernière vanne située sur le Fossé Noir, permet de soulager celui-ci et de délester ses eaux vers la Busnes via un déversoir d'orage.

La gestion de ces vannes reste empirique mais s'est a priori révélée efficace depuis leur mise en place.

Des levés de ces ouvrages (vannes et déversoir du Plâtrier) ont été réalisés par la CAL.

6 OUVRAGES

Les ouvrages remarquables ou semblant poser problème d'un point de vue hydraulique sont recensés ci-dessous. Il ne s'agit en aucun cas d'une liste exhaustive des ouvrages limitants mais plutôt une indication sur les points sensibles qui ressortent de l'enquête de terrain et qui sont à prendre en compte dans la suite de l'étude.

6.1 Principaux ouvrages remarquables ou limitants

6.1.1 Busages ou ponts cadres sur la Nave et la Clarence amont

Sur les tronçons amont de la Clarence et la Nave, respectivement à Bours sur la Clarence et de Nédonchel à Ames sur la Nave, les cours d'eau longent les maisons et passent par de nombreux ouvrages de franchissement de faible capacité : buses, ponts voûte ou dalots. Ils changent également fréquemment de côté de la route et s'écoulent par des ouvrages souterrains limitants.



Figure 39 : Franchissement de la Nave à Nédonchel



Figure 40 : Franchissement de la Nave à Amettes



Figure 41 : Franchissement de la Clarence amont à Bours

6.1.2 Moulin de la Ferté à Pernes

Les vannes qui constituent ce moulin et le pont situé juste en aval ont posé problème par le passé : manipulation ou obstruction des vannes, obstruction du pont en 1999, ce qui a déjà noyé la commune de Pernes en amont. Les vannes sont maintenues ouvertes depuis 2001 d'après la commune.



Figure 42 : Vannes du moulin de la Ferté à Pernes sur la Clarence

6.1.3 Ouvrage de franchissement à Calonne-Ricouart sous la place

Un ouvrage souterrain à Calonne-Ricouart permet à la Clarence de franchir la place René Lannoy. Le tracé de la Clarence comprend des angles droits à l'entrée et à la sortie de cet ouvrage, qui a déjà été endommagé en décembre 1999.

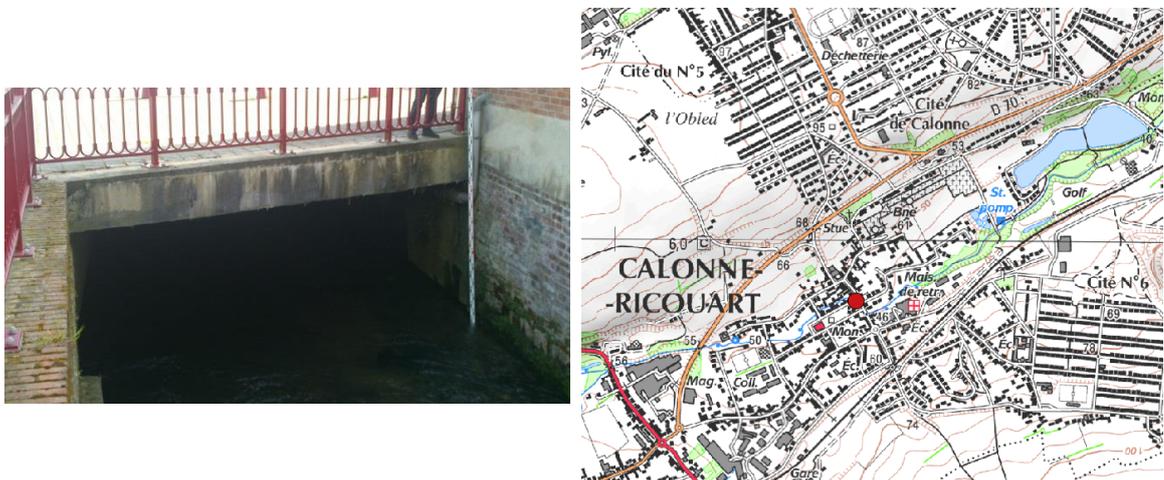


Figure 43 : Amont de l'ouvrage de franchissement de la Clarence sous la place René Lannoy à Calonne-Ricouart

6.1.4 Pont de la rue du Marais à Marles-les-Mines

Le pont de la rue du Marais a posé problème en 1999 car il est entré en charge. La Clarence y a débordé en rive gauche.

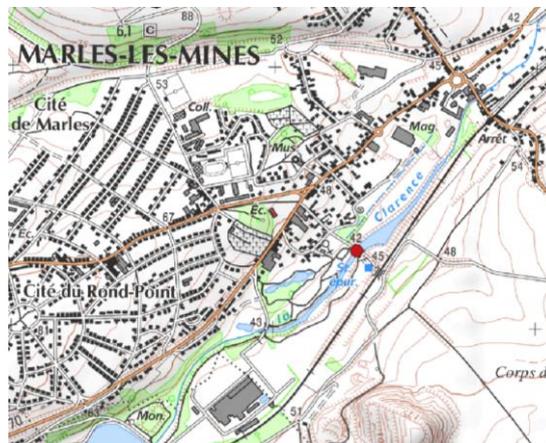


Figure 44 : Pont de la rue du Marais à Marles-les-Mines sur la Clarence

6.1.5 Traversée d'Allouagne par le Grand Nocq

Cette traversée du centre-ville d'Allouagne est souvent busée et ce avec des ouvrages limitants. Le Grand Nocq est intriqué dans le réseau d'eau pluvial de la ville qui semble lui-même poser des problèmes de sous-dimensionnement.



Figure 45 : Franchissement du Grand Nocq à Allouagne

6.1.6 Ouvrages à Lapugnoy

A Lapugnoy la Clarence passe en centre-ville : un ancien moulin ainsi que des ouvrages souterrains parsèment son parcours, notamment lorsqu'elle traverse la place rue Jean Jaurès.

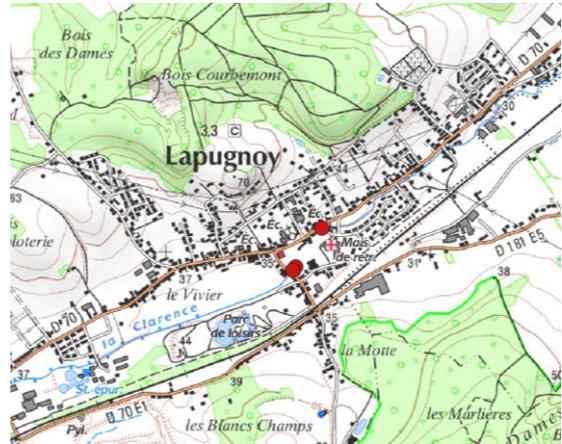


Figure 46 : Ouvrages à Lapugnoy sur la Clarence

6.1.7 Buses sous l'autoroute

Les buses de la Calonnette et du Grand Nocq sous l'A26 ont été mentionnées comme de capacité insuffisante lors des visites en communes.

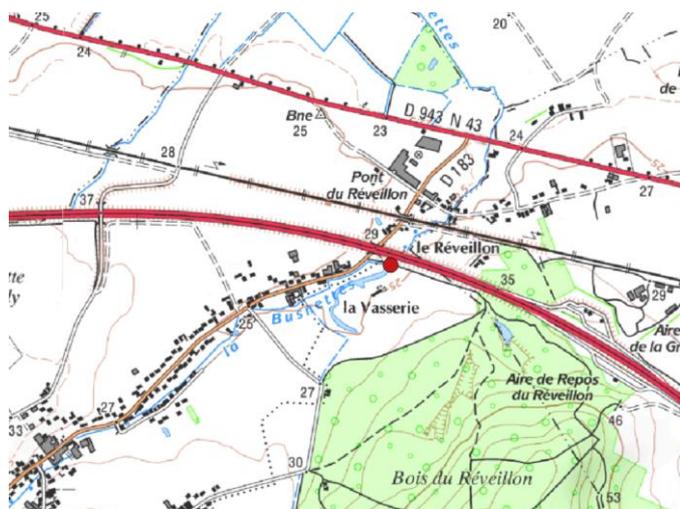


Figure 47 : Buse du Grand Nocq sous l'A26

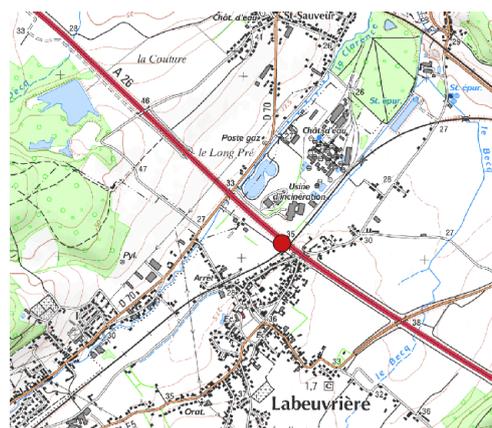


Figure 48 : Buses de la Calonnette sous l'A26

6.1.8 Pont de l'Abbaye à Chocques

Ce pont constitue un point bas dans la digue. La Clarence a déjà débordé en rive gauche au niveau de ce pont, inondant Gonnehem en contrebas.



Figure 49 : Pont de l'abbaye à Chocques (vue de l'amont vers l'aval, Gonnehem en rive gauche)

6.1.9 Siphon et vanne de Bellerive

Ces ouvrages sont décrits plus précisément dans le paragraphe 5.1 concernant le nœud de Bellerive et dans le livrable 1.

Le siphon permet au Grand Nocq de passer sous la Clarence au niveau du hameau de Bellerive à Gonnehem et en amont du canal d'Aire. Juste en amont de ce siphon, une vanne permet de délester le Grand Nocq dans la Clarence.





Figure 50 : Siphon du Grand Nocq sous la Clarence (en haut), vanne reliant le Grand Nocq et la Clarence (en bas à gauche)

6.1.10 Siphons sous le canal d'Aire

Il s'agit des siphons du Grand Nocq et de la Clarence. Les tubes, au nombre de 4 pour chacun des cours d'eau, sont protégés par des grilles susceptibles de s'obstruer à cause d'une trop grande quantité d'embâcles. Le diamètre des siphons de la Clarence est de 2 m, celui des siphons du Grand Nocq de 1,80 m.

Au droit des siphons du Grand Nocq à l'amont du canal est située une station de pompage qui relève les eaux du Grand Nocq vers le canal d'Aire (cf. paragraphe 5.1).



Figure 51 : siphon du Grand Nocq



Figure 52 : siphon de la Clarence

6.1.11 Passages busés sur le Rimbert dans les villes d'Auchel et Burbure

Les villes d'Auchel et Burbure connaissent ou ont connu des problématiques d'inondations dues au tracé souterrain du Rimbert.

A Burbure le problème a, semble-t-il, été résolu grâce à l'aménagement de zones d'expansion des crues et une rénovation du réseau d'eaux pluviales.



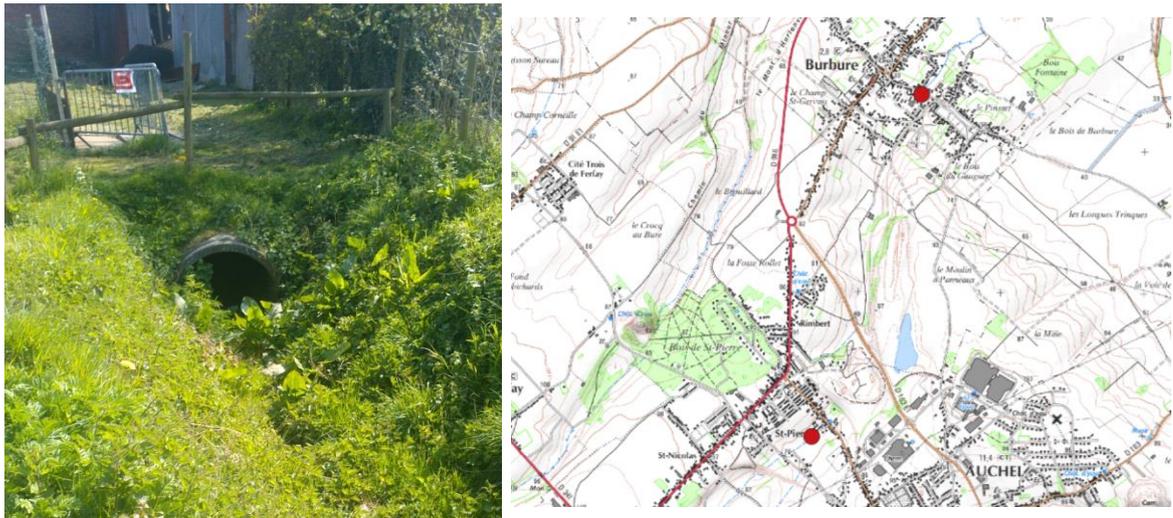


Figure 53 : Buse sur le Rimbart à Auchel dans la rue du Val Fleuri (en haut), buse sur le Rimbart à Burbure (en bas à gauche)

6.1.12 Ouvrages de délestage sur la Nave à Lillers

Ces ouvrages sont détaillés dans le paragraphe 5.2 Nœud de Lillers.

6.2 Digues

Des ruptures de digues sont déjà survenues dans le passé. Il s'agit de :

- une rupture sur la Nave survenue en décembre 1999 en amont de Lillers,
- une rupture sur la Clarence survenue en août 2002 à Chocques.

La rupture sur la Nave avait provoqué des inondations dans le hameau de Manqueville et avait fait dériver une partie du débit de la Nave vers le bassin versant de la Busnes.

La rupture à Chocques sur la Clarence avait contribué à inonder en contrebas une partie du village de Gonnehem et à alimenter le Grand Nocq.

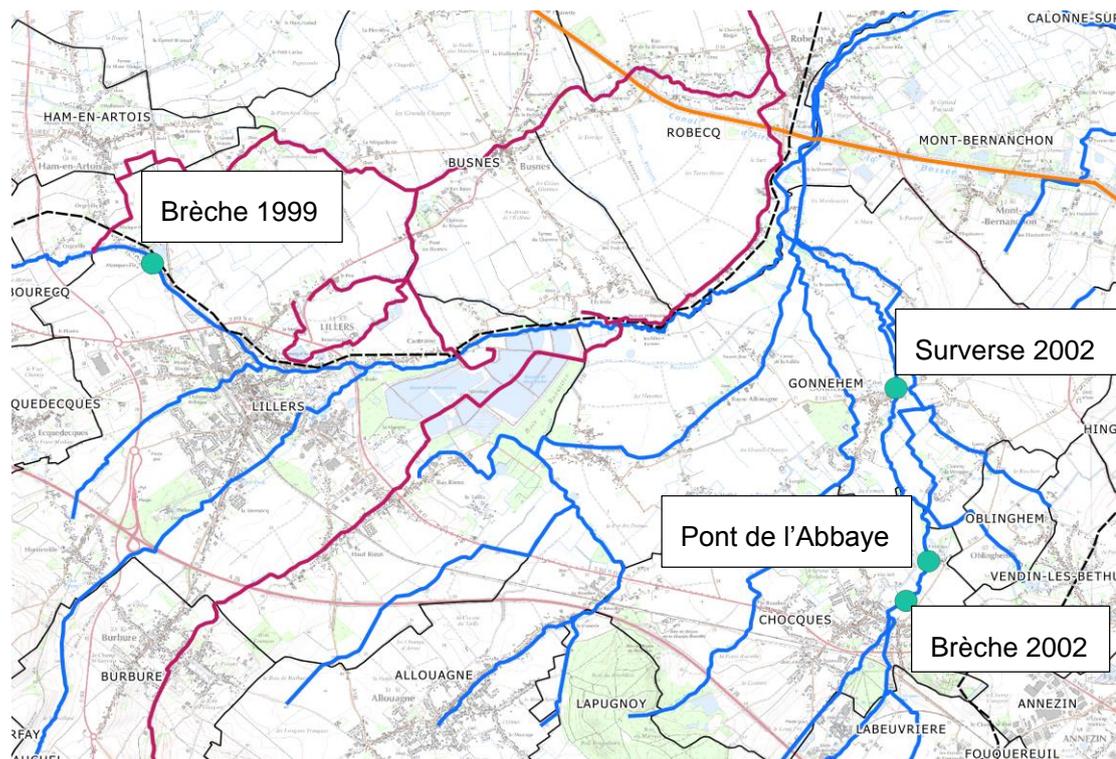


Figure 54 : Ruptures de digues avérées

Le tronçon de digue de Chocques à l'abbaye a été parcouru lors de la visite de terrain. Des points plus fragiles ont été repérés, comme par exemple cet arbre poussant dans un coude qui pourrait arracher la digue ou obstrué l'écoulement en cas de crue ou bien ce coude dont la courbure extérieure est creusée par le cours d'eau.

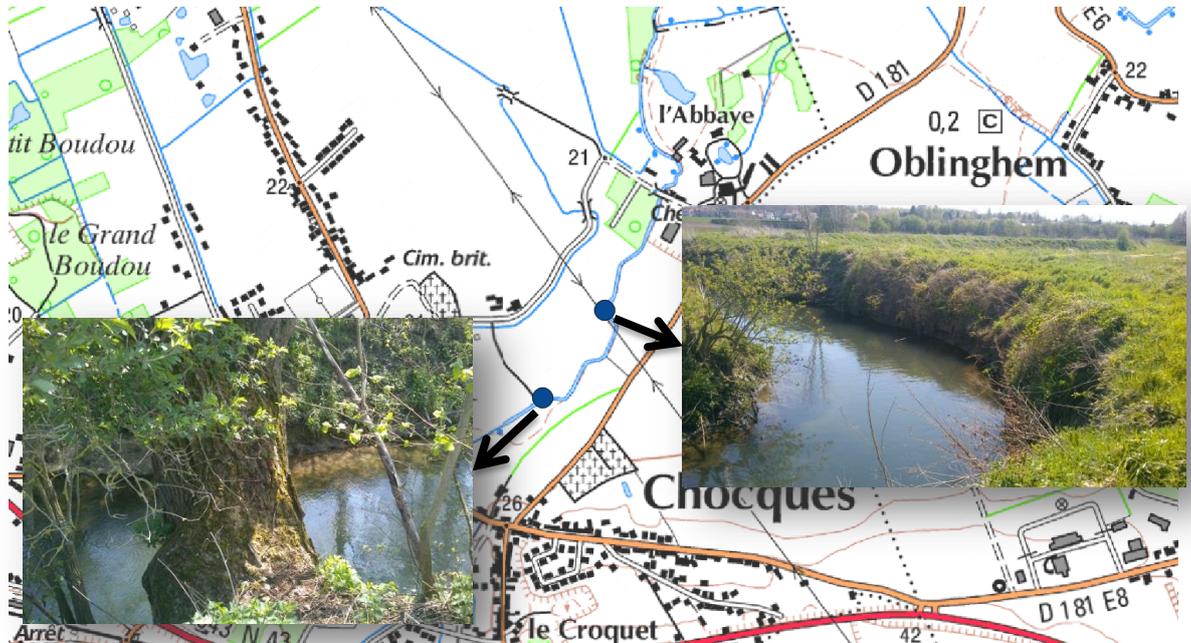


Figure 55 : Localisation de points a priori plus fragiles dans les digues de la Clarence

7 OCCUPATION DU SOL

La carte d'occupation des sols est tirée de la base de données Corine Land Cover.

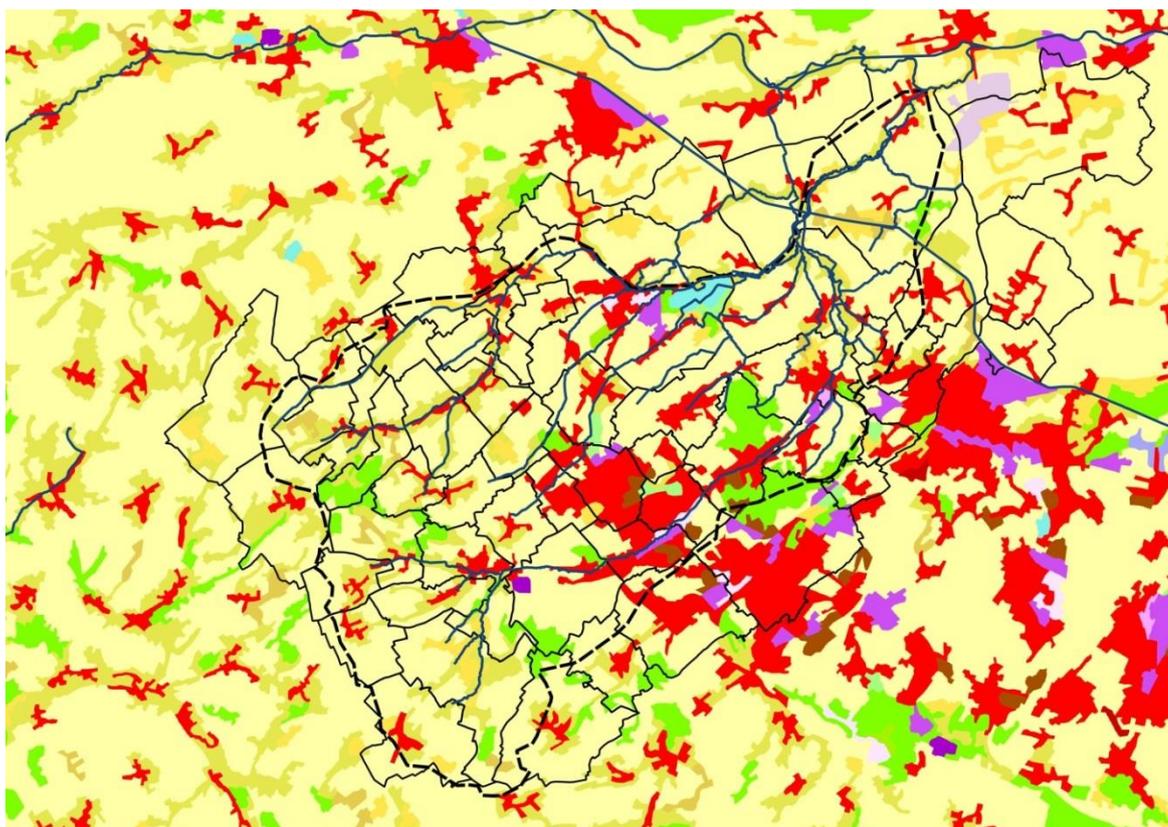


Figure 56 : Carte d'occupation du sol

Libellé	Couleur	Part de la surface totale
Tissu urbain discontinu	Red	16%
Zones industrielles et commerciales	Purple	
Extraction de matériaux	Dark Purple	
Décharges	Brown	
Espaces verts urbains	Pink	
Equipements sportifs et de loisirs	Light Pink	
Terres arables hors périmètres d'irrigation	Yellow	77%
Prairies	Olive Green	
Systèmes culturaux et parcellaires complexes	Yellow-Green	

Libellé	Couleur	Part de la surface totale
Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants		
Forêts de feuillus		7%
Landes et broussailles		
Forêt et végétation arbustive en mutation		
Plans d'eau		

Tableau 14 : Libellés des zones d'occupation du sol

Les terrains agricoles et prairies représentent 77% de la surface du bassin versant et les zones urbanisées ou artificialisées 16%, la majeure partie étant située dans les anciennes villes minières le long de la Clarence : Marles-les-Mines, Calonne-Ricouart, Auchel, Cauchy-à-la-Tour. Cette part importante des terrains agricoles et le peu de forêts contribuent aux problématiques de ruissellement qui touchent le bassin versant car les sols cultivés ne sont pas en mesure de ralentir ou de faire obstacle aux écoulements.

8 DONNEES TOPOGRAPHIQUES

8.1 LIDAR

Le LIDAR semble être représentatif des variations de hauteurs qui existent au niveau des digues.

A titre d'exemple, des profils en travers levés sur les digues de la Clarence en 2005 ont été comparés aux profils obtenus grâce au LIDAR.

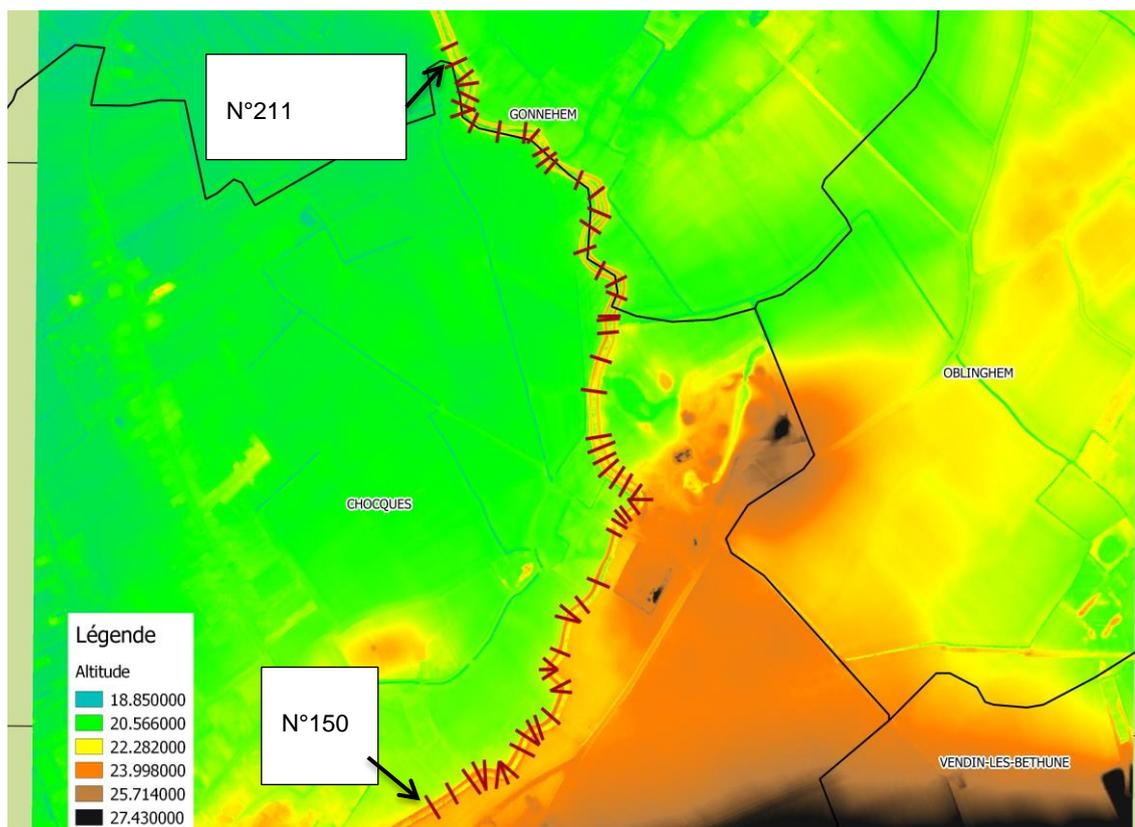


Figure 57 : Localisation des profils de digues à Chocques sur fond de MNT issu du LIDAR

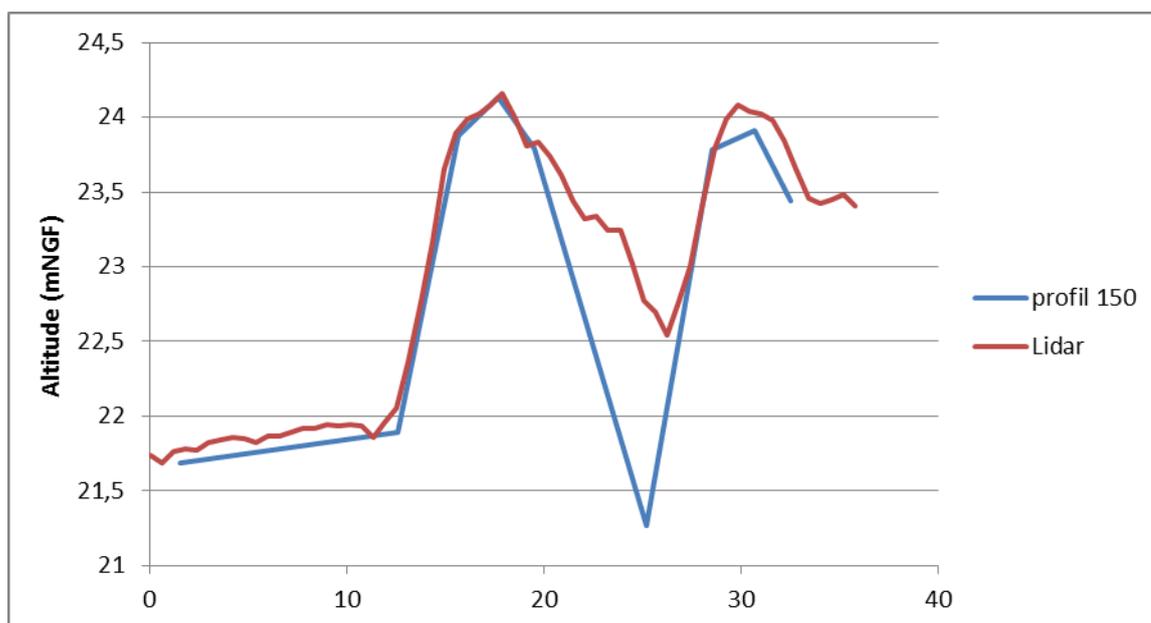


Figure 58 : Comparaison de profils donné par le LIDAR et levé par un géomètre (Profil n°150)

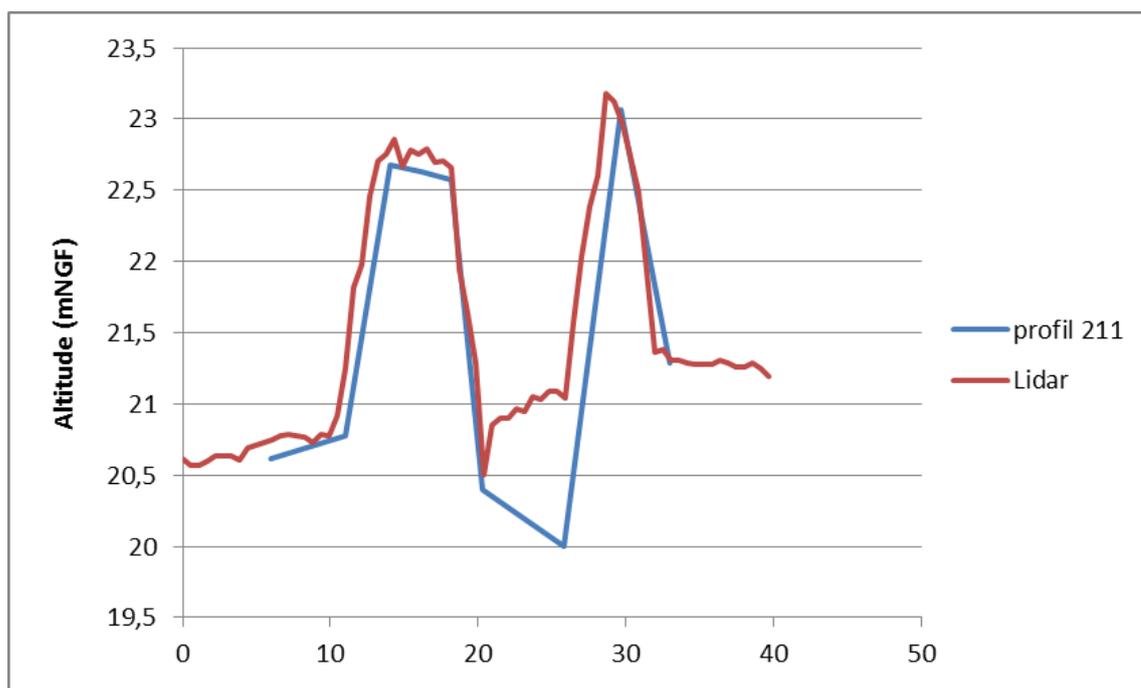


Figure 59 : Comparaison des profils donné par le LIDAR et levé par un géomètre (Profil n°211)

Les digues sont bien représentées, avec une précision d'environ 10 cm. Cependant, le lit mineur est mal représenté.

Des profils bathymétriques seront donc réalisés sur les principaux cours d'eau afin de représenter au mieux le lit mineur. (cf. CCTP)

Des zones plus boisées ont été comparées avec des profils en travers effectués par la DREAL en 2013 aux environs de la station hydrométrique de Marles-les-Mines.

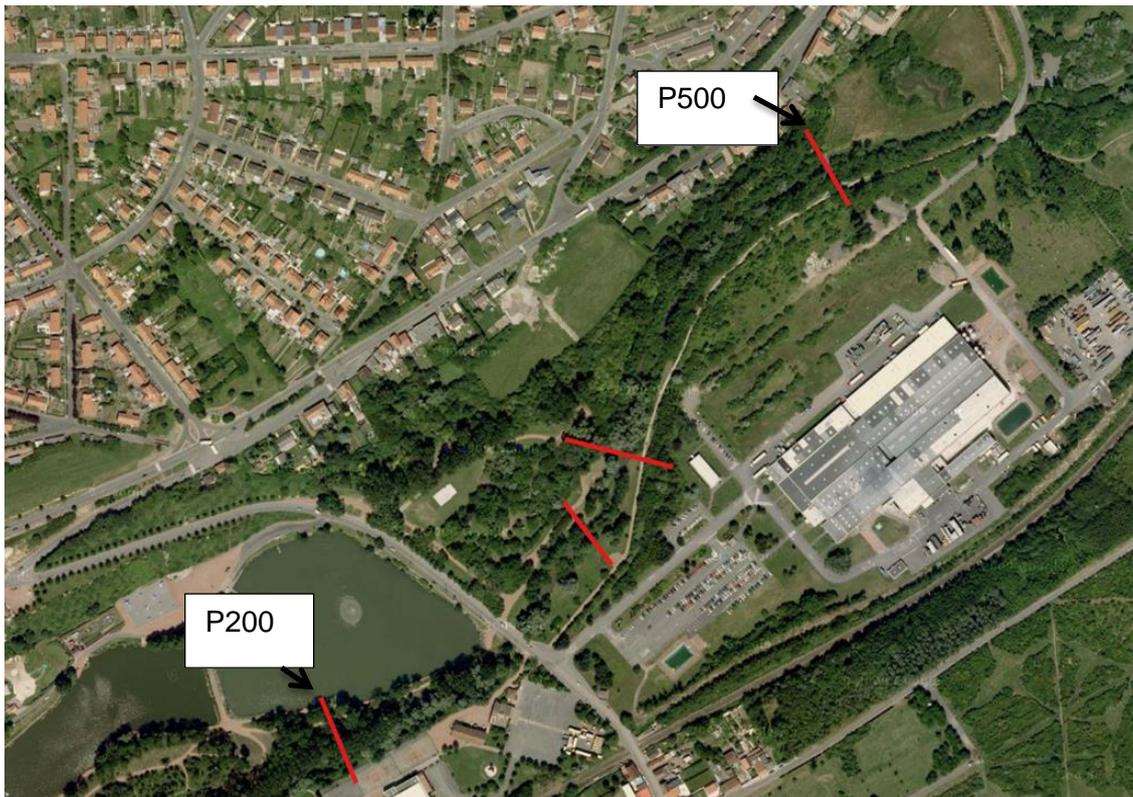


Figure 60 : Localisation des profils de la DREAL comparés à Calonne-Ricouart et Marles-les-Mines

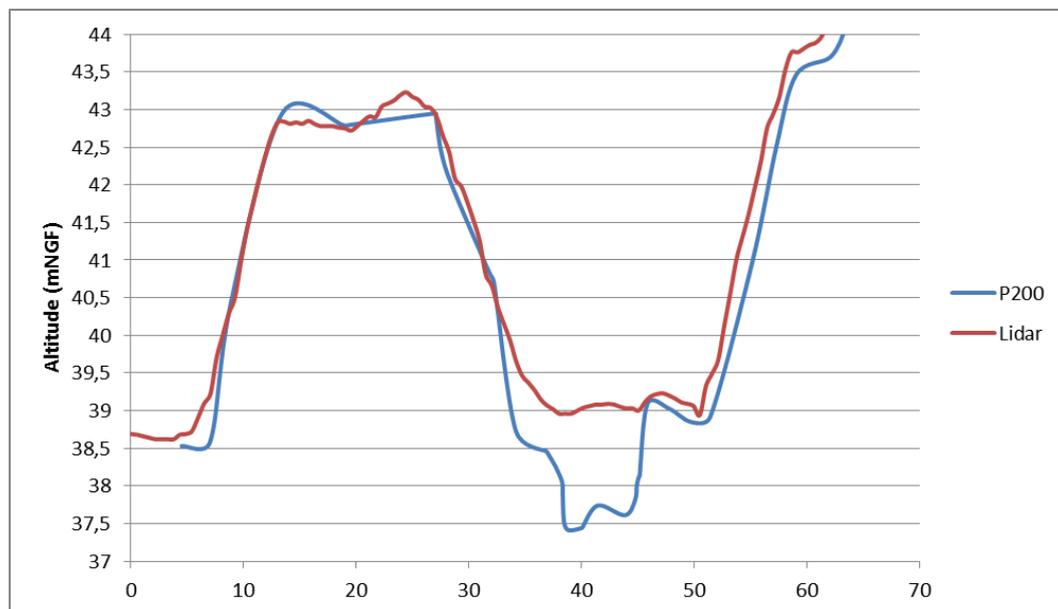


Figure 61 : Comparaison des profils donnés par le LIDAR et par un géomètre (Profil n°200)

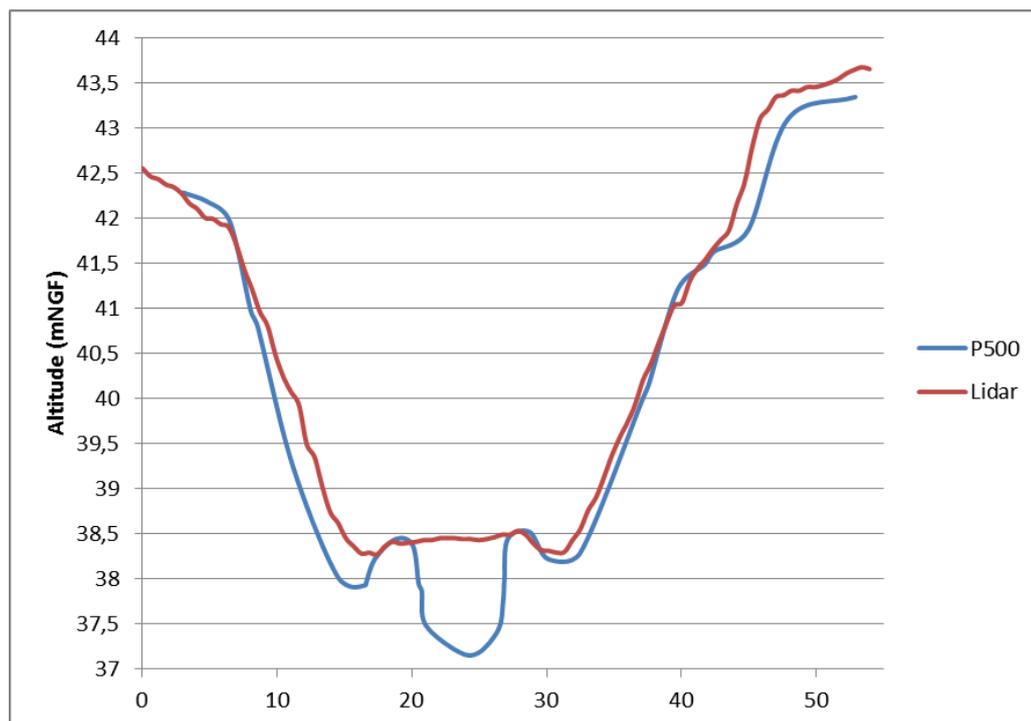


Figure 62 : Comparaison des profils donnés par le LIDAR et par un géomètre (Profil n°500)

Ici encore les berges semblent décrites de façon convenable par le LIDAR, avec une erreur d'environ 10 à 20 cm.

8.2 Profils

Peu de données sont finalement disponibles au regard du linéaire de cours d'eau à couvrir.

Des profils DREAL à l'approche des stations de Marles-les-Mines, Gonnehem et Robecq sont disponibles.

L'étude d'inondabilité d'Egis de 2013 a également fourni des profils de la Nave à partir de Lillers, du Grand Nocq à partir de l'autoroute, de la Clarence à partir de Chocques et des courants de Courery et de Bellerive. Cependant ces profils ont été « réalisés par [Egis] sur le terrain (en données relatives) puis retravaillés à l'aide des données LIDAR ». Ils ont été extraits directement du modèle Infoworks et il est envisageable que certains aient été interpolés.

Des profils du Grand Nocq depuis sa source à Allouagne jusqu'à la N43 ont été réalisés en 2011 pour un projet de requalification du cours d'eau. Les passages busés et les passages à ciel ouvert sont repérés. 40 profils sont disponibles dont les levés en entrée et en sortie de passage busé ainsi que les plans de travaux des aménagements prévus. Néanmoins, ces plans sont en format .pdf. Il est également possible que certains aménagements aient été réalisés depuis lors et pas d'autres.

Enfin, des profils de la Calonnette issus de l'étude ISL de 2003 sont disponibles au format ASCII et en .dwg.

9 CONCLUSIONS

9.1 Fonctionnement global du bassin versant

Les différentes interactions entre cours d'eau, les passages en siphon et les portions endiguées sont recensés sur le schéma suivant.

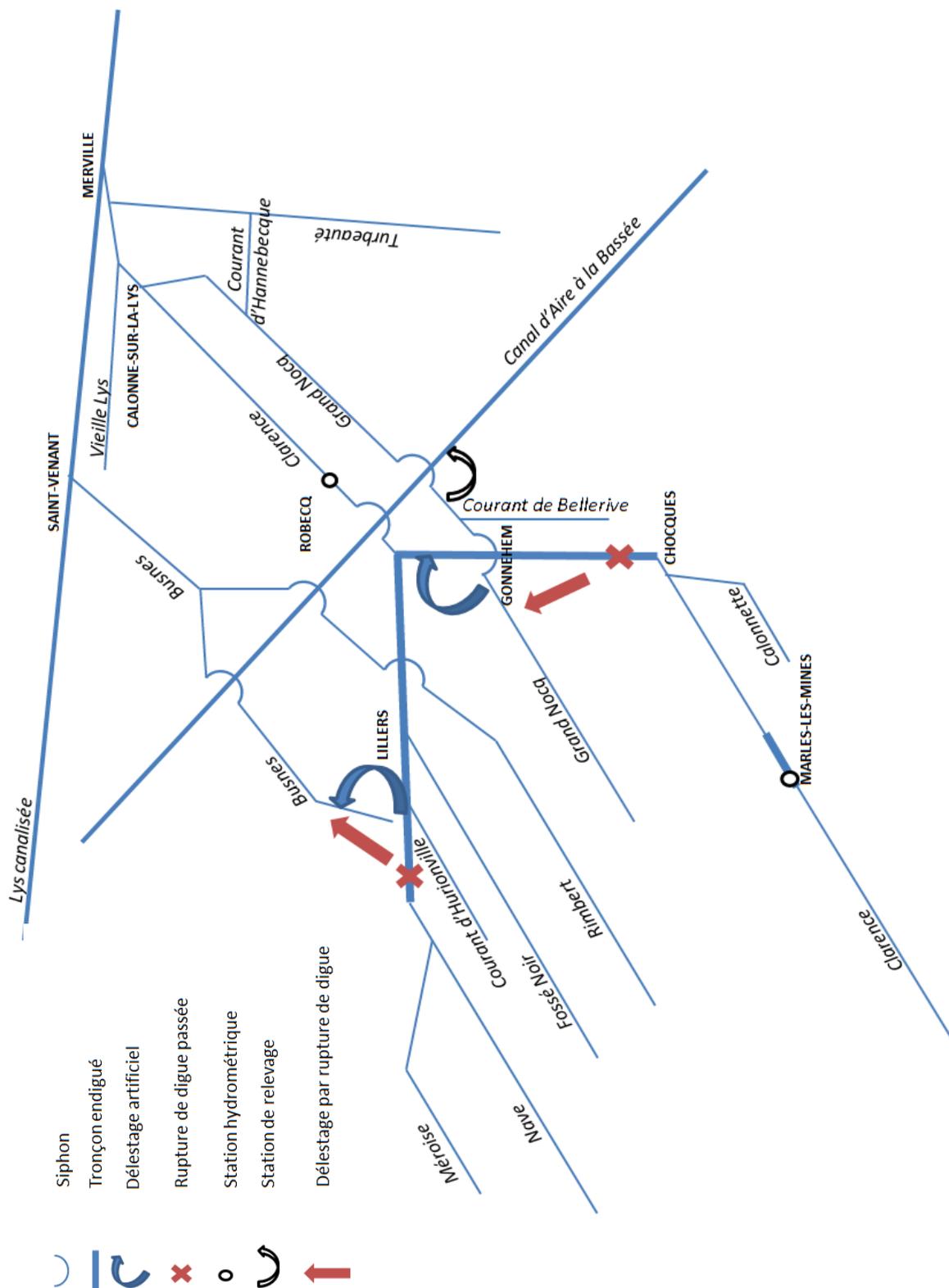


Figure 63 : Schéma du fonctionnement hydraulique du bassin versant de la Clarence

9.2 Hydrologie

Les premières analyses sur les données de la station de Robecq confirment le fait que la station est estimée peu fiable par la DREAL.

Des hypothèses peuvent être néanmoins formulées pour expliquer le comportement à la station :

- forte infiltration,
- délestages vers le Grand Nocq et/ou la Busnes,
- écrêtement à l'amont du pont où est située la station.

L'approche par modélisation hydrologique à réaliser dans la caractérisation de l'aléa dans la phase suivante pourra permettre de confirmer ou écarter tout ou partie de ces hypothèses.

Les stations pluviométriques fournissant les plus grandes chroniques sur ou à proximité immédiate du bassin versant sont au nombre de deux, Lillers en plaine et Fiefs en tête de bassin versant, mais l'analyse statistique ne met pas en évidence une grande différence entre les deux. La pluie sur le bassin versant peut donc être considérée comme homogène pour les événements d'hiver. S'agissant des orages, statistiquement, leur intensité est la même quel que soit le point du bassin versant, seule leur localisation diffère.

9.3 Topographie et ouvrages

Le LIDAR est suffisant pour représenter le lit majeur ainsi que les variations rapides de hauteur comme les digues par exemple. Il ne permet cependant pas de reconstituer le lit mineur.

Au vu du peu de données bathymétriques disponibles, et souvent de leur ancienneté, un CCTP a été élaboré afin de réaliser les levés bathymétriques sur les principaux cours d'eau. Les ouvrages de franchissement, très nombreux et souvent impliqués dans les problématiques d'inondation, ont été intégrés à ce CCTP afin d'avoir leur section passante.

Les plans des principaux ouvrages structurants du bassin versant comme les siphons sous le canal d'Aire sont déjà disponibles.

Les bassins de rétention et zones d'expansion des crues, parfois aménagés après 2009, année de réalisation du LIDAR, sont également recensés et, au minimum, leur volume de stockage est connu.

9.4 Crues de Calage du modèle

Plusieurs critères rentrent en compte dans le choix des crues de calage :

- les conditions météorologiques et hydrogéologiques doivent être connues au mieux ;
- le déroulement de la crue doit être suffisamment documenté pour reconstituer les événements (manœuvres, rupture de digue) ;
- les zones inondées doivent être connues ;
- le maximum de données concernant les hauteurs d'eau atteintes est souhaitable ;
- la crue doit avoir été impactante en termes de dégâts et de zones touchées.

Quelques éléments de réponse peuvent aider à la décision :

- Les événements les plus dommageables sont ceux de décembre 1994 - février 1995, décembre 1999, août 2002 et juillet 2005.
- Les données de hauteur sur la Lys, soit les conditions aval, sont disponibles depuis 1999, avec des interruptions lors des épisodes de 2000, 2002 et 2007.
- Les pluies horaires sont disponibles depuis 2001 à Aire-sur-la-Lys et Ourton, depuis 2002 à Lillers, depuis 2003 à Bruay-la-Buissière.
- Les repères de crue les plus nombreux, ainsi que les zones inondées les mieux cernées correspondent aux épisodes de décembre 1999, août 2002 et juillet 2005 (cf. Figure 64)
- Décembre 1999 reste une crue issue d'un événement météorologique particulier (à l'échelle de la France) couplée à des circonstances aggravantes (manipulation de vanne, obstruction de pont, rupture de digue).
- Les épisodes d'août 2002 et juillet 2005 sont localisés et n'ont pas touché les mêmes lieux : août 2002 était concentré sur la Clarence intermédiaire et le Grand Nocq et juillet 2005 sur la Nave.
- Pour la crue de décembre 1993, quelques niveaux sont disponibles pour la Clarence à Calonne-sur-la-Lys, Robecq et Mont Bernanchon.
- Pour la crue de janvier 1995, les niveaux en amont et aval des siphons du Grand Nocq et de la Clarence ont été mesurés.
- Les épisodes de 2007, mars et décembre 2012 et juillet 2014 sont plus récents mais ont eu des conséquences moindres ou plus localisées. Des données de hauteur sont disponibles sur tout le territoire.
- Depuis 2009 la station de Marles-les-Mines est en fonction.
- Des aménagements type bassins de rétention et zones d'expansion des crues ont été mis en place depuis 2002. La date et le descriptif de la majorité de ces aménagements sont disponibles.
- Des données de hauteur d'eau sur le bassin versant de la Clarence (Clarence, Grand Nocq, Nave, Rimbert) sont disponibles depuis janvier 2007.

Au vu des informations disponibles, il est préférable de caler le modèle en lit mineur sur une crue récente, décembre 2012 par exemple, et de le valider ensuite en lit majeur sur une crue hivernale de type 1999 ainsi que sur les crues orageuses de 2002 et 2005 respectivement sur la Clarence et sur la Nave.

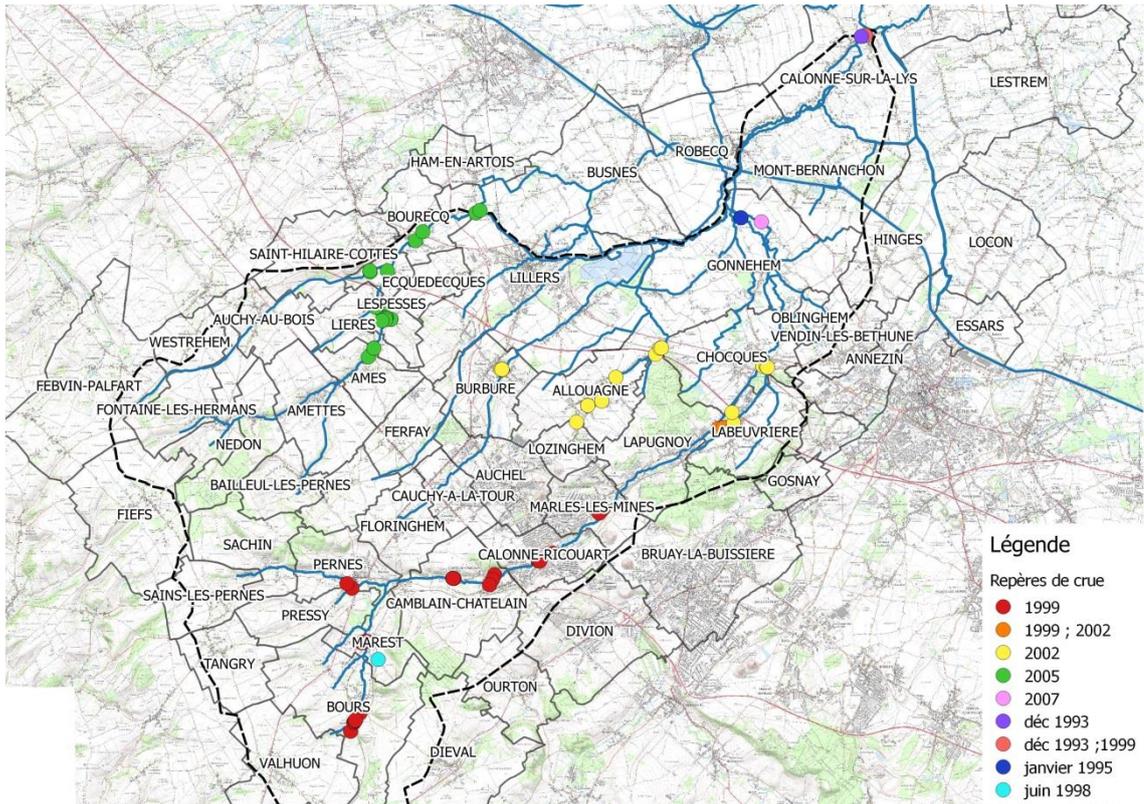


Figure 64 : Repères de crue recensés au cours des enquêtes de terrain

ANNEXE 1 : OUVRAGES CAPTANT LA NAPPE DES SABLES

N° BSS	Commune	Profondeur du niveau d'eau	Côte du niveau d'eau	Date de la mesure	X-lamb93	Y-lamb93
-	-	m	m NGF	JJ/mm/aaaa	m	m
00184X0489	LILLERS	0.6	21.4	29/10/1999	663437	7052148
00135X0082	SAINT-VENANT	0.6	16.4	26/10/1999	667206	7057914
00191X0072	GONNEHEM	1.6	18.4	23/09/1999	669689	7051828
00128X0237	SAINT-VENANT	1.7	16.3		665507	7058820
00135X0190	ROBECQ	1	17	21/09/1999	668663	7055701
00184X0502	LILLERS	0.1	19.9	05/10/1999	663672	7052259
00135X0083	MONT-BERNANCHON	1.2	20.8	28/10/1999	671072	7054002
00135X0095	MONT-BERNANCHON	3	15		670841	7056224
00135X0148	SAINT-VENANT	1	17	20/09/1999	666608	7056902
00136X0058	MONT-BERNANCHON	1.5	17.5	20/07/1990	673477	7054450
00128X0258	SAINT-VENANT	2	16	20/09/1999	664246	7058822
00191X0330	GONNEHEM	1	19	28/10/1999	670312	7051521
00184X0528	LILLERS	1.5	31.5		661501	7051914
00135X0221	SAINT-VENANT	1.1	16.9	29/03/2000	668018	7057942
00128X0071	BUSNES	1.1	16.9	22/09/1999	665559	7056329
00135X0139	SAINT-VENANT	1.7	16.3	20/09/1999	665817	7057015
00184X0397	BOURECQ	1.5	33.5	16/09/1999	659453	7052925

00184X0553	LILLERS	0.3	25.7		664296	7050500
00135X0204	ROBECQ	1.6	16.4	21/09/1999	670151	7056234
00128X0195	BUSNES	1.3	17.7	22/09/1999	665676	7056311
00135X0110	CALONNE-SUR-LA-LYS	1.8	15.2	20/09/1999	671505	7056931
00128X0238	SAINT-VENANT	1.9	16.1	20/09/1999	665142	7058410
00128X0187	BERGUETTE	0.9	18.1	30/05/1983	662111	7057075
00184X0355	ECQUEDECQUES	3.3	26.7	20/09/1999	661112	7051858
00136X0077	CALONNE-SUR-LA-LYS	4.5	11.5	20/09/1999	672983	7058332
00184X0331	ECQUEDECQUES	2.9	32.1	15/09/1999	660771	7051605
00184X0343	ECQUEDECQUES	3.6	39.4	15/09/1999	660588	7051576
00135X0111	CALONNE-SUR-LA-LYS	4.5	13.5	20/09/1999	672072	7056841
00184X0351	ECQUEDECQUES	3.9	36.1	20/09/1999	660793	7051608
00184X0221	LILLERS	-0.1	19.1	21/04/1977	665541	7052845
00135X0084	MONT-BERNANCHON	4.5	13.5		671983	7055365
00135X0086	MONT-BERNANCHON	4.5	13.5		671963	7055305
00135X0088	MONT-BERNANCHON	4.5	13.5		671953	7055285
00135X0102	MONT-BERNANCHON	2.5	16.5		669503	7055146
00195X0189	RUITZ	0.6	46.9	01/10/1976	671735	7042214
00136X0072	MONT-BERNANCHON	0.5	17.5	21/09/1999	673740	7055139
00184X0340	ECQUEDECQUES	4.6	40.4	15/09/1999	660531	7051561
00136X0014	LESTREM	0.7	17.3		674949	7054988
00184X0347	ECQUEDECQUES	4.1	35.9	15/09/1999	660551	7051572

00195X0174	RUITZ	0.3	47.2	01/10/1976	671686	7041862
00135X0162	SAINT-VENANT	2.4	14.6	20/09/1999	669402	7057275
00184X0444	ECQUEDECQUES	6	33		661073	7051822
00184X0333	ECQUEDECQUES	3.8	40.2	15/09/1999	660601	7051760
00195X0186	RUITZ	0.1	47.4	01/10/1976	671739	7041845
00184X0335	ECQUEDECQUES	4.8	42.2		660381	7051703
00191X0300	CHOCQUES	1.2	24.8	18/02/1994	669647	7048317
00191X0302	CHOCQUES	2	25	18/02/1994	669537	7048726
00195X0170	RUITZ	0.1	47.4	01/10/1976	671686	7041871
00195X0184	RUITZ	0.1	47.4	01/10/1976	671775	7041870
00195X0183	RUITZ	0.1	47.4	01/10/1976	671811	7041895
00191X0292	LILLERS	1.2	18.8	16/03/1992	665854	7051971
00191X0303	CHOCQUES	2.8	24.2	18/02/1994	669782	7048691
00191X0298	CHOCQUES	1.5	24.5	18/02/1994	669657	7048790
00191X0294	CHOCQUES	2	24	10/10/1994	669786	7048872
00191X0265	LILLERS	2.9	17.1	31/05/1990	666547	7052265
00191X0264	LILLERS	3.7	16.3	31/05/1990	666355	7052026
00191X0263	LILLERS	4.1	15.9	31/05/1990	666074	7051999
00135X0037	SAINT-VENANT	2.3	14.7	20/10/1992	666453	7058837
00135X0104	MONT-BERNANCHON	2.4	16.6		669631	7054984
00128X0281	ISBERGUES	2.9	15.1	30/09/1992	663203	7058333
00128X0282	ISBERGUES	3	18	30/09/1992	662116	7057701

00135X0029	SAINT-VENANT	1.7	16.3	26/05/1982	667008	7057644
00135X0100	MONT-BERNANCHON	2.5	15.5		669403	7055197
00135X0026	SAINT-VENANT	2.6	15.4	10/06/1982	667008	7057684
00192X0155	ESSARS	2.8	17.2	04/05/1973	675725	7049122
00184X0217	LILLERS	-0.5	19.5	21/04/1977	664961	7052444
00184X0218	LILLERS	0.5	18.5	04/10/1999	665136	7052417
00135X0092	MONT-BERNANCHON	2	17		671419	7054840
00135X0027	SAINT-VENANT	2.1	15.9	26/05/1982	667008	7057709
00192X0250	LOCON	3	16	24/07/1990	675664	7051326
00192X0251	LOCON	2.5	16.5	10/09/1989	676048	7052875
00191X0301	CHOCQUES	2.1	24.9	23/04/1996	669556	7048654
00127X0898	LAMBRES	9.4	33.6	22/03/1994	657701	7057293
00127X0899	LAMBRES	4.1	32.5	24/03/1994	657962	7057755