



Etude réalisée avec le soutien de l'Agence de l'Eau Artois Picardie

EPTB Lys

(SYMSAGEL – Syndicat Mixte pour le schéma d'aménagement et de gestion des eaux de la Lys)

Etude des potentialités de lutte contre les inondations par des aménagements hydrauliques dans la forêt domaniale de Nieppe

Rapport d'étude

VF



Septembre 2012

 egis eau

Informations qualité

Titre du projet	Etude des potentialités de lutte contre les inondations par des aménagements hydrauliques dans la forêt domaniale de Nieppe
Titre du document	Rapport d'étude d'étude
Date	Septembre 2012
Auteur(s)	Arianna FERRARA
N° SCORE	HFG 03165J

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
V0	12/2011	Arianna FERRARA	Frédéric PRIN
VF	11/2012	Arianna FERRARA	Frédéric PRIN

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
David MAELLE	EPTB Lys	09/2012

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :

Sommaire

Chapitre 1 - Introduction & présentation générale de l'étude	11
1 La forêt domaniale de Nieppe : situation géographique.....	11
2 La forêt domaniale de Nieppe : histoire d'une anthropisation hydraulique et sylvicole	15
2.1 A travers les siècles, des marais à la sylviculture post-colbertiste	15
2.2 Les voies navigables des canaux de la Bourre : résumé monographique ..	16
3 Contextes et objectifs de l'étude.....	21
3.1 La prévention des inondations : les études antérieures et projets concomitants	21
3.2 Genèse et objectifs de l'étude.....	22
3.3 Déroulement et organisation de l'étude	24
3.4 Cartes.....	25
Chapitre 2 - Etude pédologique.....	26
1 Objectifs.....	26
1.1 Milieu physique	26
1.1.1 Topographie	26
1.1.2 Occupation du sol.....	27
1.1.3 Géologie	27
1.1.4 Hydrographie (rappels).....	27
2 Etude des sols	29
2.1 Sols de la Forêt domaniale de Nieppe.....	32
2.1.1 Types de sols	32
2.1.2 Conclusions.....	36
2.2 Sols de la zone agricole	37
2.2.1 Types de sols	37
2.2.2 Conclusions.....	40
3 Conductivité et écoulement souterrains.....	43
3.1 Phénomènes et hypothèses	43
3.2 Résultats	47
Chapitre 3 - Analyse bathymétrique et potentiels de stockage.....	48
1 Introduction	48
2 Définition des casiers du périmètre d'étude.....	49
2.1 Fractionnement et drains principaux de la forêt de Nieppe	49
2.2 Fractionnement et drains principaux des alentours de la forêt de Nieppe ..	50
3 Analyse bathymétrique des casiers.....	53
3.1 Bois d'Amont	54
3.2 Bois Moyen	63
3.3 Bois d'Aval	73
3.4 Bois Bramsart.....	77
3.5 Bois Flamingue	78
3.6 Bois d'Hazebrouck	79
3.7 Bois Clebert.....	80
3.8 Bois des Vaches	81

4 Synthèse générale – Casiers potentiellement aménageables.....	82
4.1 Synthèse des potentialités de stockage des casiers	82
4.1.1 Hiérarchisations volumiques sectorielles et par casiers contigus	82
4.1.2 Modes de gestion hydraulique envisageables.....	88
4.2 Inventaires des casiers réellement mobilisables / délestages utiles	92
4.3 Comparaison des orientations envisageables et propositions d'études détaillées	93
4.4 Orientations offrant une alternative crédible	98
Chapitre 4 - Etude hydraulique – Etat non aménagé.....	99
1 Compréhension et description du fonctionnement hydraulique lié à la forêt de Nieppe	99
1.1 Intégration de l'hydrographie de la Forêt de Nieppe dans le bassin versant de la Bourre.....	99
1.2 Hydrographie de la Forêt domaniale de Nieppe	100
1.3 Ouvrages.....	101
1.3.1 L'écluse de Thiennes	102
1.3.2 L'écluse de la Motte au Bois et l'écluse du Grand Dam	105
1.3.3 Le siphon des « trois planches »	107
1.3.4 Ouvrages hydrauliques supplémentaires	108
2 Risque d'inondation	109
3 Structure hydraulique et évolution du modèle.....	112
3.1 Choix du logiciel de modélisation.....	112
3.2 Structure actuelle du modèle	112
3.3 Compléments par rapport au modèle de la Bourre et de ses canaux	115
3.4 Calage.....	116
3.4.1 Principe de calage.....	116
3.4.2 Le calage de la Bourre et de ses canaux	116
3.4.3 Données hydrologiques présidant au calage et calage du Berquigneul	118
3.4.4 Choix des pluies simulées et des conditions hydrologiques associées pour le diagnostic	119
3.4.5 Hypothèse de simulation	120
4 Résultats.....	120
Chapitre 5 - Etude hydraulique – définition, dimensionnement et efficacité des aménagements	121
1 Etude hydraulique de définition, de dimensionnement et d'efficacité des aménagements.....	121
1.1 Propositions d'aménagements.....	121
1.1.1 Scénario 1 : principes de fonctionnement.....	121
1.1.2 Scénario 2 : principes de fonctionnement.....	122
1.1.3 Scénario 3 : principes de fonctionnement.....	123
1.1.4 Scénario 4 : principes de fonctionnement.....	124
1.2 Points hydrauliquement sensibles avec forts enjeux humains	125
1.3 Evènements simulés et présentation des résultats	126
1.4 Etude hydraulique fonctionnelle des scénarios	127
1.4.1 Etude hydraulique fonctionnelle du scénario 1	127
1.4.2 Etude hydraulique fonctionnelle du scénario 2	130
1.4.3 Etude hydraulique fonctionnelle du scénario 3	133
1.4.4 Etude hydraulique fonctionnelle du scénario 4	136

2 Efficacité hydraulique des aménagements au droit des secteurs d'enjeux.....	139
2.1 Efficacité su scénario 1: comparaison situation actuelle/situation aménagée – T=20 ans et T=100 ans.....	139
2.1.1 Comparaison des hydrogrammes aux principaux nœuds du réseau	139
2.1.2 Comparaison des limnigrammes (ligne d'eau) dans les zones d'enjeux	142
2.2 Efficacité su scénario 2: comparaison situation actuelle/situation aménagée – T=20 ans et T=100 ans.....	144
2.2.1 Comparaison des hydrogrammes aux principaux nœuds du réseau	144
2.2.2 Comparaison des limnigrammes (ligne d'eau) dans les zones d'enjeux	146
2.3 Efficacité su scénario 3: comparaison situation actuelle/situation aménagée – T=20 ans et T=100 ans.....	148
2.3.1 Comparaison des hydrogrammes aux principaux nœuds du réseau	148
2.3.2 Comparaison des limnigrammes (ligne d'eau) dans les zones d'enjeux	150
2.4 Efficacité su scénario 4: comparaison situation actuelle/situation aménagée – T=20 ans et T=100 ans.....	152
2.4.1 Comparaison des hydrogrammes aux principaux nœuds du réseau	152
2.4.2 Comparaison des limnigrammes (ligne d'eau) dans les zones d'enjeux	154
2.5 Synthèse et conclusion sur l'efficacité des scénarios.....	156
Synthèse générale - Conclusions.....	158

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la forêt domaniale de Nieppe par rapport au bassin versant de la Bourre et de ses canaux.....	12
Figure 2 : Localisation de la forêt domaniale de Nieppe – communes	13
Figure 3 : Sectorisation de la forêt domaniale de Nieppe	14
Figure 4 : Carte Géologique	28
Figure 5 : Localisation approchée des sondages pédologiques en Forêt Domaniale de Nieppe.....	41
Figure 6 : Localisation des sondages et détermination des critères pédologiques en zone agricole.....	42
Figure 7 : schéma simplifié des profils pédologiques prédominants en forêt de Nieppe.....	44
Figure 8 : schéma simplifié illustrant la loi de Darcy sur les écoulements souterrains.....	45
Figure 9 : Fractionnement de la forêt de Nieppe en casiers sur fond de carte BD Ortho.....	51
Figure 10 : Fractionnement de la forêt de Nieppe en casiers sur fond de carte LIDAR	52
Figure 11 : Volume potentiel de stockage dans les casiers pairs du Bois d'Amont	62
Figure 12 : Volume potentiel de stockage dans les casiers impairs du Bois d'Amont	62
Figure 13 : Volume potentiel de stockage dans les casiers pairs du Bois Moyen.....	72
Figure 14 : Volume potentiel de stockage dans les casiers impairs du Bois Moyen	72
Figure 15 : Synoptique du fonctionnement hydraulique lié à la Forêt domaniale de Nieppe	99
Figure 16 : Les ouvrages hydrauliques dans le secteur.....	101
Figure 17 : Ecluse de Thiennes – fonctionnements hydrauliques.....	102
Figure 18 : Ecluse de Thiennes – photos	104
Figure 19 : Ecluse de la Motte au Bois et écluse du Grand Dam - photos.....	107
Figure 20 : « Les Trois Planches » - fonctionnement hydraulique	108
Figure 21 : Recensement inondations	111
Figure 22 : Modèle global du canal de la Nieppe intégré au modèle de la Bourre et de ses canaux – origine des données.....	113
Figure 23 : Modèle de la Bourre et de ses canaux construit sur Infoworks CS.....	114
Figure 24 : Modèle du Berquigneul intégré à celui de la Bourre – imprimé d'écran.....	115
Figure 25 : Localisation des stations hydrométriques sur le bassin versant de la Bourre.....	117
Figure 26 : Localisation du pluviomètre de Norrent fontes par rapport à Haverskerque	118
Figure 27 : Hyétogrammes des orages simulés – T=20 ans et T= 100 ans.....	119
Figure 28 : Scénario 1 – fonctionnement.....	122
Figure 29 : Scénario 2 – fonctionnement.....	123
Figure 30 : Scénario 3 – fonctionnement.....	124
Figure 31 : Scénario 4 – fonctionnement.....	125
Figure 32 : Points singuliers d'extraction des données.....	126
Figure 33 : Fonctionnement du casier « BAm7 » - scénario 1 - T=20 ans.....	127
Figure 34 : Lame basculante en fonction de la consigne.....	128
Figure 35 : Fonctionnement du casier « BAm7 » - scénario 1 - T=100 ans.....	129
Figure 36 : Fonctionnement du casier « BAm5 » - scénario 2 - T=20 ans.....	131
Figure 37 : Fonctionnement du casier « BAm5 » - scénario 2 - T=100 ans.....	132
Figure 38 : Fonctionnement des casiers « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 3 - T=20 ans.....	134

Figure 39 : Fonctionnement des casiers « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 3 - T=100 ans.....	135
Figure 40 : Fonctionnement des casiers « BAm1 », « BAm2 », « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 4 - T=20 ans.....	137
Figure 41 : Fonctionnement des casiers « BAm1 », « BAm2 », « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 4 - T=100 ans.....	138
Figure 42 : Hydrogrammes en situation actuelle T=20 ans, canal Nieppe, canal Pré à vin et Bourre	139
Figure 43 : Scénario 1 – Ecrêtement du débit au lieu-dit « Le Parc » – T= 20ans et T=100 ans.....	141
Figure 44 : Scénario 1 – Ecrêtement du débit au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20ans et T=100 ans.....	141
Figure 45 : Scénario 1 – Ecrêtement du débit de la Bourre à « Cappel Boom » – T= 20ans et T=100 ans.....	141
Figure 46 : Scénario 1 – Abaissement de la ligne d'eau sur le canal de la Nieppe – T= 20 et T=100 ans.....	143
Figure 47 : Scénario 1 – Abaissement de la ligne d'eau au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20 et T=100 ans.....	143
Figure 48 : Scénario 1 – Abaissement de la ligne d'eau sur la Bourre – T= 20 et T=100 ans.....	143
Figure 50 : Comparaison des hydrogrammes en situation actuelle sur le Canal de Nieppe, Canal du Pré à Vin et la Bourre - T=100 ans.....	144
Figure 50 : Scénario 2 – Ecrêtement du débit au Parc – T= 20ans et T=100 ans.....	145
Figure 51 : Scénario 2 – Ecrêtement du débit au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20ans et T=100 ans.....	145
Figure 52 : Scénario 2 – Ecrêtement du débit de la Bourre à « Cappel Boom » – T= 20ans et T=100 ans.....	145
Figure 53 : Scénario 2 – Abaissement de la ligne d'eau sur le canal de la Nieppe au Parc – T= 20 et T=100 ans.....	147
Figure 54 : Scénario 2 – Abaissement de la ligne d'eau au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20 et T=100 ans.....	147
Figure 55 : Scénario 2 – Abaissement de la ligne d'eau sur la Bourre – T= 20 et T=100 ans.....	147
Figure 56 : Scénario 3 – Ecrêtement du débit au Parc – T= 20ans et T=100 ans.....	149
Figure 57 : Scénario 3 – Ecrêtement du débit au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20ans et T=100 ans.....	149
Figure 58 : Scénario 3 – Ecrêtement du débit de la Bourre à « Cappel Boom » – T= 20ans et T=100 ans.....	149
Figure 59 : Scénario 3 – Abaissement de la ligne d'eau sur le canal de la Nieppe – T= 20 et T=100 ans.....	151
Figure 60 : Scénario 3 – Abaissement de la ligne d'eau au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20 ans et T=100 ans.....	151
Figure 61 : Scénario 3 – Abaissement de la ligne d'eau sur la Bourre – T= 20 et T=100 ans.....	151
Figure 62 : Scénario 4 – Ecrêtement du débit au Parc – T= 20ans et T=100 ans.....	153
Figure 63 : Scénario 4 – Ecrêtement du débit au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20ans et T=100 ans.....	153
Figure 64 : Scénario 4 – Ecrêtement du débit de la Bourre à « Cappel Boom » – T= 20ans et T=100 ans.....	153
Figure 65 : Scénario 4 – Abaissement de la ligne d'eau sur le canal de la Nieppe – T= 20 et T=100 ans.....	155
Figure 66 : Scénario 4 – Abaissement de la ligne d'eau au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20 et T=100 ans.....	155
Figure 67 : Scénario 4 – Abaissement de la ligne d'eau sur la Bourre – T= 20 et T=100 ans.....	155

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des sols caractérisant les zones humides	30
Tableau 2 : Caractéristiques des sols de zone humide (ZH)	31
Tableau 3 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm1.....	54
Tableau 4 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm2.....	55
Tableau 5 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm3.....	56
Tableau 6 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm4.....	57
Tableau 7 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm5.....	58
Tableau 8 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm6.....	59
Tableau 9 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm7.....	60
Tableau 10 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm8.....	61
Tableau 11 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM1	63
Tableau 12 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM2	64
Tableau 13 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM3	65
Tableau 14 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM4	66
Tableau 15 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM5	67
Tableau 16 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM6	68
Tableau 17 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM7	69
Tableau 18 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM8	70
Tableau 19 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM9	71
Tableau 20 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAv1	73
Tableau 21 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAv2.....	73
Tableau 22 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAv3.....	75
Tableau 23 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAv4.....	76
Tableau 24 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BBr	77
Tableau 25 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BFI.....	78
Tableau 26 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BHa	79
Tableau 27 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BCI	80
Tableau 28 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BVA	81
Tableau 29 – Synthèse générale des analyses bathymétriques.....	85
Tableau 30 – Efficacités selon les modes de submersion	87
Tableau 31 – Possibilités de délestage	93
Tableau 32 – Possibilités de délestage - points favorables et points faibles	95
Tableau 33 – Possibilités de délestage retenues / alternatives / écartées.....	97
Tableau 34 – Casiers exclus des perspectives d'aménagements	97
Tableau 35 – Désordres hydrauliques aux abords de la forêt de Nieppe	109
Tableau 36 – Intensité-Durée Fréquence à la station de Lille-Lesquin.....	120
Tableau 37 – Tableau récapitulatif scénario 1 - casier « BAm7 ».....	130
Tableau 38 – Tableau récapitulatif scénario 2 - casier « BAm5 ».....	133
Tableau 39 – Tableau récapitulatif scénario 3- casier « BAm5 » et « BAm7 »	136

Tableau 40 – Abattement du débit (%) – Scénario 1	139
Tableau 41 – Abattement de la ligne d'eau (cm) – Scénario 1	142
Tableau 42 – Abattement du débit (%) – Scénario 2	144
Tableau 43 – Abattement de la ligne d'eau (cm) – Scénario 2	146
Tableau 44 – Abattement du débit (%) – Scénario 3	148
Tableau 45 – Abattement de la ligne d'eau (cm) – Scénario 3	150
Tableau 46 – Abattement du débit (%) – Scénario 4	152
Tableau 47 – Abattement de la ligne d'eau (cm) – Scénario 4	154
Tableau 48 – Synthèse comparative des efficacités des scénarios.....	156

Acronymes et abréviations

TN	Terrain Naturel
TOR	Tout-ou-Rien
OD	Ouvrage de Délestage
OV	Ouvrage de Vidange
ZH	Zone Humide
DN	Diamètre Nominal

Chapitre 1 - Introduction & présentation générale de l'étude

1 La forêt domaniale de Nieppe : situation géographique

La forêt domaniale de Nieppe est localisée en Flandre intérieure (département du Nord), sur les territoires des communes de Morbecque et de Vieux Berquin.

Avec presque 2600 ha, la forêt domaniale de Nieppe est le plus grand massif forestier de l'arrondissement de Dunkerque. Le niveau de la forêt de Nieppe varie entre 14 et 19 m NGF.

La Forêt confine à sud avec Haverskerque, à sud-est avec Merville, à nord avec Hazerbrouck et Steenbecque et à-ouest avec Thiennes.

Elle est fractionnée en plusieurs grandes unités de boisements :

- Le bois Bramsart, sur la commune de Morbecque,
- Le bois Flamingue sur la commune de Morbecque,
- Le bois d'Hazebrouck, sur la commune de Morbecque,
- Le bois Clébert, sur la commune de Morbecque,
- Le bois des Vaches, sur la commune de Morbecque,
- Le bois d'Amont, à l'est, sur la commune de Morbecque
- Le bois Moyen, au centre, sur la commune de Morbecque,
- Le bois d'Aval à l'ouest, sur la commune de Vieux-Berquin,
- Le canton des Huit Rues¹, bois séparé du reste de la forêt (au nord), à cheval sur les communes de Morbecque et Sercus,

D'un point de vue hydrologique et hydrographique, la forêt domaniale de Nieppe fait partie du bassin versant de la Bourre et de ses canaux, c'est-à-dire le bassin versant et le réseau hydrographique profondément remanié par l'homme, de la Borre Becque et ses affluents (Föene Becque, Grande Steenbecque), les canaux (canal de Nieppe, canal d'Hazebrouck, canal de la Bourre) ainsi que divers affluents directs de la Lys en rive gauche (Melde du Nord², Berquigneuls).

¹ Hors périmètre d'étude, ce bois présente des caractéristiques très différentes de ce qu'il est usuellement convenu d'appeler la forêt de Nieppe, à savoir les 8 bois précédents.

² Dont le sous-bassin n'est pas représenté dans les figures suivantes.

Localisation de la Forêt Domaniale de Nieppe

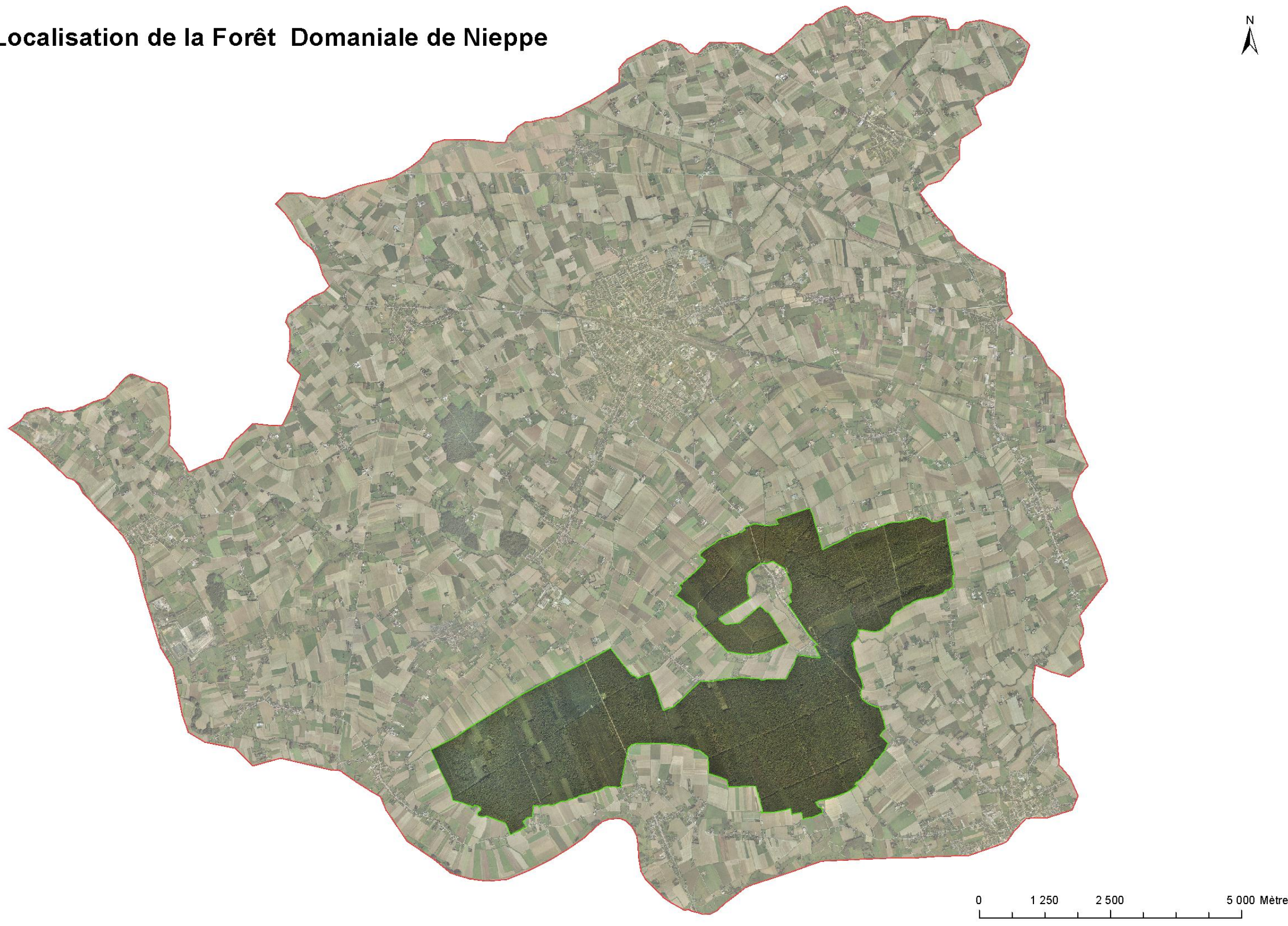


Figure 1 : Localisation de la forêt domaniale de Nieppe par rapport au bassin versant de la Bourre et de ses canaux

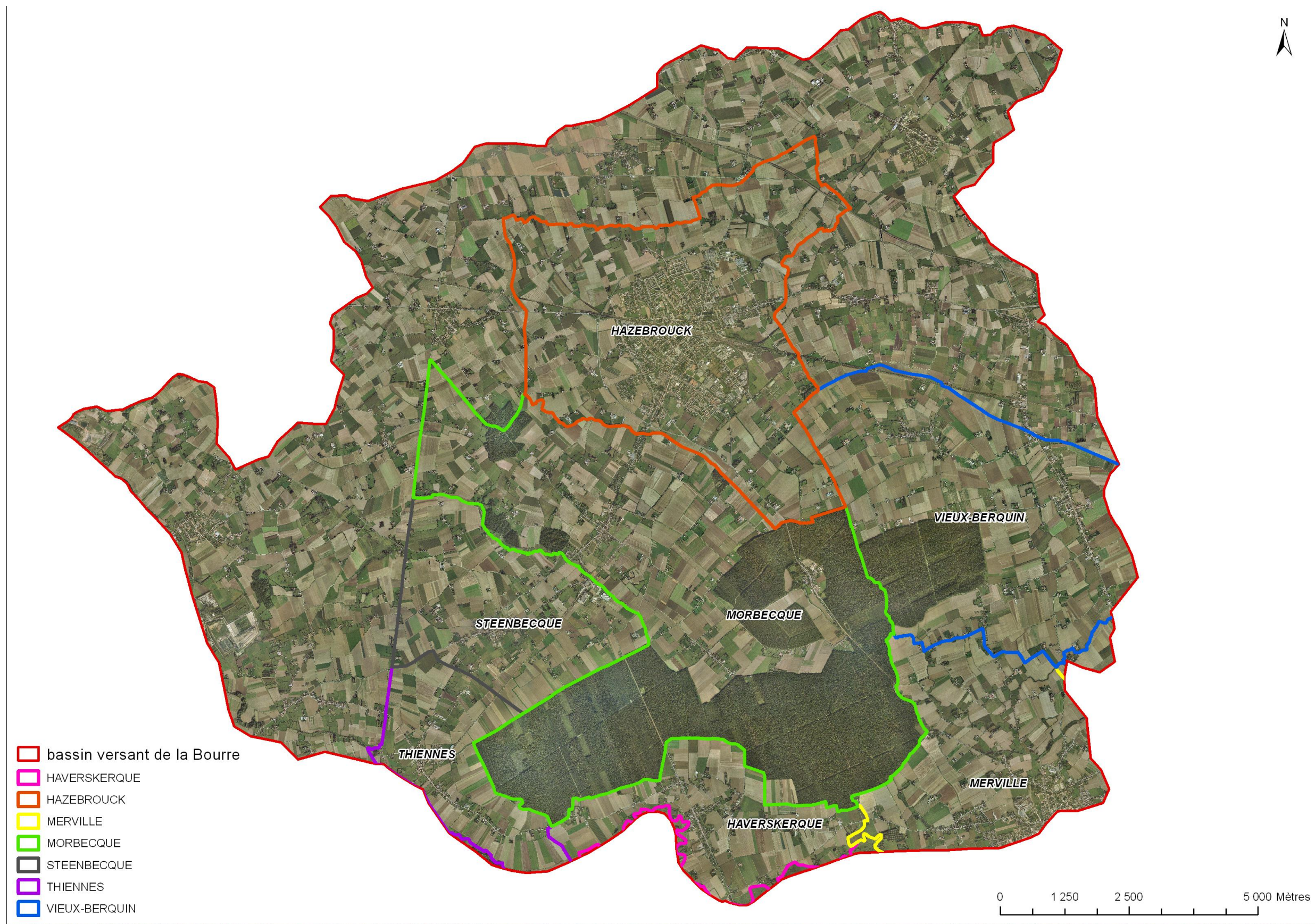


Figure 2 : Localisation de la forêt domaniale de Nieppe – communes

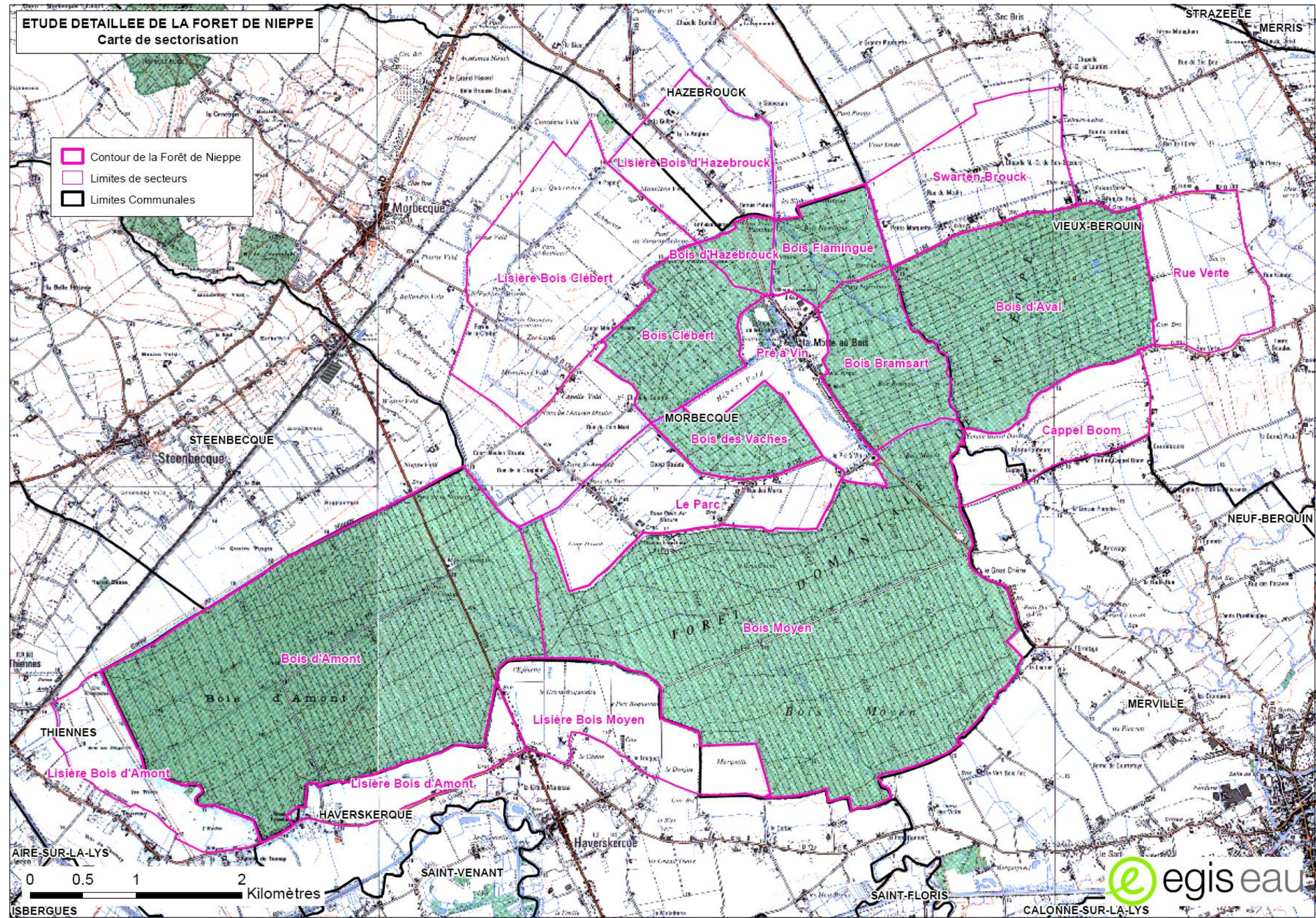


Figure 3 : Sectorisation de la forêt domaniale de Nieppe

2 La forêt domaniale de Nieppe : histoire d'une anthropisation hydraulique et sylvicole

2.1 A travers les siècles, des marais à la sylviculture post-colbertiste

Le nom « Nieppe » a une origine sans doute flamande « n'iep » qui signifie l'orme.

Originellement, la forêt de Nieppe, occupe une zone basse marécageuse.

Bien que non défrichée à l'époque des conquêtes romaines, la forêt de Nieppe a été utilisée par les troupes de César pour la construction des navires qui servirent à la conquête de la Grande-Bretagne. Les futs étaient tirés jusqu'à la Lys et rejoignaient ensuite les voies romaines.

Il faudra attendre les Vème et VIème siècles avec l'établissement des évangelisateurs pour que les moines, aidés par les premiers comtes de Flandre, assèchent et défrichent la région.

Au IXème siècle, Robert le Frison défriche un large espace pour y ériger une butte à visée défensive (invasion terrestre et marine) qui deviendra le site de l'actuelle Motte-au-Bois.

Du Xème au XVIème siècle, la forêt et le château connaissent une multitude de propriétaires, de conquête et de rattachement à diverse entités qui modèleront le territoire, lui donnant son visage actuel. Parmi les faits marquants de cette période agitée on peut citer :

- 1285 : Premier règlement écrit connu de la forêt de Nieppe
- XIVème siècle : Le commerce et le transport de personne par la Nieppe et la Bourre, jusqu'alors utilisés à l'état sauvage prendront leur essor avec la jonction entre la Bourre et les fossés de la Motte-au-Bois.
- 1456 : Canalisation de la Nieppe, de la Bourre et du Pré à Vin pour faciliter le transport du bois
- 1564-1566 : Percement du canal d'Hazebrouck
- 1598 : Restructuration du règlement de la forêt de Nieppe

En 1669, la forêt devient domaine royal et Louis XIV rédige des ordonnances rigoureuses pour sa gestion. Par la suite, Vauban est chargé de fortifier le château de la Motte-au-Bois, ainsi que la ville d'Aire-sur-la-Lys (parmi le réseau de fortifications édifiées sur la frontière Nord du royaume), et c'est la forêt de Nieppe qui fournira le bois nécessaire aux travaux. C'est durant cette période que le drainage de la forêt sera étudié et rationalisé, et que les peuplements forestiers évolueront vers des essences de bois d'œuvre (charpente et construction navale).

A partir de 1795, le château devient propriété privée et restera alors dans la famille de La Grange.

Durant la première guerre mondiale, la forêt est ravagée par les bombardements, les mitraillages et les coupes sauvages. Entre les deux guerres, l'entretien des fossés a été négligé, mettant en péril le repeuplement de la forêt par les essences favorisées depuis le XVIIème siècle après les coupes rases. La situation de sera qu'aggravée par les bombardements de la seconde guerre mondiale.

Au cours de la seconde moitié du XXème siècle, la gestion (de l'ONF) consistera à rétablir le modèle économique sylvicole antérieur aux deux guerres.

2.2 Les voies navigables des canaux de la Bourre : résumé monographique

Extraits du livre sur la forêt de Nieppe, page 100 : « *Si la Forêt de Nieppe m'était contée* » de Jacques MESSIANT

Les voies navigables qui traversent ou longent la forêt de Nieppe furent de tout temps d'un intérêt économique primordial et s'inscrivent dans un patrimoine local d'une extrême richesse. Jadis ouvertes au transport et à tous les métiers de la batellerie ⁽¹⁾, elles doivent l'être aujourd'hui, au tourisme et aux loisirs.



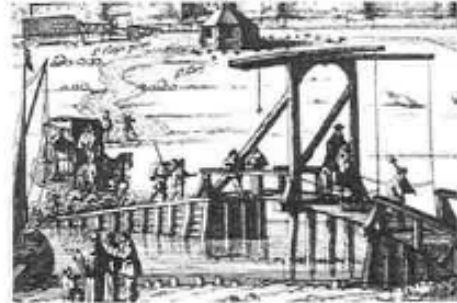
Coll. partic.

A l'origine, la Bourre et la Nieppe étaient utilisées à l'état sauvage.

La Bourre est une petite rivière qui prend sa source au nord de la forêt, suit son cours entre les bois d'Aval et Bramsart qu'elle vidangeait de leurs fûts et se jette dans la Lys à Merville après de nombreux méandres. Elle mesure 7,794 km et, par l'entretien des rives et un faucardement régulier, on a longtemps maintenu sa largeur à 10/13 mètres et sa profondeur à 2 mètres, sur son parcours navigable : en trois endroits se posait le problème du passage des seuils. On n'avait alors d'autre recours que le halage des barques ou du bois flottant sur un chemin de roulement fait de rondins. Toutefois, les comtes de Flandre ont, très tôt, adopté la technique de l'écluse qui consiste à établir sur la rivière des barrages de faible hauteur. Il y était pratiqué des ouvertures appelées "pertuis", munies de grandes vannes que l'on ouvrait pour que le passage des bateaux pût enfin avoir lieu. L'accumulation de ces eaux derrière ces barrages créait une sorte de crue qui autorisait aux nefs un tirant d'eau supérieur à celui que le seul cours de la rivière aurait présenté : on augmenta vite la saison. C'est néanmoins dès le XIV^{ème} s. que les comtes entreprendront des travaux pour que la Bourre joigne et

(1) A ce propos, on lira avec intérêt l'ouvrage de Léon Lepetit-Blois : "La Batellerie d'Autrefois" (chez l'auteur).

navigable à sa réunion avec le canal du Préavin qui l'alimente. Elle est nourrie de la becque de Vieux-Berquin ; la navigation se fait par des écluses simples : celle du Grand dam, celle du Pont à Loup et celle, enfin, du Pont de Merville.



La Bourre à "ch'l'haut pont".

Ce pont est un vivant témoignage des hauts ponts fixes ou mobiles, fréquents aux XVIIème et XVIIIème s., comme le montrent l'extrait de Sanderus (Dunkerque) et la faïence locale (Lille).

La **Nieppe** n'était à l'origine, qu'un ruisseau ⁽²⁾ dont on fera au XVIème s. un canal de communication de la Lys avec le canal d'Hazebrouck. Elle a fixé la frontière nord de la forêt. Elle rejoint également la Lys pour desservir en amont Aire, et en aval Merville et La Gorgue où se fixeront d'importants chantiers de bateaux. Là aussi se sont posés des problèmes de travaux qui permettraient d'optimiser son exploitation : construction des digues, tracé des chemins de halage, faucardage des bords et des fonds pour rendre plus aisée la navigation. Ce canal de Nieppe communiquera avec le canal d'Hazebrouck, auquel il se réunit au-dessous de La Motte au Bois, et avec la Lys, près de Thiennes. Il se dirige du sud-ouest au nord-est et mesure 9,742 km de longueur, 5 m de largeur (12 m avec les digues) et 1,60 m de profondeur. On sait l'intérêt de la Lys qui rejoint la mer par l'Aa (via canal de Neuffossé) et par l'Escaut dans

(1) ADN - B. 1310 - "Mesurage de la longueur du terrain à prendre pour faire venir la Bourre au château de la forêt de Nieppe" - (1329).

(2) C'est Isabelle de Portugal qui, au XVème s., fit canaliser la Nieppe, la Bourre et le ruisseau du Préavin, pour faciliter le transport du bois.

lequel elle se jette. Aussi les comtes de Flandre et les douairières qu'ils y ont placées ont-ils senti l'énorme avantage économique qu'ils auraient, en plus de la sécurité militaire qu'ils tireraient à entourer leur résidence de la Motte au Bois de canaux.



Coll. partic.

La **Berquigneulle** est navigable en hiver, dit un rapport de 1679, et le serait toujours si on la faisait curer. On a, hélas, trop souvent négligé l'intérêt qu'elle présentait.

Le canal du **Préavin** mesure 1,948 km de longueur, 12 m de largeur avec ses rigoles et 1,60 m de profondeur. Il prend son origine à la Motte au Bois, immédiate-



Coll. partic.

ment après la jonction des canaux de Nieppe et d'Hazebrouck auxquels il sert de décharge, et se jette dans la Bourre au-dessus de l'écluse du Grand Dam après avoir traversé une partie de la forêt de Nieppe.

Enfin, le **canal d'Hazebrouck** est le prolongement d'un canal de ceinture et de vidange pour le débardage par voie de terre vers Hazebrouck quand il s'arrêtait au pont Flamingue. Il prend son origine au sas de la Motte au Bois où il se réunit au canal de Nieppe et se termine, depuis 1564-66, à Hazebrouck même, au bout de la rue du Rivage. Alimenté par les eaux du canal de Nieppe, la navigation se faisait sans aucune écluse. Il mesure 5,845 km de longueur, 12 m de largeur avec digues et 1,50 m de profondeur. C'est au milieu du XVI^{ème} s. que les habitants d'Hazebrouck ont demandé au roi d'Espagne, leur monarque d'alors, l'autorisation de faire un "fouys" suffisant à la navigation, du pont Flamingue à la basse ville et ce, afin d'éviter les embarras des voies de terre embourbées cinq mois par an, gênant ainsi considérablement le commerce de liaison avec la vallée de la Lys.

Pour séduire Philippe II, ils lui proposent de verser le 20^{ème} denier de reconnaissance à la recette de Cassel qui le lui reverserait ; de payer les frais de percement en levant des impôts sur le vin et la cervoise qui y transiteraient de même que le bétail ; de construire un grand dam (écluse, barrage) sur le "torrent" appelé la Bourre, qui recevrait les eaux hivernales et égaliserait le rythme de son cours. Ils avancent aussi au roi qu'ils feraient alors mener les bois de la forêt de Nieppe par bateaux, surtout les coupes du bois d'Aval, jusqu'à la Lys à Merville et ce, essentiellement pour augmenter les chantiers navals de la ville. Ils allèguent encore qu'en remerciement ils feraient élargir et approfondir, de Boëseghem à Thiennes, la Melle (ou Melde) qui viendrait "augmenter le bief et assurer la navigation des coupes faites aux trois tailles et par tous temps" (entendons les sécheresses de l'été qui empêchent la navigation à trop forte calaison, ou les gelées d'hiver refusant le flottage des fûts).

En somme, les habitants prouvent qu'un canal vers Hazebrouck "de profondeur et largeur compétentes à porter bateaux comme par ledict au chien courant et aussi environnant et ceindant (sic) quasi toute la taille d'aval" serait en harmonie avec la volonté des comtes de Cassel qui ont eu ce genre d'initiative à l'intérieur de la forêt ; qu'il n'y aurait aucune eau perdue ; qu'il y aurait plus d'"aide, moyen et commodité pour servir le Grand Dam ; que le tonlieu s'en verrait augmenté à son profit et qu'il en aurait finalement jouissance ; par lequel Sa Majesté aura yssue et vente de son bois et augmentation de son dict anchien tonlieu, ce qu'elle n'avait auparavant au moyen de mauvais chemins"⁽¹⁾.

Le dossier bien préparé par les Hazebrouckois allait forcément aboutir et les promoteurs n'eurent pas à supporter trop de frais car aucun sas, ni aucune écluse, ni aucun ouvrage d'art de ce genre n'était à prévoir pour son percement. Seuls étaient à tracer un chemin de halage et à aménager un port qui serait du plus grand intérêt économique

(1) ADN - B. 2568.

pour la ville d'Hazebrouck. Plus tard, au début du XIX^{ème} s., afin d'augmenter les ressources de la ville, ils accèderont à l'idée de planter des arbres qui feraient d'ailleurs l'agrément des voyageurs, et de les renouveler sans cesse. Deux cents arbres existaient déjà à la fin du XVIII^{ème} s. ; on prévoit d'en planter 1628. En outre, le long du canal de Nieppe, on en plantera 2 769 pour 200 existants, 568 sur le canal du Préavin et 2 220 le long de la Bourre.

Ces quelques extraits sont incomplets à décrire la situation hydrographique « ante » et la situation actuelle ; s'ils mettent bien en évidence la situation nodale de la forêt de Nieppe, au carrefour des voies anciennement navigables du canal de la Nieppe, du canal du Pré à Vin, du canal d'Hazebrouck et de la Bourre, ils insistent peu sur le fait que ces voies navigables sont d'abord, à l'instar de presque toutes les premières liaisons par voie d'eau en France, jusqu'à la seconde moitié du XVII^{ème} siècle, des cours d'eau rendus navigables, ou des détournements et rectifications de cours d'eau, et non des voies d'eau entièrement creusés ex nihilo et alimentées par des retenues ou des prises d'eau parfaitement régulée.

Ainsi les canaux longeant et traversant la forêt de Nieppe, puis en sortie de celle-ci, sont en extrême interaction avec le réseau hydrographique naturel :

- Le canal de la Nieppe, est le réceptacle et l'émissaire intégral de la Grande et de la Petite Steenbecque ;
- Le tracé du canal d'Hazebrouck « croise » celui de la Papote Becque, affluent de la Bourre qui draine la plaine entre Morbecque et Hazebrouck ;
- La Bourre « canalisée » est d'abord l'émissaire des cours d'eau précédents et de la Borre Becque, qui draine à ce titre un bassin versant de plus de 200 km².

Or, si l'on retient que la forêt de Nieppe fût, jusqu'au haut Moyen Age et les premières interventions hydrauliques et de défrichement des moines évangélisateurs, une zone fondamentalement boisée et marécageuse, cela signifie que ces différents cours d'eau la traversant, y trouvaient un espace naturel d'expansion et d'amortissement de leurs crues, au même titre qu'existaient des zones semblables en amont d'Aire-sur-la-Lys pour la Lys et la Laquette, de Saint-Venant ou de Lillers pour le Guarbecque, la Nave ou la Clarence.

Qui dit « voie navigable », dit « tirant d'eau » c'est-à-dire, une hauteur d'eau minimale propre à la navigation, sensiblement maintenue durant la plus grande partie de l'année, ce qui se fait en particulier par le biais :

- Des écluses ou des seuils auparavant ;
- De berges artificialisées évitant les débordements et divagations intempestives des cours d'eau, nombreuses dans les traversées de zones marécageuses.

La création d'un réseau de voies navigables (aujourd'hui inutilisables), a donc en partie « coupé » les cours d'eau de leurs lits majeurs respectifs. Concomitante aux drainages rationalisés, elle a accompagné l'assèchement des zones marécageuses, en réduisant leurs alimentations.

3 Contextes et objectifs de l'étude

3.1 La prévention des inondations : les études antérieures et projets concomitants

Comme suite à l'étude de PGGEEC (Plan de Gestion Globale des Ecoulements des Eaux et des Crues) des canaux de la Bourre en 2002-2003, il avait été prédéfini un ambitieux programme de création de Zones d'Expansion des Crues (ZEC) sur les cours d'eau du bassin versant, déjà cités (Borre Becque, Föene Becque – ou Galge, Grande Steenbecque), visant à réduire les risques liés aux débordements des cours d'eau vers les zones habitées riveraines (à Hazebrouck, Morbecque, Merville notamment) qui interviennent de façon récurrent pour des typologies d'événements hydrologiques très variables :

- Crues « normales » liées aux longs et importants cumuls pluvieux hivernaux saturants ;
- Orages d'été intenses locaux ou étendus (ex : juillet 2005) ;
- Episodes pluvieux intermédiaires (cycloniques à orageux) présentant des cumuls importants sur 24 h ou moins, mais peu à moyennement intenses, dans des situations saisonnières particulières (pré-hivernales, octobre-novembre, et post-hivernales, février-mars) d'état des sols et des cultures.

L'USAN (Union des Syndicats d'Assainissement du Nord), EPCI qui est l'opérateur principal des aménagements et de la gestion hydraulique sur ce bassin versant, a été, de tous les EPCI du bassin de la Lys, le premier à entrer en phase de réalisation active des aménagements, soutenus par l'EPTB Lys au travers du PAPI, état 1, avec des aménagements tels que les rénovations complètes des ouvrages hydrauliques de contrôle des canaux (qui sont les émissaires principaux du système), la Motte au Bois et le Grand Dam (travaux achevés) et avec le projet en cours de réalisation de l'ensemble des ZEC de Borre, soit plusieurs centaines de milliers de m³ de surstockage projetés dans la plaine.

A ces projets déjà réalisés ou en cours, s'ajoutent des projets également issus de PGGEEC, étudiés au stade la faisabilité et de la conception détaillée sous l'égide de l'EPTB Lys, par Egis Eau, et dont la restitution est concomitante à ce présent dossier de la forêt de Nieppe. Ces projets complémentaires d'écrêtement ou d'amortissement des crues plus en amont sur le réseau hydrographique, concernent 5 ZEC ou Zones Humides :

- Une ZEC sur la Borre Becque amont ;
- Une ZEC sur la Föene Becque ;
- Une ZEC sur la Grande Steenbecque ;
- Une zone humide sur la Petite Steenbecque ;
- Une zone humide sur la Zercle Becque (ou ruisseau de Sercus).

Ces projets réalisés sous contrôle et validation d'un Comité de Pilotage intégrant l'USAN et les communes concernées, devraient également se concrétiser à court-moyen terme avec l'appui du PAPI, état 3.

3.2 Genèse et objectifs de l'étude

L'ensemble de ces aménagements (de ZEC et ZH) qui sont ou seront réalisés, ont un impact fort sur les espaces agricoles puisqu'ils sont tous implantés sur des zones de cultures ou plus exceptionnellement de Pâtures, et représentent plus de 100 ha totalement (ZEC de Borre, ZH de Sercus et Steenbecque) ou partiellement soustraits à l'exploitation agricole.

Ce constat avait déjà été fait en 2002-2003, voire reproché aux auteurs de l'étude de PGGEEC, de la contribution du seul monde agricole, aux impacts fonciers des aménagements de lutte contre les inondations, et nombreux avaient été les représentants des communes, syndicats et associations, représentés au COPIL, à s'interroger sur l'intérêt, l'efficacité et la faisabilité, d'aménager ou d'utiliser d'autres espaces « favorables » et en l'occurrence, la forêt de Nieppe.

En effet la forêt de Nieppe présente, de toute évidence et indépendamment d'autres paramètres à prendre en compte³, plusieurs caractéristiques géographiques naturelles ou anthropiques, d'un espace mobilisable pour l'écrêtement ou l'amortissement des crues :

- sa pédologie générale, sa topographie très plate (même s'il existe une déclivité ouest-est, que l'on retrouve dans les dénominations Bois d'amont, Bois moyen et Bois d'Aval des 3 boisements principaux), sont caractéristiques d'une zone à dominante humide et à fort caractère d'inondabilité, au moins avant son aménagement sylvicole (voir Rapport principal) ;
- la forêt se trouve riveraine des 3 drains artificiels principaux du bassin versant (canaux de la Bourre), et de la Bourre elle-même :
 - o riveraine du canal de Nieppe (lui-même réceptacle de la Petite et Grande Steenbecque) pour le bois d'amont ;
 - o riveraine du canal d'Hazebrouck, du canal de la Bourre, de la Bourre (rivière) pour les bois d'Hazebrouck, bois Bramsart, bois d'aval notamment.
- de manière plus globale, la forêt s'inscrit dans la zone des confluences des drains du bassin versant, et en limite des zones inondables par les crues de la Lys ou soumises aux contraintes aval des crues de la Lys ;
- la forêt se situe également suffisamment proche des zones d'enjeux riveraines de la Lys (Haverskerque, Merville) aux confluences du réseau hydrographique de la Bourre, pour que l'hypothèse qu'un rôle efficace dans l'étalement des crues dommageables à ces agglomérations, au moins pour la contribution intrinsèque du bassin versant des canaux de la Bourre à crues, puisse leur être conféré (après certains aménagements), ne semble pas saugrenue⁴.

³ Considérations économiques et sur les usages de la forêt, débats sur les rôles environnementaux attribuables à cet espace forestier et selon les modes de gestion et pratiques sylvicoles effectifs ou envisageables, que cette étude thématique n'a pas vocation à aborder.

⁴ Alors que l'étendue et les potentialités de la zone étaient sans commune mesure, l'intérêt d'un aménagement d'une ZEC au Marais d'Ile à Saint Venant, zone boisée située en rive droite de la Lys et à la confluence Lys-Guarbecque, a ainsi pu être justifié par des études hydrauliques.

Aux dires et perceptions des riverains (relayés par les édiles, tels qu'appréhendés aux cours des études antérieures et au cours des rencontres et réunions menées dans le cadre même de cette étude, retranscrits et résumés ici en termes techniques, les anthropisations du XVIIIème au XVIIIème siècle (travaux de navigabilité et travaux de drainage de la forêt), ont eu plusieurs corollaires hydrauliques :

- la forêt de Nieppe est, au moins en partie, « coupée » du réseau hydrographique (par les endiguements) y compris lors d'épisodes de crues importants, en contradiction avec son caractère initial de zone marécageuse forcément alimentée par des cours d'eau⁵ ;
- de ce fait, la forêt ne joue pas rôle d'amortisseur des crues dommageables à l'aval du réseau de la Bourre (Merville) ;
- le drainage de la forêt est également mis en cause dans des désordres locaux liés aux difficultés d'écoulement des Berquigneuls (Haverskerque), le drainage étant accusé de modifier les régimes hydrologiques intrinsèques de la forêt (augmentation des débits émis) ;
- localement, plutôt en amont de la forêt, l'incidence du canal d'Hazebrouck, sur la continuité des écoulements et donc les niveaux d'eau dans les becques et fossés de la plaine au sud d'Hazebrouck, est également évoquée.

L'EPTB Lys - SYMSAGEL a souhaité qu'une étude hydraulique sectorielle détaillée, indépendante (le bureau d'étude Egis Eau a pu élaborer son diagnostic et ses propositions de scénarios en tenant compte des seuls facteurs de l'intérêt hydraulique et de la faisabilité technique sans subir les suggestions des anti- et des pro-) :

- vienne améliorer la connaissance du rôle et du fonctionnement hydrologique propre de la forêt ;
- précise le rôle qu'elle joue – ou pas, dans le fonctionnement hydraulique actuel en sortie du bassin versant de la Bourre ;

⁵ A travers le monde et sous toutes les latitudes, quelle que soit son étendue, aucune zone marécageuse n'est le fait spontané d'une particularité topographique et pédologique locale, qui serait alimentée par son seul impluvium :

- les marais sont en relation avec un réseau hydrographique amont et son bassin versant, donc un impluvium beaucoup plus étendu auxquels les marais servent de réceptacle permanent ou saisonnier, ou de vase d'expansion plus ou moins récurrent, à une fréquence généralement au moins annuelle ;
- généralement les marais sont aussi en relation avec un réseau hydrographique aval, soit par « surverse », soit par des émissaires permanents (ou une combinaison des deux), réseau aval dont le marais contribue à étaler les crues, et plus largement à réguler naturellement les régimes hydrologiques, et à améliorer la qualité des eaux ;
- plus exceptionnellement (on citera l'exemple mondialement connu du delta intérieur de l'Okavango), la seconde liaison est absente et le marnage interannuel est exclusivement le fait de l'évaporation et de l'évapotranspiration.

- définit et évalue l'efficacité des orientations d'aménagements hydrauliques qui, indépendamment des autres contraintes et problématiques à résoudre sur les usages et la gestion de ces espaces forestiers, pourraient permettre que la forêt contribue à la lutte contre les inondations et complète les efforts consentis en amont.

3.3 Déroulement et organisation de l'étude

L'étude a comporté 5 grandes parties :

- Une première partie relativement indépendante du reste de l'étude, visant par des **investigations pédologiques**, non à valider le caractère initial naturel marécageux du territoire (sur ce point, les études monographiques et les sources historiques citées ne laissent pas de place au doute), mais à confirmer que la forêt de Nieppe présente encore, après plus de 3 siècles de drainage sylvicole rationalisé, les caractéristiques d'une zone humide, au regard des types de sols impliquant cette classification.

Cette étude a aussi inclus des investigations visant à évaluer la conductivité hydraulique (perméabilité) des sols, lesquelles évaluations se sont finalement recoupées avec les perspectives d'orientations d'aménagements sur lesquelles conclut l'étude.

➤ Chapitre 2

- Une seconde partie consacrée aux **travaux d'analyses topographiques et bathymétriques**, travaux préparatoires visant d'une part à appréhender de manière relativement théorique et indépendante des contextes hydrauliques réels, les potentialités (volumes de stockage selon la hauteur d'eau maintenue) dans les différentes parties de la forêt de Nieppe, d'autre part à préparer la construction du modèle hydraulique 1D-2D mis en œuvre aux parties suivantes (création des courbes (Surfaces, Volumes) = f(Hauteurs)).

Cette analyse a été menée à partir de quelques données terrestres (nivellement des drèves, drains principaux et fossés de ceinture, par un géomètre) et surtout à partir d'un levé LIDAR de moyenne densité (1 à 3 points/m²) permettant d'établir la topographie du périmètre d'étude (MNT) à une précision satisfaisante (± 5 cm à ± 10 cm) malgré les couverts forestiers.

➤ Chapitre 3

- Une troisième partie consacrée spécifiquement à **l'étude du fonctionnement hydraulique en l'état actuel du système**, par une modélisation hydraulique et hydrologique étendue à l'ensemble du bassin versant.

Cette étude s'est déroulée concomitamment aux études de faisabilité de ZEC sur le bassin versant de la Bourre et aux études sur l'inondabilité et les zones d'enjeu dans le bassin, par développement d'un modèle général conjoint aux 3 applications, et implémenté successivement des éléments détaillés nécessaires à ces études sectorielles ou thématiques.

➤ Chapitre 4

- Une quatrième partie consacrée à **l'étude hydraulique de scénarios d'aménagements de lutte contre les inondations**, par le même modèle de simulation, et non sans avoir en fin et en synthèse des seconde et troisième parties, examiné et évalué l'opportunité d'examiner dans le détail, d'autres orientations d'aménagements ou stratégies de gestion, finalement non retenues après validation du maître d'ouvrage.

- **Chapitre 5**

- Une dernière partie consacrée à **l'Avant-Projet Sommaire d'un scénario**, en l'occurrence le scénario jugé le plus efficace hydrauliquement et économiquement acceptable, après présentation des scénarios étudiés en partie 4 au Comité de Pilotage.

- **Dossier annexe d'Avant-Projet (Notice + plans)**

NB : A partir de ce qui suit, les différentes parties de la forêt (les bois) elles-mêmes divisées en 26 parties hydrauliquement homogènes délimitées par des drèves, seront le plus souvent baptisées « casier » associé à un label renvoyant aux « Bois » : la terminologie est hydraulique, mais elle n'a pas vocation à se substituer à d'autres dénominations et à laisser accroire que toute la forêt pourrait être inondée.

3.4 Cartes

Le rapport d'étude est accompagné de 3 grandes cartes au format A0, représentant le contexte hydraulique et topographique du périmètre d'étude, sur fonds :

- BD Ortho (photographie aérienne) ;
- Scan 25 ;
- LIDAR.

Chapitre 2 - Etude pédologique

1 Objectifs

La présente étude des sols s'inscrit dans le cadre de l'arrêté du 1er octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008, précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L.214-7-1 et R.211-108 du Code de l'Environnement.

Cet article du Code de l'Environnement concerne plus particulièrement les dispositions relatives aux espaces naturels, à leur préservation, à la restauration et à la valorisation des zones humides.

Cet arrêté précise que les espaces considérés comme zones humides sont définis à partir des critères suivants :

- Caractérisation et délimitation des espaces comportant des sols intégrant les types pédologiques identifiés comme sols hydromorphes.
- Caractérisation et délimitation de la végétation comprenant des espèces indicatrices de zones humides.

Cette étude concerne uniquement le critère sol de la Forêt de Nieppe et d'une zone agricole située en sa limite sud. A noter que des études antérieures ont conduit à déjà considérer cette forêt comme zone humide.

La présente étude des sols consiste à définir de façon précise les caractéristiques exactes des sols occupant l'ensemble de la Forêt Domaniale de Nieppe ainsi que ceux de la Zone Agricole comprise entre la RD 916 à l'ouest, la RD 69 à l'est et la Lys canalisée au sud.

Cette étude s'appuyant sur les critères de classification des sols et les modalités d'investigation définis en annexe 1 du nouvel arrêté du 1er octobre 2009.

NB : le maître d'ouvrage a par ailleurs, fait réaliser une étude préliminaire d'inventaire faune-flore, sur les zones de prairies identifiées dans le cadre de cette étude pédologique, comme présentant des sols hydromorphes.

1.1 Milieu physique

1.1.1 Topographie

Le site s'inscrit dans un milieu relativement plan, les altitudes variant entre 19 m à l'extrémité ouest de la Forêt et 15 m à l'extrémité est de la zone d'étude, au niveau du Bras de la Bourre : les pentes n'excèdent donc pas 1/1000 (dans le sens nord-sud) et 2/1000 (dans le sens ouest-est).

1.1.2 Occupation du sol

Le site d'étude, pour la partie forestière, est uniquement composé de parcelles arborées et arbustives, auxquelles s'intègrent quelques zones plus dégagées généralement envahies par les ronces.

Pour la partie agricole, les sols sont dévolus à la culture, seules subsistant quelques prairies essentiellement situées aux abords des rus et rivières drainant la zone.

Des fossés bordent généralement les divers chemins forestiers d'exploitation ainsi que les voiries et chemins agricoles ; peu entretenus, ils sont envahis par la végétation qui, localement, se caractérise par une végétation typique des zones humides composée principalement de joncs.

1.1.3 Géologie

La zone d'étude s'inscrit dans des terrains issus de formations limoneuses. Ces formations du Complexe Limoneux du Pléistocène, appartenant au complexe des loess et dépôts associés, sont constituées de limons et limons sableux.

Ces formations épaisses, de quelques mètres à plus de 25 mètres, recouvrent les formations tertiaires de l'Yprésien.

Les formations géologiques aux abords des vallées et canaux sont d'origine alluvionnaire; elles sont constituées d'alluvions se composant d'un ensemble de sables et de sables argileux avec passées de lits de graviers ou de tourbe.

Figure 4 : Carte Géologique

1.1.4 Hydrographie (rappels)

Cette zone est bordée et traversée au nord par le Canal de la Nieppe lequel reçoit le Canal du Pré à Vin et le Bras de la Bourre qui drainent la partie est de la Forêt et de la zone d'étude.

La partie ouest de la Forêt, constituée par le Bois d'Amont, est drainée par le Ruisseau le Berguigneul, affluent de la Vieille Lys qui s'écoule au sud et à l'ouest de la zone d'étude ; laquelle est bordée par la rivière Lys canalisée.

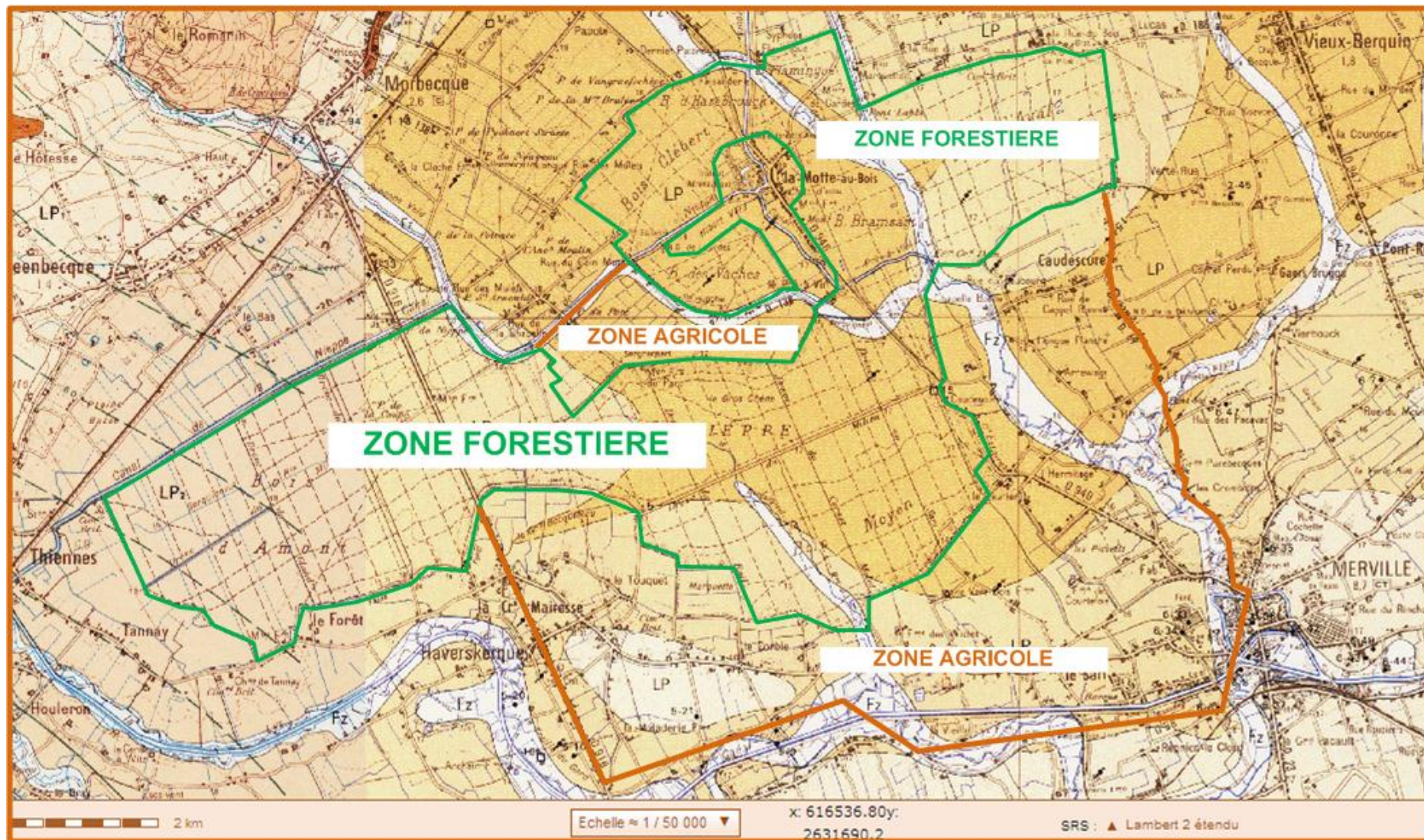


Figure 4 : Carte Géologique

2 Etude des sols

L'étude de terrain est donc spécifiquement réalisée afin de déterminer, avec le maximum de précision les propriétés physiques des sols caractérisant la zone forestière pour établir leurs spécificités vis-à-vis de la terminologie de classification des sols de l'arrêté d'octobre 2009.

Selon les prescriptions de l'annexe 1 de l'arrêté, les sols des zones humides correspondent :

- 1 A tous les histosols, car ils connaissent un engorgement permanent en eau qui provoque l'accumulation de matières organiques peu ou pas décomposées ; ces sols correspondent aux classes d'hydromorphie H du GEPPA modifié ;
- 2 A tous les réductisols, car ils connaissent un engorgement permanent en eau à faible profondeur se marquant par des traits réductiques débutant à moins de 50 centimètres de profondeur dans le sol ; Ces sols correspondent aux classes VI c et d du GEPPA ;
- 3 Aux autres sols caractérisés par :
 - des traits rédoxiques débutant à moins de 25 centimètres de profondeur dans le sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur. Ces sols correspondent aux classes V a, b, c et d du GEPPA ;
 - ou des traits rédoxiques débutant à moins de 50 centimètres de profondeur dans le sol, se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur, et des traits réductiques apparaissant entre 80 et 120 centimètres de profondeur. Ces sols correspondent à la classe IV d du GEPPA.

L'application de cette règle générale conduit à la liste des types de sols présentée ci-dessous. Elle utilise les dénominations scientifiques du référentiel pédologique de l'Association française pour l'étude des sols (AFES, Baize et Girard, 1995 et 2008), qui correspondent à des "Références".

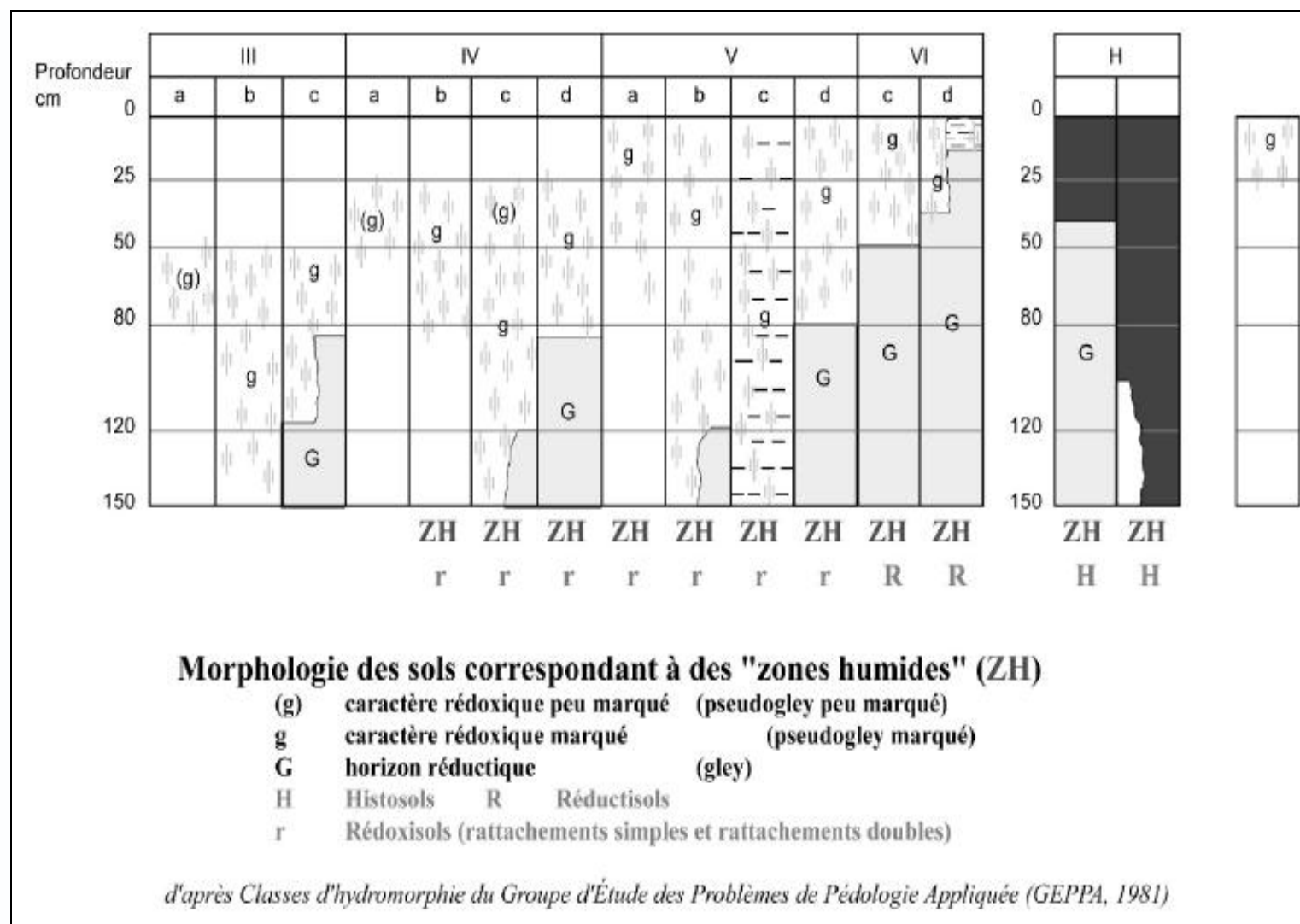
Un sol peut être rattaché à une ou plusieurs références (rattachement double par exemple). Lorsque des références sont concernées pro parte, la condition pédologique nécessaire pour définir un sol de zone humide est précisée à côté de la dénomination.

Tableau 1 : Liste des sols caractérisant les zones humides

RÈGLE GÉNÉRALE		LISTE DES TYPES DE SOLS		
Morphologie	Classe d'hydromorphie (classe d'hydromorphie du GEPPA, 1981, modifié)	Dénomination scientifique (« Références » du référentiel pédologique, AFES, Baize & Girard, 1995 et 2008)	Condition pédologique nécessaire	Condition complémentaire non pédologique
1)	H	Histosols (toutes références d').	Aucune.	Aucune.
2)	VI (c et d)	Réductisols (toutes références de et tous doubles rattachements avec) (1).	Aucune.	Aucune.
3)	V (a, b, c, d) et IV d	Rédoxisols (<i>pro parte</i>).	Traits rédoxiques débutant à moins de 25 cm de la surface et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur ou traits rédoxiques débutant à moins de 50 cm de la surface, se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur, et présence d'un horizon réductique de profondeur (entre 80 et 120 cm)	Aucune.
		Fluvisols - Rédoxisols (1) (toutes références de) (<i>pro parte</i>).		Aucune.
		Thalassosols - Rédoxisols (1) (toutes références de) (<i>pro parte</i>).		Aucune.
		Planosols Typiques (<i>pro parte</i>).		Aucune.
		Luvisols Dégradés - Rédoxisols (1) (<i>pro parte</i>).		Aucune.
		Luvisols Typiques - Rédoxisols (1) (<i>pro parte</i>).		Aucune.
		Sols Salsodiques (toutes références de).		Aucune.
		Pêlosols - Rédoxisols (1) (toutes références de) (<i>pro parte</i>).		Aucune.
		Colluviosols - Rédoxisols (1) (<i>pro parte</i>).		Aucune.
		Fluvisols (présence d'une nappe peu profonde circulante et très oxygénée)		Aucune.
Podzosols humiques et podzosols humoduriques	Aucune.	Expertise des conditions hydrogéomorphologiques (cf. § « Cas particuliers » ci-après)		
(1) Rattachements doubles, <i>ie</i> rattachement simultané à deux « références » du Référentiel Pédologique (par exemple Thalassosols – Réductisols).				

Le tableau suivant illustre les caractéristiques physiques des sols des zones humides ; présence de pseudo-gley (g) et de gley (G).

Tableau 2 : Caractéristiques des sols de zone humide (ZH)



Afin de caractériser l'ensemble des sols de la Forêt de Nieppe, une étude simplifiée de reconnaissance des sols a été réalisée ; les observations pédologiques étant essentiellement réalisées en bordure des principaux chemins d'accès.

L'ensemble de l'étude, effectuée entre les 23 et 27 novembre 2009, porte sur la réalisation de 42 tarières à main ; descendues pour l'ensemble à la profondeur de 200/250 cm à l'exception de quelques tarières limitées à 120 cm ou prolongées à 320 cm.

2.1 Sols de la Forêt domaniale de Nieppe

2.1.1 Types de sols

L'étude des sols étant axée sur la caractérisation à l'appartenance du site à une zone humide, la caractérisation des sols est essentiellement basée sur la présence d'horizons présentant des traits réductiques ou rédoxiques.

Ces caractéristiques étant déterminantes dans le cadre de cette étude, il n'y a donc pas eu de recherche précise des différentes unités typologiques de sols ; de plus, le degré de reconnaissance de l'étude ne permet pas de délimiter des unités de sols au sein de la zone forestière.

De l'ensemble des sondages effectués, il ressort que seules les profondeurs d'apparition des horizons varient ; en effet, l'ensemble des sols présentent une succession similaire des horizons de surface, à savoir :

- un horizon de texture limono-argileuse, généralement sain,
- un horizon d'argile compacte, peu perméable ; présence de pseudo-gley,
- un horizon d'argile limoneuse à argile enrichi en concrétions calcaires ; présence de pseudo-gley.

Cet ensemble recouvre le substrat composé d'un limon plus ou moins sableux pouvant s'enrichir en argile en profondeur. Localement des observations ont permis d'atteindre un substrat sableux.

De ce fait, les principaux types de sols caractérisés sur l'ensemble du domaine forestier appartiennent à la classe des *Rédoxisols*, caractérisés par la présence de pseudo-gley à faible profondeur (avant 50 cm) ; l'hydromorphie s'intensifiant en profondeur par l'accroissement des horizons de pseudo-gley, voire à tendance de gley ; présence principalement de taches d'oxydation (pseudo-gley) ou de taches de réduction (tendance gley).

Les Rédoxisols peuvent s'inscrire dans diverses unités cartographiques qui se différencieraient par les épaisseurs des horizons présents et les propriétés physiques du substrat.

Au niveau de la présente étude de reconnaissance, aucune différenciation d'unité cartographique n'a été effectuée au sein de ces sols qui présentent des variations de texture, de couleur, d'intensité de l'hydromorphie ainsi que des épaisseurs des différents horizons.

Etant donné les variations de profondeur d'apparition des traces d'oxydation, certains sols ne peuvent être considérés comme sols de zone humide, ne correspondant pas aux critères des sols définis d'après les classes d'hydromorphie définies par le Geppa en 1981.

Ces sols sont des sols bruns ou des luvisols hydromorphes.

Unité 1

Cette unité est composée principalement de sols présentant des traces d'hydromorphie liées à l'engorgement du sol par l'eau avant 50 cm de profondeur et se poursuivant en profondeur (présence d'eau au sein du substrat).

Les caractéristiques principales sont l'apparition de taches rouille dès 30 à 50 cm de profondeur, allant en s'intensifiant en profondeur.

Localement un horizon de « gley » (horizon de couleur dominante gris bleuâtre) est présent à partir de 60/100 cm de profondeur.

Sols développés sur un substrat argilo- limono-sableux et présence de la nappe.

Descriptif du sondage n°3 :

- 0-40 cm : horizon de couleur brun foncé noirâtre, texture limoneuse faiblement argileuse, moyennement compact, sain à rares faibles taches rouille,
- 40-60 cm : horizon de couleur brun foncé, texture limoneuse faiblement argileuse, moyennement compact, quelques taches rouille nettes,
- 60-90 cm : horizon de couleur brun, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de taches gris-bleuâtres allant en s'intensifiant en profondeur,
- 90-190 cm : horizon de couleur gris bleuâtre, texture argilo-limoneuse, moyennement compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de concrétions calcaires,
- 190-250 cm : horizon de couleur gris bleuâtre, texture argileuse à argilo-limoneuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes,
- 250-300 cm : horizon de couleur brun ocre, texture argilo-limono-sableuse, moyennement compact, présence de nombreuses taches rouille et grises, humide,
- 300 cm : présence de la nappe.

Unité 2

Cette unité est composée principalement de sols présentant des traces d'hydromorphie liées à l'engorgement du sol par l'eau avant 50 cm de profondeur et se poursuivant en profondeur.

Les caractéristiques principales sont l'apparition de taches rouille dès 20 à 40 cm de profondeur, allant en s'intensifiant en profondeur

Localement un horizon de « gley » (horizon de couleur dominante gris bleuâtre) est présent vers 100/120 cm de profondeur.

Sols développés sur un substrat argilo-sableux.

Descriptif du sondage n°15 :

- 0-40 cm : horizon de couleur brun foncé noirâtre, texture limoneuse faiblement argileuse, moyennement compact, sain à rares faibles taches rouille,
- 40-110 cm : horizon de couleur brun, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de taches gris-bleuâtres,
- 110-140 cm : horizon de couleur gris bleuâtre, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes,
- 140-190 cm : horizon de couleur gris bleuâtre, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de concrétions calcaires,
- 190-250 cm : horizon de couleur brun ocre, texture limono-argilo-sableuse, moyennement compact, présence de nombreuses taches rouille et grises,
- 250-280 cm : horizon de couleur brun ocre, texture argilo-sableuse, compact, présence de nombreuses taches rouille et grises.

Unité 3

Cette unité est composée principalement de sols présentant des traces d'hydromorphie liées à l'engorgement du sol par l'eau avant 50 cm de profondeur et se poursuivant en profondeur.

Les caractéristiques principales sont l'apparition de taches rouille dès 20 à 40 cm de profondeur, allant en s'intensifiant en profondeur.

Localement un horizon de « gley » (horizon de couleur dominante gris bleuâtre) est présent vers 100/120 cm de profondeur.

Sols développés sur un substrat limoneux.

Descriptif du sondage n°38 :

- 0-30 cm : horizon de couleur brun foncé noirâtre, texture limoneuse faiblement argileuse, moyennement compact, sain,
- 30-70 cm : horizon de couleur brun, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de taches gris-bleuâtres,
- 70-110 cm : horizon de couleur brun, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille et gris-bleuâtre bien développées et nettes,
- 110-160 cm : horizon de couleur brun-grisâtre, texture argilo-limoneuse à argileuse, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de concrétions calcaires,
- 160-200 cm : horizon de couleur gris bleuâtre, texture argilo-limoneuse à argileuse, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de concrétions calcaires,
- 200-240 cm : horizon de couleur brun beige, texture limoneuse à limoneuse faiblement argilo-sableuse, moyennement compact, présence de nombreuses taches rouille et grises,

- 240-250 cm : horizon de couleur brun beige, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches grises et rouille.

Unité 4

Cette unité est composée principalement de sols présentant des traces d'hydromorphie liées à l'engorgement du sol par l'eau avant 30 cm de profondeur et se poursuivant en profondeur.

Les caractéristiques principales sont l'apparition de taches rouille dès 30 cm de profondeur, allant en s'intensifiant en profondeur.

Localement un horizon de « gley » (horizon de couleur dominante gris bleuâtre) est présent vers 80 cm de profondeur.

Sols développés sur un substrat sableux.

Descriptif du sondage n°25 :

- 0-30 cm : horizon de couleur brun foncé noirâtre, texture limoneuse faiblement argileuse, moyennement compact, sain à rares faibles taches rouille,
- 30-50 cm : horizon de couleur brun, texture argilo-limoneuse, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de taches gris-bleuâtres,
- 50-90 cm : horizon de couleur brun foncé, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille et grises bien développées et nettes,
- 90-180 cm : horizon de couleur gris bleuâtre, texture argilo-limoneuse à argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de concrétions calcaires,
- 180-200 cm : horizon de couleur ocre rouge, texture sableuse, peu compact, sain.

Unité 5

Cette unité est composée principalement de sols présentant des traces d'hydromorphie liées à l'engorgement du sol par l'eau dès la surface et se poursuivant en profondeur.

Localement un horizon de « gley » (horizon de couleur dominante gris bleuâtre) est présent vers 40 cm de profondeur.

Sols développés sur un substrat argilo-sableux.

Descriptif du sondage n°26 :

- 0-40 cm : horizon de couleur brun foncé, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille et grises bien développées et nettes,
- 40-100 cm : horizon de couleur gris bleuâtre, texture argilo-limoneuse à argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes,
- 100-200 cm : horizon de couleur gris bleuâtre, texture argilo-limoneuse à argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de concrétions calcaires,

- 200-220 cm : horizon de couleur brun ocre, texture argilo-sableuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille et grises bien développées et nettes,
- 220 cm : présence d'eau.

Les descriptions de tarières présentées ci-dessus illustrent l'ensemble des sols du massif forestier, répartis en 5 unités de sols.

Globalement les sols se caractérisent donc par :

- un horizon de surface de texture limono-argileuse, généralement frais mais pouvant être humide ou totalement sec ; son épaisseur varie entre 0 et 50 cm ;
- un horizon de texture argileuse, généralement frais mais localement sec ; son épaisseur varie entre 50 et plus de 100 cm ;
- un horizon de texture argilo-limoneuse à argileuse enrichi en concrétions calcaires, généralement frais mais localement sec ; son épaisseur varie entre 40 et 120 cm.

Ces horizons recouvrent le substrat apparaissant vers 150/220 cm de profondeur, substrat caractérisé par des textures sableuses, limoneuses ou argileuses.

Les horizons sont généralement frais mais pouvant devenir fortement humides en profondeur, sans que des traces d'eau soient visibles à l'exception des 2 profils (n° 3 et 26) où la présence d'eau a été notée.

A noter également que, malgré les fortes précipitations sur la zone, aucun écoulement n'a été enregistré au niveau du Ruisseau « le Berquigneul » et que la plupart des fossés sis au long des chemins d'exploitation étaient également secs.

Les seules accumulations d'eau en surface ont été enregistrées au niveau des ornières ou des faibles dépressions des chemins d'exploitation enherbés. Des stagnations d'eau ont également été localement notées au niveau de quelques fossés.

Par contre, les fossés sis en bordure du massif forestier et au niveau des terrains agricoles étaient fortement engorgés ; de même, de nombreuses parcelles agricoles présentaient des zones inondées.

2.1.2 Conclusions

L'étude des sols réalisée sur l'entièreté de la Forêt Domaniale de Nieppe a permis de définir avec précision que les sols présentent, au titre exclusivement de la pédologie, les caractéristiques des sols des zones humides, comme définies dans l'arrêté du 1^{er} octobre 2009, puisque entrant dans les catégories V a, b et c du GEPPA.

2.2 Sols de la zone agricole

2.2.1 Types de sols

L'étude des sols étant axée sur la caractérisation à l'appartenance du site à une zone humide, la caractérisation des sols est essentiellement basée sur la présence d'horizons présentant des traits réductiques ou rédoxiques.

Ces caractéristiques étant déterminantes dans le cadre de cette étude, il n'y a donc pas eu de recherche précise des différentes unités typologiques de sols ; de plus, le degré de reconnaissance de l'étude ne permet pas de délimiter des unités de sols au sein de la zone d'étude.

De l'ensemble des sondages effectués, il ressort que seules les profondeurs d'apparition des horizons varient ; en effet, l'ensemble des sols présentent une succession similaire des horizons de surface, à savoir :

- un horizon de texture limono-argileuse à argilo-limoneuse, généralement sain,
- un horizon d'argile compacte, peu perméable avec présence de pseudo-gley,

Les horizons d'argile compacte présentant une très faible perméabilité induisent la formation d'une nappe perchée dans les horizons de surface ; cette saturation en eau se traduit par les traces d'engorgement sous forme de taches rouille (pseudo-gley) qui peuvent être marquées ou non. La profondeur d'apparition de ces traces d'engorgement étant en corrélation avec la profondeur à laquelle se situent les horizons argileux.

De ce fait, les principaux types de sols caractérisés sur l'ensemble du domaine agricole appartiennent :

- à la classe des *Rédoxisols*, caractérisés par la présence de pseudo-gley à faible profondeur (avant 50 cm) ; l'hydromorphie s'intensifiant en profondeur par l'accroissement des horizons de pseudo-gley, association de taches d'oxydation et de quelques traces de réduction ;
- à la classe des Sols bruns hydromorphes lorsque la présence des traces d'engorgement apparaissent après 50 cm de profondeur.

Les Rédoxisols peuvent s'inscrire dans diverses unités cartographiques qui se différencieraient par leur appartenance aux Classes d'hydromorphie du GEPPA ; les sols rencontrés appartenant aux classes IV b, IV c et V b, résultant de la variation du caractère rédoxique peu ou fortement marqué avant 50 cm de profondeur.

Les Sols bruns hydromorphes présentent des caractéristiques d'engorgement similaires aux Rédoxisols à l'exception soit de la présence de pseudo-gley avant 50 cm de profondeur soit d'une augmentation de l'intensité des traces d'engorgement (pseudo-gley ou gley) ; ils appartiennent aux classes IIIa et IIIb du GEPPA.

Au niveau de la présente étude de reconnaissance, aucune délimitation précise ne peut être effectuée quant à la définition des zones humides et non humides, lesquelles semblent de petite taille et nécessiteraient des investigations plus fines pour réaliser une telle délimitation.

Unité 1 : Sol brun hydromorphe ; classe IIIb

Cette unité est composée principalement de sols présentant des traces d'hydromorphie liées à l'engorgement du sol par l'eau après 50 cm de profondeur et se poursuivant en profondeur.

Les caractéristiques principales sont l'apparition de taches rouille vers 60 cm de profondeur.

Descriptif du sondage n°3 :

- 0-40 cm : horizon de couleur brun foncé noirâtre, texture argilo-limoneuse, moyennement compact à compact, sain,
- 40-60 cm : horizon de couleur brun foncé, texture argilo-limoneuse, moyennement compact à compact, sain,
- 60-90 cm : horizon de couleur brun foncé, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes,
- 90-120 cm : horizon de couleur brun à brun clair, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de quelques taches grises.

Unité 2 : Sol brun hydromorphe ; classe IIIa

Cette unité est composée principalement de sols présentant de faibles traces d'hydromorphie liées à l'engorgement du sol par l'eau après 50 cm de profondeur.

Les caractéristiques principales sont l'apparition de quelques taches rouille vers 60 cm de profondeur. Localement présence d'eau vers 110 cm de profondeur.

Descriptif du sondage n°15 :

- 0-30 cm : horizon de couleur brun foncé noirâtre, texture argilo-limoneuse, moyennement compact à compact, sain,
- 30-60 cm : horizon de couleur brun foncé, texture argilo-limoneuse, compact, sain à présence de rares petits nodules ferro-manganeux,
- 60-110 cm : horizon de couleur brun foncé, texture argilo-limoneuse, compact, présence de quelques taches rouille peu développées, nettes,
- 110 cm : présence de la nappe perchée.

Unité 3 : Rédoxisol ; classe IVb

Cette unité est composée principalement de sols présentant des traces d'hydromorphie liées à l'engorgement du sol par l'eau avant 50 cm de profondeur et ne se poursuivant pas en profondeur.

Les caractéristiques principales sont la forte présence de taches rouille entre 40 et 80 cm de profondeur.

Sols développés sur un substrat limoneux moins hydromorphe.

Descriptif du sondage n°81 :

- 0-40 cm : horizon de couleur brun foncé noirâtre, texture argilo-limoneuse, moyennement compact à compact, sain,
- 40-70 cm : horizon de couleur brun foncé, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de taches gris-bleuâtres,
- 70-80 cm : horizon de couleur brun foncé, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de quelques taches grises,
- 80-120 cm : horizon de couleur brun clair, texture limono-argileuse, moyennement compact, présence de rares taches rouille peu nettes.

Unité 4 : Rédoxisol ; classe IVc

Cette unité est composée principalement de sols présentant des traces d'hydromorphie liées à l'engorgement du sol par l'eau vers 40 cm de profondeur et se poursuivant en profondeur.

Les caractéristiques principales sont l'apparition de taches rouille entre 30 et 50 cm de profondeur, allant en s'intensifiant en profondeur.

Descriptif du sondage n°40 :

- 0-30 cm : horizon de couleur brun foncé noirâtre, texture argilo-limoneuse, moyennement compact à compact, sain,
- 30-40 cm : horizon de couleur brun foncé, texture argilo-limoneuse, moyennement compact à compact, sain à rares taches rouille peu nettes,
- 40-70 cm : horizon de couleur brune, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes,
- 70-120 cm : horizon de couleur brune, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de quelques taches grises, présence de nombreux nodules ferro-manganiques.

Unité 5 : Rédoxisol ; classe Vb

Cette unité est composée principalement de sols présentant des traces d'hydromorphie liées à l'engorgement du sol par l'eau dès la surface et se poursuivant en profondeur.

Descriptif du sondage n°47 :

- 0-40 cm : horizon de couleur brun foncé, texture limono-argileuse à argilo-limoneuse, moyennement compact, présence de quelques taches rouille développées et nettes,

- 40-60 cm : horizon de couleur brune, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes,
- 60-80 cm : horizon de couleur brune, texture argileuse, massif, compact, présence de très nombreuses taches rouille bien développées et nettes,
- 80-120 cm : horizon de couleur brune, texture argileuse, massif, compact, présence de très nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de quelques taches grises.

Les descriptions de tarières présentées ci-dessus illustrent l'ensemble des sols de la zone d'étude de la partie agricole.

Globalement les sols se caractérisent donc par :

- un horizon de surface de texture argilo-limoneuse, généralement frais à humide mais pouvant être mouillé ; son épaisseur varie entre 0 et 50 cm ;
- un horizon de texture argileuse, généralement frais mais localement humide ; son apparition se faisant entre 30/40 et 60 cm de profondeur.

A noter que suite aux fortes précipitations sur la zone, des accumulations d'eau en surface sont localement présentes et que trois sondages n'ont pas pu être décrits, le sol étant engorgé dès 30 cm de profondeur (sondages n° 9, 26 et 78).

2.2.2 Conclusions

L'étude des sols réalisée sur la zone d'étude dans la partie agricole au sud de la Forêt de Nieppe a permis de définir avec précision que la majorité des sols présentent, au titre exclusivement de la pédologie, les caractéristiques des sols des zones humides, comme définies dans l'arrêté du 1^{er} octobre 2009, puisque entrant dans les catégories IV b, c et V b du GEPPA.

Seuls quelques sols n'ont pas pu être classés en sols de zone humide, leurs caractéristiques liées à l'observation de traces d'engorgement ne se manifestant, par la présence de taches rouille (pseudo-gley), qu'après 50 cm de profondeur.

Figure 5 : Localisation approchée des sondages pédologiques en Forêt Domaniale de Nieppe

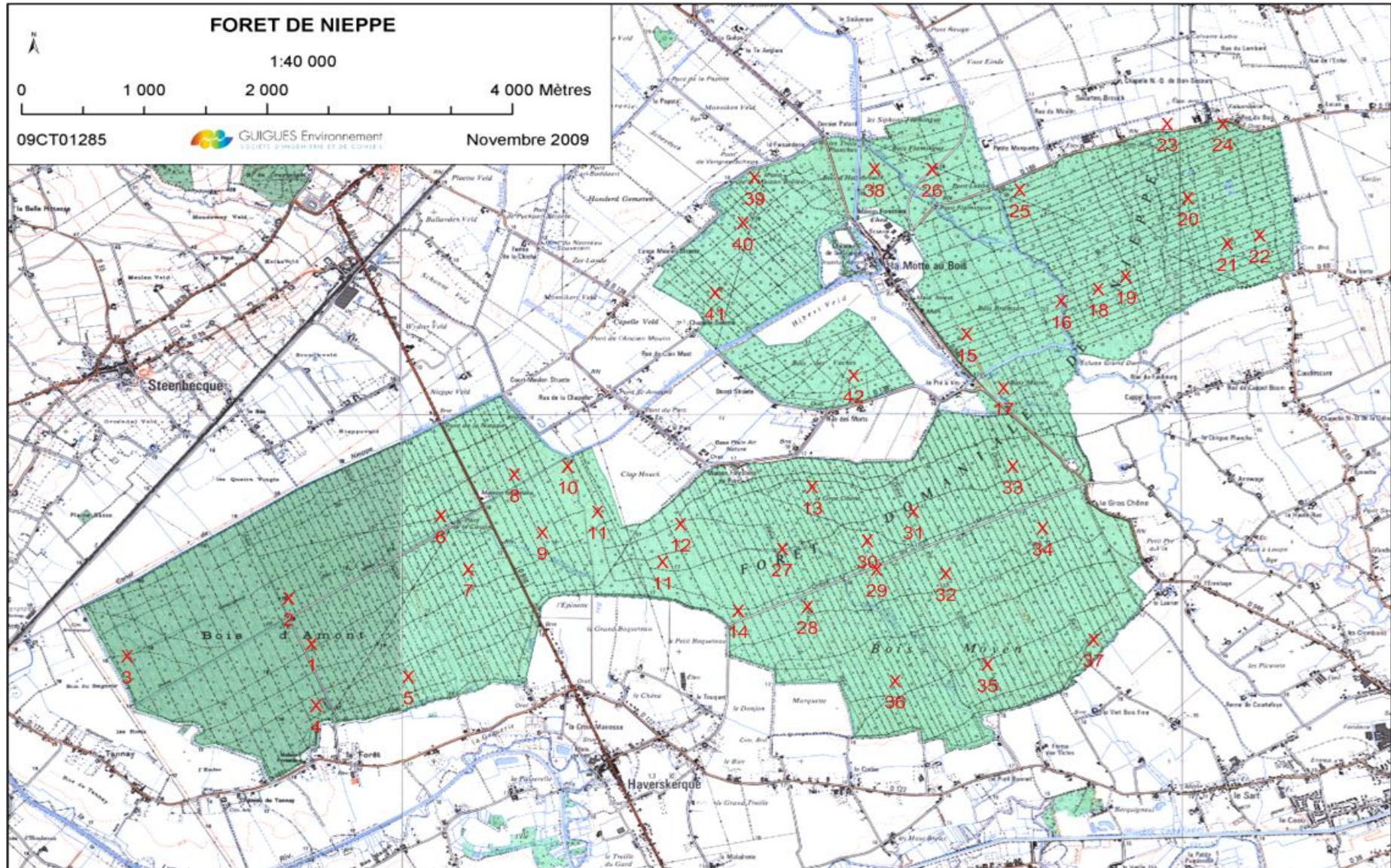
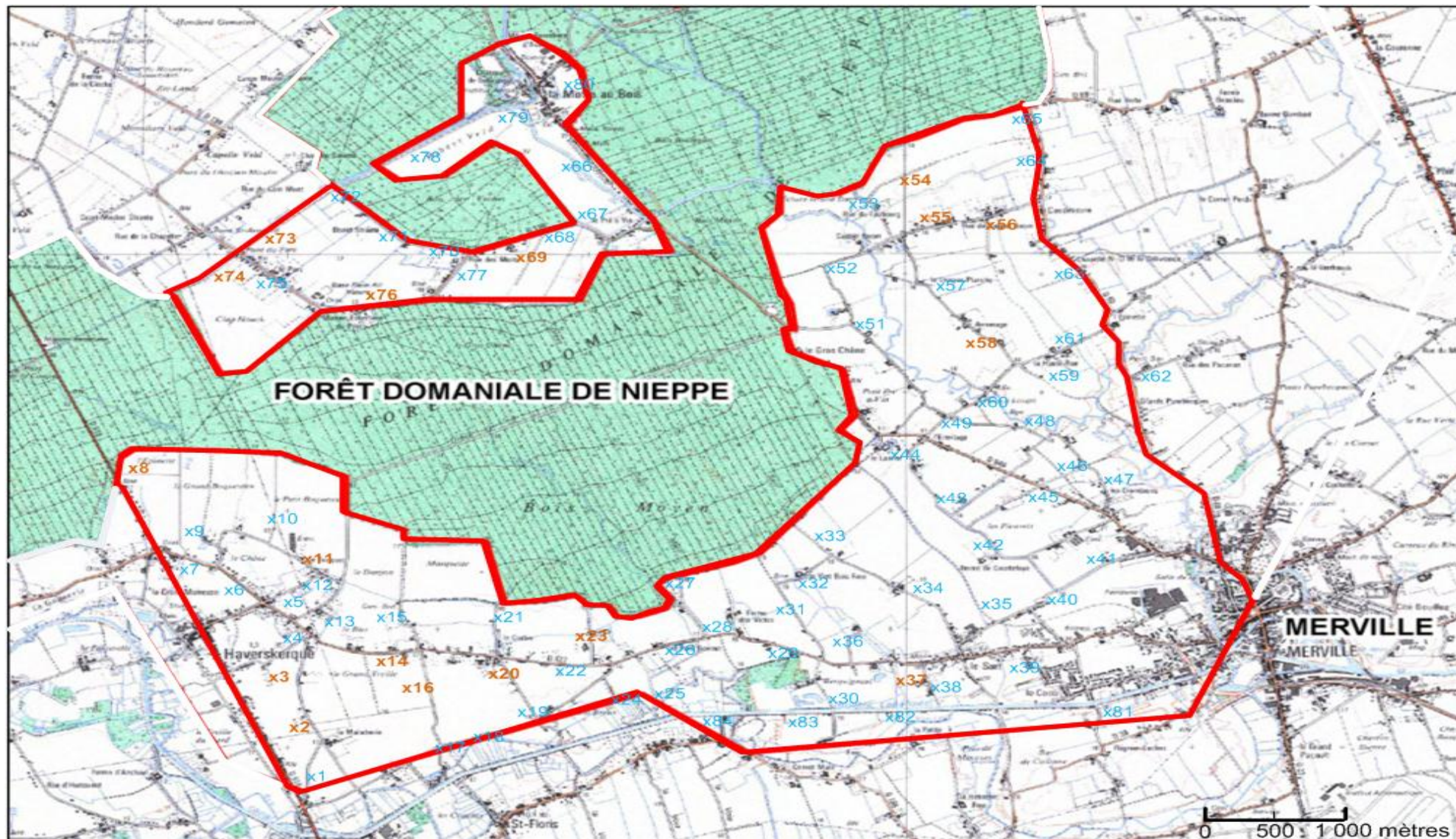


Figure 6 : Localisation des sondages et détermination des critères pédologiques en zone agricole



3 Conductivité et écoulement souterrains

3.1 Phénomènes et hypothèses

Le présent paragraphe vise à étudier spécifiquement l'impact indirect du remplissage des casiers Bam5 et Bam7 (retenus par la suite comme étant susceptibles d'être transformé en zones de surinondation et de délestage du canal de la Nieppe) envers le territoire limitrophe de la Forêt de Nieppe.

Est-il possible que le niveau d'eau atteint dans les casiers puisse engendrer un écoulement souterrain qui va inonder des surfaces supplémentaires du Bois d'Amont ?

Compte tenu de la typologie relativement homogène des sols rencontrés dans la forêt (malgré les différences, on retiendra une texture limono-argileuse à argilo-limoneuse jusqu'à 0,60 m environ, puis des horizons massivement argileux ou argilo-limoneux jusqu'à 3 m, sur un substrat argilo-sableux), les résultats produits pour ces deux casiers, nous semblent reproductibles pour d'autres casiers, au moins dans le bois d'amont, si des perspectives d'aménagements et de gestion différentes de celles proposées au chapitre 5, venaient à être ensuite développées.

Plusieurs sondages ont été réalisés lors de la campagne pédologique. Le secteur d'étude objet du focus est caractérisé par (descriptif du sondage numéro 3) :

- 0-40 cm : horizon de couleur brun foncé noirâtre, texture limoneuse faiblement argileuse, moyennement compact, sain à rares faibles taches rouille,
- 40-60 cm : horizon de couleur brun foncé, texture limoneuse faiblement argileuse, moyennement compact, quelques taches rouille nettes,
- 60-90 cm : horizon de couleur brun, texture argileuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de taches gris-bleuâtres allant en s'intensifiant en profondeur,
- 90-190 cm : horizon de couleur gris bleuâtre, texture argilo-limoneuse, moyennement compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes, présence de concrétions calcaires,
- 190-250 cm : horizon de couleur gris bleuâtre, texture argileuse à argilo-limoneuse, massif, compact, présence de nombreuses taches rouille bien développées et nettes,
- 250-300 cm : horizon de couleur brun ocre, texture argilo-limono-sableuse, moyennement compact, présence de nombreuses taches rouille et grises, humide,
- 300 cm : présence de la nappe.

Une première couche de texture limoneuse, faiblement argileuse est suivie par une deuxième couche imperméable de texture argileuse et compacte.

Figure 7 : schéma simplifié des profils pédologiques prédominants en forêt de Nieppe

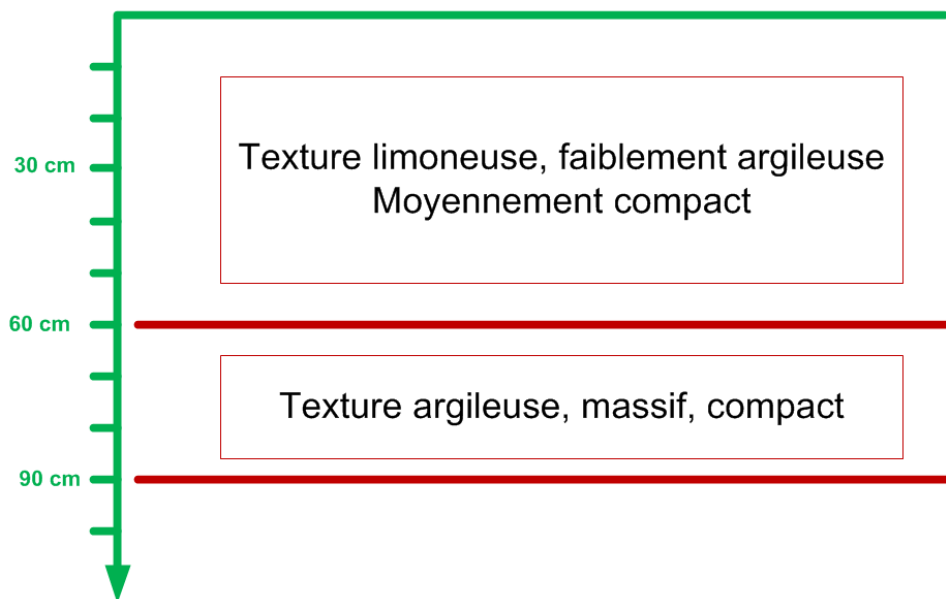
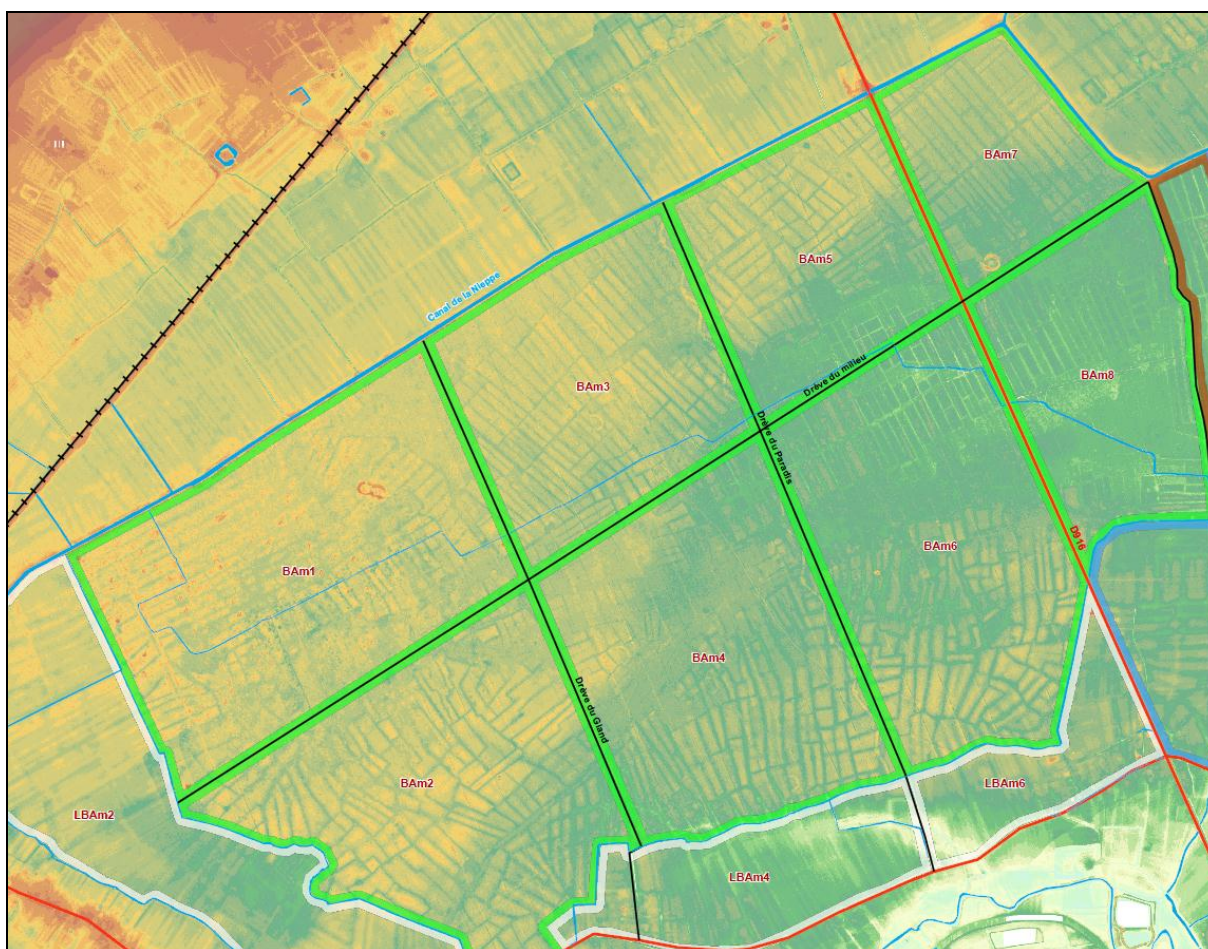


Figure 7 : schéma simplifié des profils pédologiques prédominants en forêt de Nieppe

En fonction de la topographie du territoire (voir extrait du lidar ci-dessous), potentiellement, l'écoulement par drainage hypodermique naturel des sols, aurait lieu en direction parallèle à la RD916, soit des casiers BAm5 – BAm7 respectivement vers les casiers BAm6 et BAm8.



Le mouvement de l'eau dans le sol est décrit par la loi de Darcy :

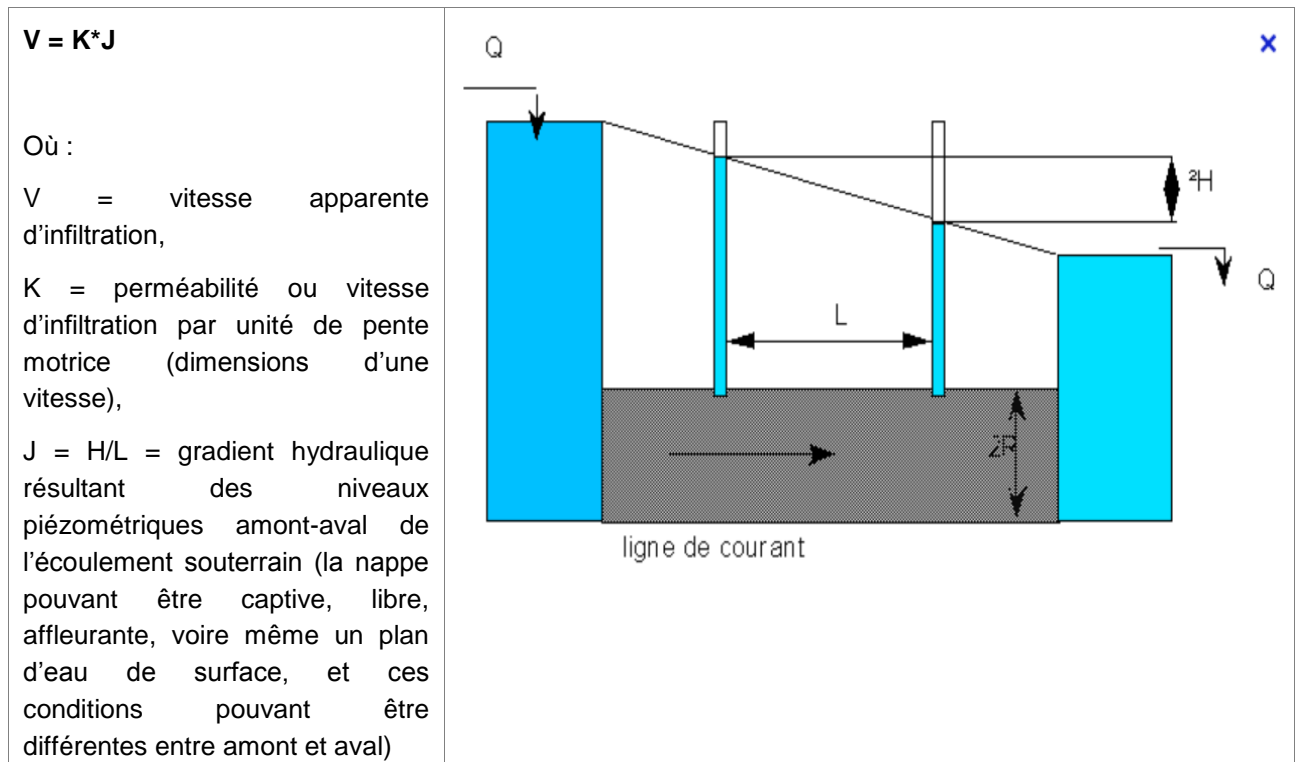


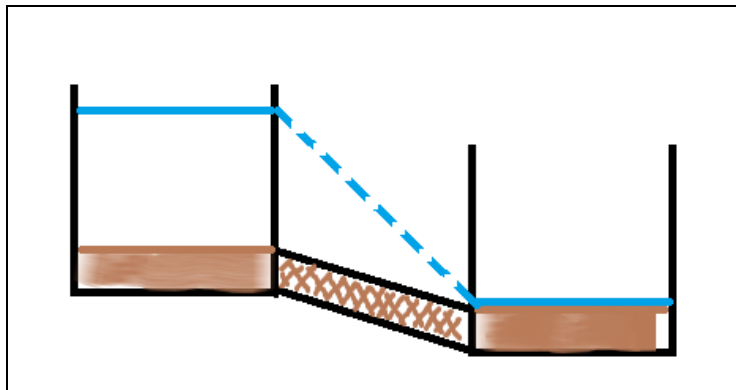
Figure 8 : schéma simplifié illustrant la loi de Darcy sur les écoulements souterrains

Supposons de nous mettre dans les conditions les plus pénalisantes, telles que décrites au chapitre 5 :

- Remplissage maximale des casiers Bam5 et Bam7, qui a lieu suite à un **orage centennal**. Le niveau d'eau atteint respectivement 18,30 et 18,20 m NGF, c'est-à-dire une hauteur maximale d'environ 0,75 m.
- Pas de présence d'eau dans les casiers Bam6 et Bam8 (s'agissant d'un orage, la forêt étant elle-même peu productrice, cette hypothèse semble réaliste dans la mesure où les eaux seront soit drainées par les fossés, soit insuffisantes pour créer un engorgement généralisé et une remontée des niveaux piézométriques dans les sols).
- Hauteur de remplissage constante des casiers aménagés dans le temps (hypothèse simplificatrice sécuritaire et correspondant peu ou prou à la situation durant les 2-3 premiers jours, quand le volume vidangé demeure insuffisant pour réduire les hauteurs de submersion de plus de quelques cm compte tenu de la superficie concernée).
- Vitesse apparente d'infiltration constante, et égale à celle maximale, ce qui correspond au temps d'infiltration minimal

Supposons, en outre, l'uniformité, la continuité et l'isotropie du milieu poreux.

Une schématisation du fonctionnement que nous allons étudier est présenté sur la figure ci-dessous :



Le radier des casiers Bam6 et Bam8 est d'environ 30cm inférieur par rapport aux casiers aménagés. La distance d'infiltration minimale est d'environ 10 m (largeur de la drève du milieu).

Le gradient le plus élevé est donc de 1 m (0,30 m de variation altimétrique + 0,70 m de charge maximale résultante du plan d'eau d'inondation dans le casier amont), pour 10 m, soit 0,1.

La perméabilité moyenne des horizons limono-argileux à argilo-limoneux jusqu'à 0,60 m environ, est comprise entre 10^{-7} m/s et 10^{-6} m/s ; à partir de cette profondeur, la texture argileuse massive va donner des fourchettes de perméabilité de 10^{-9} à 10^{-8} m/s (maximum), pour lesquelles la conductivité hydraulique est donc parfaitement négligeable.

La « tranche » de sols susceptible de permettre une infiltration horizontale n'excèdera pas 0,50 m.

Les longueurs de contact respectives entre Bam5 et Bam6, entre Bam7 et Bam8, sont : 850 ml et 800 ml.

3.2 Résultats

Vitesses d'infiltration horizontale et temps de parcours :

Elles sont comprises entre 10^{-8} et 10^{-7} m/s : on retiendra la seconde valeur, plus défavorable.

Les temps de parcours entre un casier amont et le casier aval, au plus court (traversée des drèves), sont donc de l'ordre de 10^8 à 10^9 s ($t = L/V$) : on retiendra la première valeur, la plus défavorable et cohérente avec la vitesse retenue.

Le temps du parcours le plus court est donc de 10^8 secondes, soit environ 1200 jours (près de 4 ans).

Ainsi, même si l'on avait considéré des perméabilités de limons de l'ordre de 10^{-5} , le temps de transit par écoulements souterrains, entre 2 casiers contigus, dépasserait 100 jours.

Le temps des écoulements souterrains n'est donc absolument pas à la même échelle que les crues, fussent-elles de type « longues crues hivernales ».

Débits cumulés d'infiltration horizontale :

Ce calcul est désormais anecdotique mais pour l'exercice, on constate donc dans la pire des hypothèses, que le débit de communication par les infiltrations d'un casier amont à un casier aval contigu, n'excèdera pas $0,5 \cdot 10^{-4}$ m³/s/km de bords ($Q = V \cdot S$ avec $S = e \cdot L$, e étant l'épaisseur de sol « perméable » et L la longueur de contact).

Au pire, en retenant une hypothèse de sols limoneux, on obtient un débit de $0,5 \cdot 10^{-3}$ m³/s/km, soit **moins de 0,5 l/s de débit inter-casiers** (moins de 40 m³/jour), puisque les longueurs contigües bam5/Bam6 et Bam7/Bam8 sont respectivement de 850 et 800 ml environ.

Hypothèse complémentaire :

Supposons qu'aux abords des drèves et sous les drèves, la nature des sols remaniés et matériaux constitutifs des drèves, génère des perméabilités de 10^{-4} voire 10^{-3} m/s (valeurs qu'aucune donnée ne vient étayer à ce jour).

On obtiendrait dans cette hypothèse absolument extrême, un débit résultant de 50 l/s/km, soit moins de 45 l/s en fait entre casiers contigus, soit 3.500 à 4.000 m³/jour : ce volume serait largement absorbé par les fossés des casiers en aval et restitué sans décalage aux Berquigneuls.

Conclusions :

Nous constatons donc que le temps d'infiltration varie significativement en fonction du paramètre de perméabilité.

Cependant, même les valeurs correspondantes à la perméabilité la plus haute (y compris, ne correspondant plus aux sols rencontrés in situ) montrent qu'aucune inondation indirecte significative et dommageable, de la zone des aménagements vers les zones aval, ne sera possible durant les périodes de fonctionnement.

Chapitre 3 - Analyse bathymétrique et potentiels de stockage

1 Introduction

La Forêt domaniale de Nieppe et ses alentours sont caractérisés a priori par une capacité potentielle de stockage d'eau très importante ; la topographie très plane permet de définir un découpage quasiment continu de zones potentiellement ou réellement inondables, déterminées et délimitées par :

- Les grands drains naturels (la Bourre, les Berquigneuls, la Lys), dont les « lits majeurs » en rive droite et rive gauche constitue les casiers les zones potentiellement inondables les plus naturelles à définir (éventuellement distincts entre rive droite et rive gauche selon les fonctionnements hydrauliques)
- Les grands drains « perchés » (canaux endigués et merlonnés), qui font obstacle ou contrainte aval à la libre circulation des eaux et délimitent des zones distinctes en rive droite et rive gauche, qui seraient potentiellement inondables sans ces obstacles ;
- Les principales voiries (et pour la forêt, les principales drèves), qui constituent à la fois des obstacles (si elles sont hors d'eau), des enjeux et des zones de communication inter-casiers, par surverse en cas de niveaux d'eau élevés, et des éléments de drainage et de communication des casiers, par les grands fossés qui les bordent et par les aqueducs qui assurent des rétablissement hydrauliques.

Selon ces éléments, La forêt de Nieppe a ainsi été fractionnée en plusieurs secteurs qui seront appelés par la suite « casiers ». Ensuite, chaque casier a été objet d'une analyse bathymétrique numérique afin de calculer le potentiel de stockage.

La sectorisation en casier est le résultat d'un travail approfondi de reconnaissance de terrain associé à une étude soigneuse du territoire.

Dans l'ensemble, les casiers ont donc été définis en fonction des limites naturelles et surtout anthropiques présentes sur le secteur d'étude, celles-ci étant listées ci-dessous :

- Pour la forêt de Nieppe :
 - Les drèves,
 - La lisière de la forêt, qui correspond généralement avec les ceintures (fossés),
 - Hydrographie, canal et cours d'eau.
- Pour l'alentour de la forêt :
 - Hydrographie, canaux et fossés,
 - Routes,
 - Secteurs topographiquement homogènes.

L'analyse bathymétrique de chaque casier est réalisée grâce au LIDAR. Cet outil permet de calculer pour un niveau d'eau dans le casier la superficie occupée par l'eau et donc le volume en eau stocké.

Le détail de l'organisation des casiers est présenté au § 2.

Les courbes bathymétriques de chaque secteur sont présentées au § 3.

2 Définition des casiers du périmètre d'étude

La Forêt domaniale de Nieppe a été scindée en 26 casiers, et ses alentours en 15 casiers, pour un total de 41 casiers (et 45 entités au total, voir découpage du bois Moyen).

2.1 Fractionnement et drains principaux de la forêt de Nieppe

Les détails du fractionnement de la Forêt de la Nieppe sont présentés ci-dessous :

- Le Bois d'Amont a été scindé en 8 casiers, appelés « BAm1 », « BAm2 », « BAm2 », « BAm4 », « BAm5 », « BAm6 », « BAm7 », à « BAm8 ».

Les casiers impairs sont délimités à Nord par le canal de la Nieppe et à Sud par la drève du milieu ; en revanche les casiers pairs sont délimités à sud par les ceintures de lisière de la forêt. En transversal, les casiers sont fractionnés en fonction de la drève du Gland, de la drève du Paradis et de la RD916.

Le drainage principal des casiers impairs Bam1 à Bam7, et de bam8, est assuré par le Berquigneul, via les fossés de drainage. Bam1 est également drainé par le fossé de ceinture.

Le drainage principal des casiers Bam2, Bam4, Bam6, via les fossés, a pour émissaire le fossé de ceinture sud.

- Le Bois Moyen a été divisé en 9 casiers, de « BM1 » à « BM9 ».

Les casiers sont délimités par les fossés de ceinture, la drève de l'Epinette, et délimité par la drève du Milieu (comme pour le bois d'Amont, la drève du Milieu délimite les casiers « impairs » au nord et « pairs » au sud, la drève du Bail, la drève du Cornet Malo, la drève du Sart.

Le drainage principal de BM1 à BM4 est assuré par le second Berquigneul, alors que BM5 à BM9 ont principalement pour émissaires le Petit Berquigneul et les fossés de ceinture.

Compte tenu de leurs étendues et topographies, les casiers Bam4 et Bam6 ont été subdivisés en 3 sous-casiers chacun (a, b, c), ce qui porte à 30 le nombre d'entités effectivement étudiées.

- Le Bois des Vaches constitue un seul casier « BVa », ainsi que le Bois Bramsart « BBr ».

Ils sont respectivement drainés par des fossés vers le fossé de ceinture nord (Bais des Vaches) et par le bras de la Bourre et la Bourre (bois Bramsart).

- Quatre secteurs scindent le Bois d'Aval : « BAv1 », « BAv2 », « BAv3 », « BAv4 », de part et d'autre de la drève du Marais Noir notamment.

Ils sont drainés par la Bourre (partie Ouest) et par une petite becque non rectifiée vers les fossés de ceinture (partie Est)

- Le Bois Flamingue compte un casier « BFI, ainsi que le Bois d'Hazebrouck « BHa », le Bois Clebert « BCI ».

Le bois Flamingue est drainé par le bras de la Bourre (liaison Papoote Becque + déverse canal d'Hazebrouck → Bourre).

Les bois d'Hazebrouck et le bois Clébert sont drainés vers la Papoote Becque.

2.2 Fractionnement et drains principaux des alentours de la forêt de Nieppe

Les 15 casiers définis autour de la forêt de Nieppe, ont pour caractéristiques :

- De partager des drains avec des parties de la forêt (Papoote Becque, Bourre, becques secondaires et fossés de ceinture Nord...);
- Et/ou D'être riverains des canaux longeant et traversant la forêt de Nieppe ;
- De présenter le plus souvent, des enjeux (constructions, routes, cultures) sous forme notamment d'habitats isolés ou groupés ;
- De présenter des topographies proches, et parfois plus basses, que les secteurs de la forêt dont ils sont contigus.

Il est à noter que ce découpage a été étendu par la suite lors de l'étude d'inondabilité sur le bassin versant de la Bourre, et que, in fine, tous les alentours sont décrits en tant que casiers et par conséquent modélisés en tant que tels.

Seuls sont représentés ici les casiers directement en lien avec la forêt.

Schématiquement :

- Les casiers LBCI, LBHa, SB et RV, sont situés en « amont » de la forêt et concernés par une éventuelle sur-inondation de parties de la forêt, compte tenu de leurs topographies respectives qui pourrait induire des remontées de contraintes aval importantes.

Ce sont aussi, intrinsèquement et en situation actuelle, des secteurs déjà affectés par des phénomènes d'inondations et de défauts d'écoulements de leurs drains existants.

- Les casiers « Parc » (Ouest, Centre, Est) et PàV (Nord, Sud), sont enclavés dans la forêt et traversés ou délimités par le réseau des canaux et des fossés de ceinture ; ils sont en situation de vulnérabilité hydraulique de part cette situation, soit par inondabilité soit par isolement partiel.
- Le casier CB riverain de la Bourre en sortie de la forêt, est le plus immédiatement affecté en cas de crue en situation actuelle, et serait situé en aval de rétentions d'eau en cas d'aménagement du bois d'aval.
- Les 5 casiers LBAm et LBM sont d'abord concernés par les remontées de contrainte aval voire les débordements directs en cas de crues de la Lys ; ils sont riverains des Berquigneuls et à ce titre potentiellement vulnérables en cas d'éventuels débordements de ceux-ci.

Figure 9 : Fractionnement de la forêt de Nieppe en casiers sur fond de carte BD Ortho

Figure 10 : Fractionnement de la forêt de Nieppe en casiers sur fond de carte LIDAR

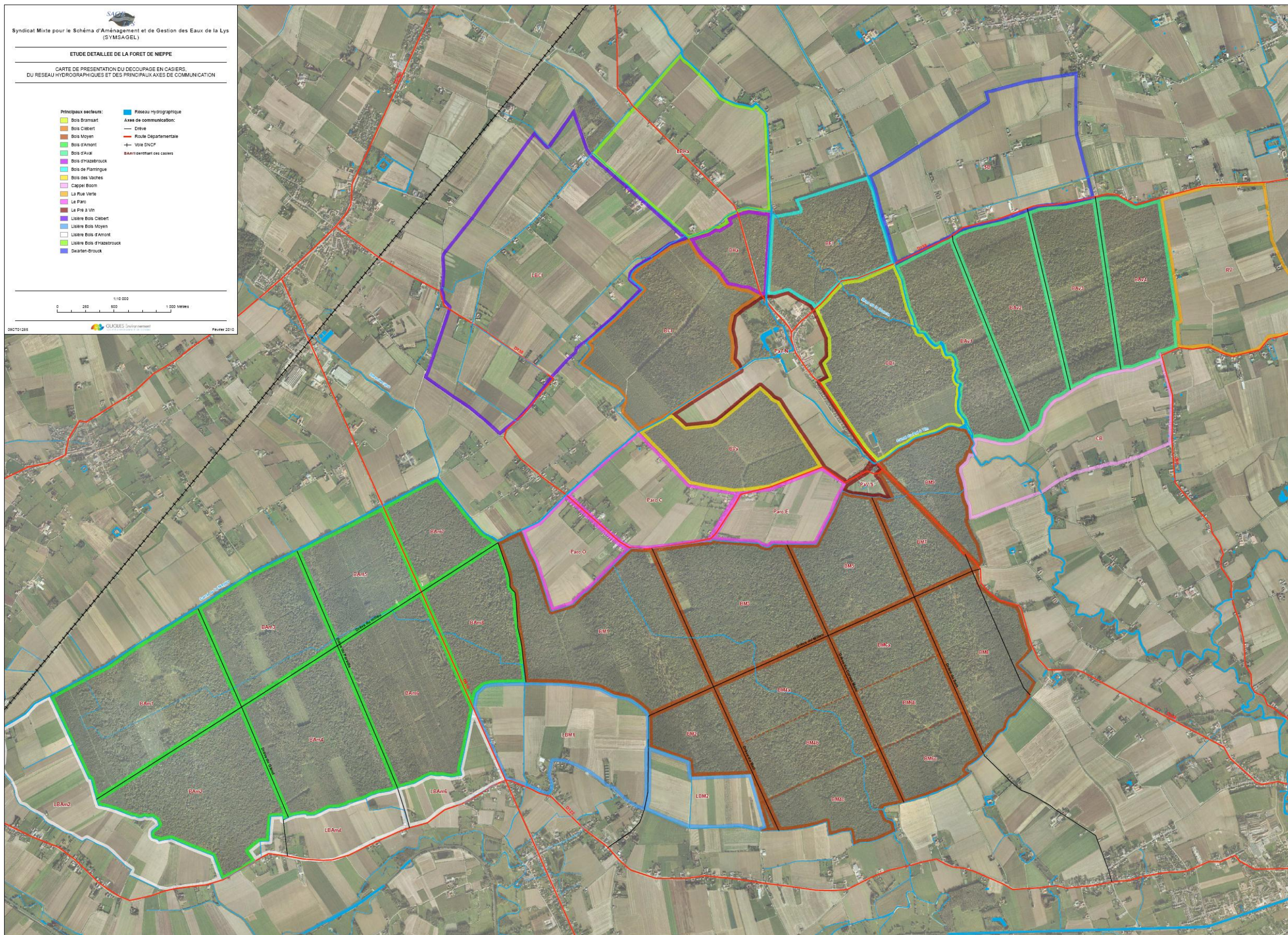


Figure 9 : Fractionnement de la forêt de Nieppe en casiers sur fond de carte BD Ortho

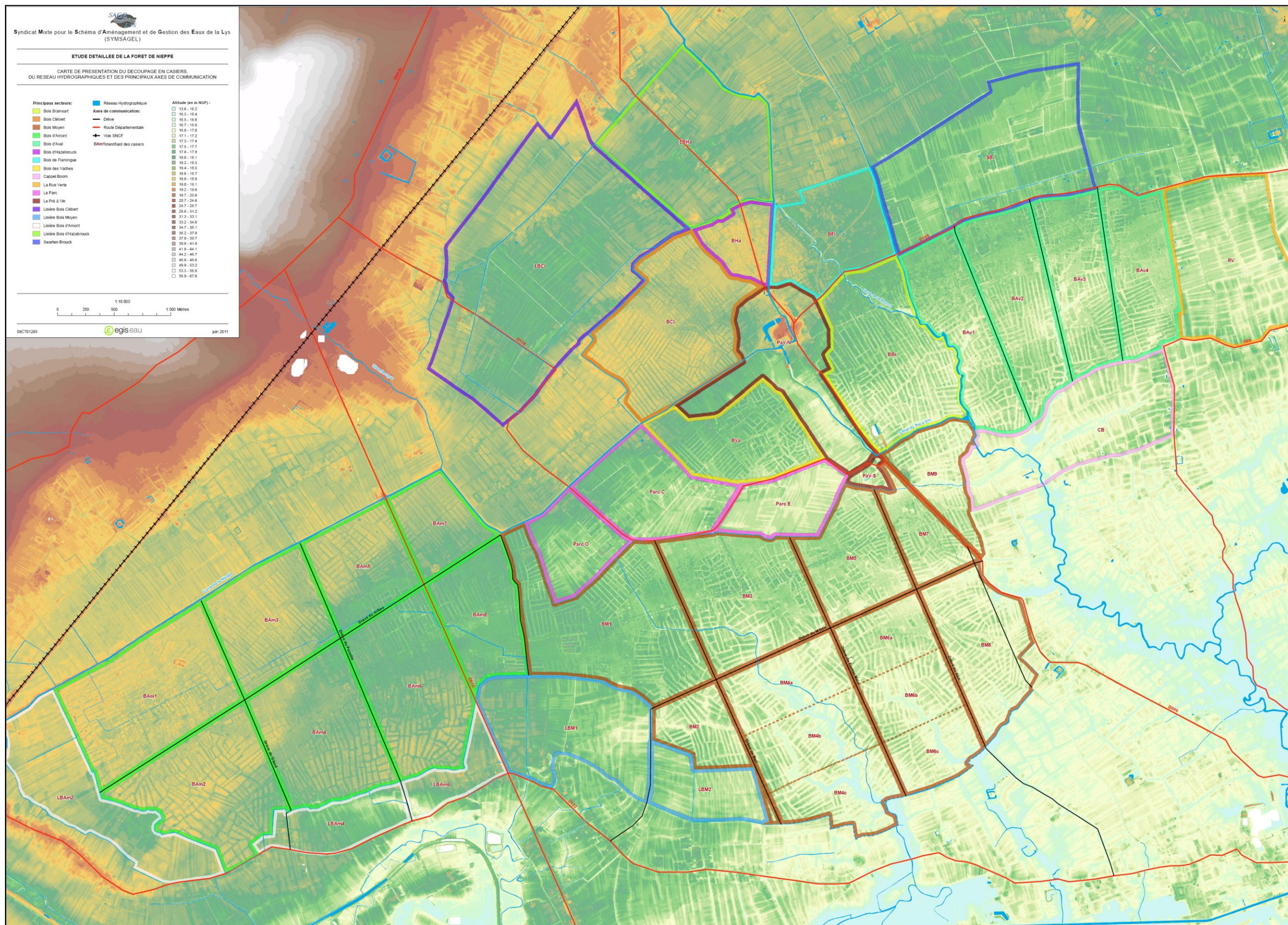


Figure 10 : Fractionnement de la forêt de Nieppe en casiers sur fond de carte LIDAR

3 Analyse bathymétrique des casiers

Le présent paragraphe liste la bathymétrie de chaque casier de la Forêt domaniale de Nieppe, par boisement.

Grille de lecture et interprétation :

Dans l'ensemble du paragraphe :

- Les cotes sont exprimées en mNGF,
- Les superficies sont exprimées en m²,
- Les volumes sont exprimés en m³,
- Le point bas (cote de départ de la courbe bathymétrique) est issu de l'analyse du MNT LIDAR et correspond à un « pseudo-fond de fossé » relevé par la méthode LIDAR, qui exclut les fond de fossés en eau et présente aussi une forte incertitude lorsque ces fonds de fossés sont fortement envahis par la végétation.

In fine, les casiers comportent donc vraisemblablement des points plus bas que les points bas indiqués, mais il s'agira de fond de fossés soit en eau, soit assez étroits, ne gérant en conséquence pas de stockage significatif.

A partir des cotes de « faux fond », ainsi déterminées, le point d'inflexion des courbes indique la cote à partir de laquelle, pour chaque casier, on passerait d'un « stockage linéaire » mobilisant presque exclusivement les tranches supérieures des fossés, à un stockage par inondation ou sur-inondation s'étendant aux zones basses d'abord, puis de plus en plus étendues, des casiers.

Les hauteurs de submersion les plus hautes sont un exercice strictement analytique théorique, visant surtout à atteindre la submersion « théorique » de l'ensemble du casier considéré.

Pour chaque casier, nous livrons tableau résumé d'interprétation, indiquant :

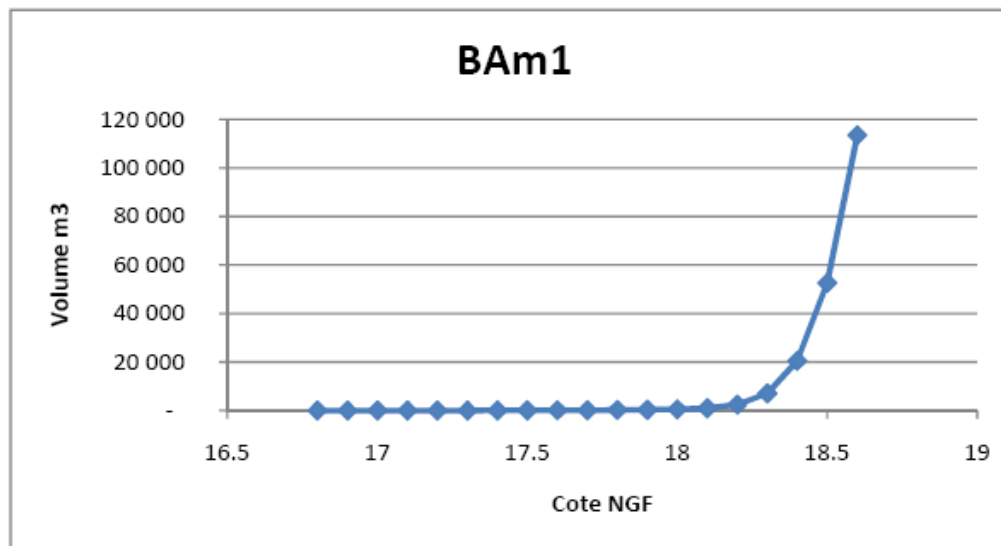
- La cote que nous considérons être celle du passage du stockage en fossés au stockage par débordements, et le volume correspondant (ainsi que les surfaces absolues et en % de la superficie totale du casier) ;
- La cote correspondant à + 0,50 m par rapport à la cote de transition précédente, ce qui signifie, schématiquement, que certaines parties arborées, se trouveraient de manière certaine, inondées avec 0,50 m d'eau (au maximum), le volume et la surface inondée correspondants ;
- La cote correspondant à une mobilisation d'environ 10% de la surface d'un casier, le volume et l'aire de submersion correspondants ;
- La cote correspondant à une mobilisation d'environ 25% de la surface d'un casier, le volume et l'aire de submersion correspondants.

Ces cotes, aires et volumes ne préjugent pas des cotes étudiées ou proposées au chapitres 3 et 4, mais visent à hiérarchiser les potentiels des différents secteurs de la forêt et à évaluer le potentiel global et par grande partie, de manière « réaliste ».

3.1 Bois d'Amont

Tableau 3 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm1

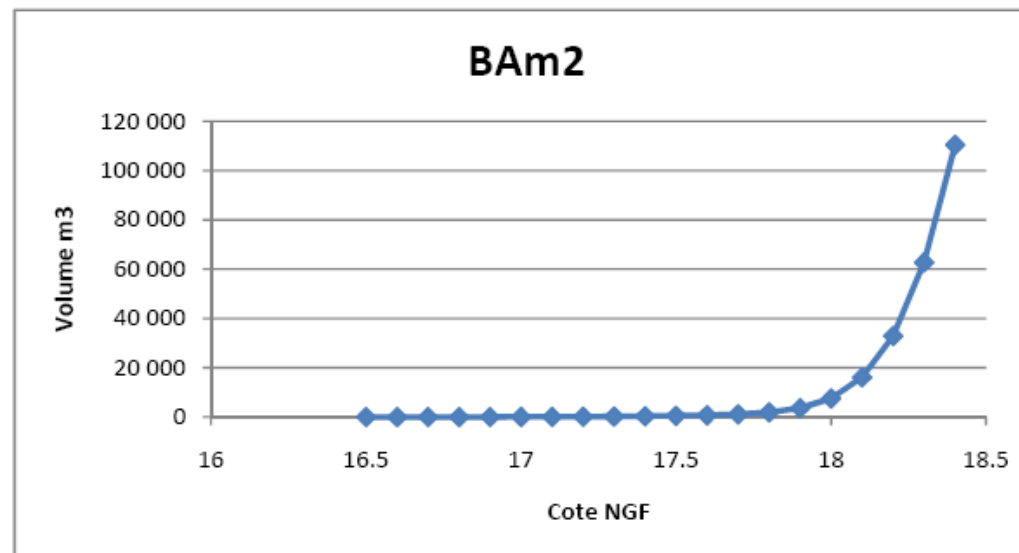
BAm1	mini: 16.72	maxi: 21.34
cote	surface	volume
16.8	-	-
16.9	3	0
17	9	1
17.1	19	2
17.2	44	5
17.3	88	11
17.4	176	23
17.5	306	46
17.6	472	83
17.7	635	137
17.8	816	208
17.9	1 186	304
18	2 663	474
18.1	8 044	940
18.2	25 834	2 434
18.3	77 811	7 076
18.4	212 707	20 474
18.5	453 976	52 587
18.6	775 143	113 421
18.7	1 064 264	206 200
18.8	1 251 487	323 192
18.9	1 352 947	454 272
19	1 398 343	592 333



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	18,20	25 834	2 434	2%
Submersion ≈ 10%	18,35	145 259	13 775	10%
Submersion ≈ 25%	18,45	333 342	36 531	24%
Hmax submersion = 0,50 m	18,70	1 064 264	206 200	76%

Tableau 4 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm2

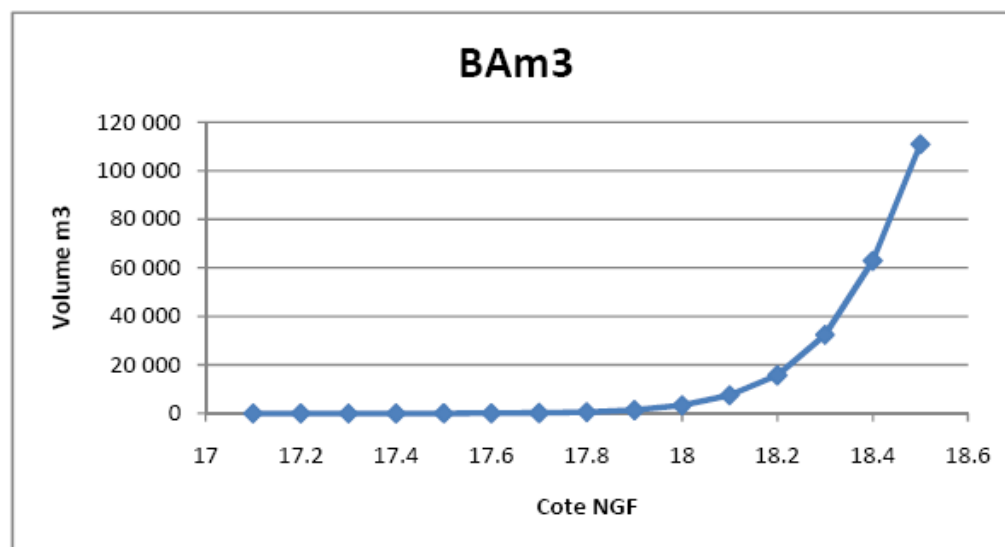
BAm2	mini: 16.48	maxi: 21.71
cote	surface	volume
16.5	0	0
16.6	0	0
16.7	2	0
16.8	10	1
16.9	70	3
17	200	16
17.1	376	43
17.2	639	90
17.3	1 002	170
17.4	1 483	291
17.5	2 089	466
17.6	2 927	710
17.7	5 356	1 093
17.8	11 366	1 873
17.9	25 860	3 609
18	57 859	7 516
18.1	120 972	16 087
18.2	226 317	32 864
18.3	381 438	62 724
18.4	579 230	110 422
18.5	786 394	178 674
18.6	973 342	266 975
18.7	1 115 900	372 078
18.8	1 196 446	488 491
18.9	1 223 674	609 916
19	1 229 375	732 702



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,90	25 860	3 609	2%
Submersion ≈ 10%	18,10	120 972	16 087	10%
Submersion ≈ 25%	18,25	303 878	47 794	25%
Hmax submersion = 0,50 m	18,40	579 230	110 422	47%

Tableau 5 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm3

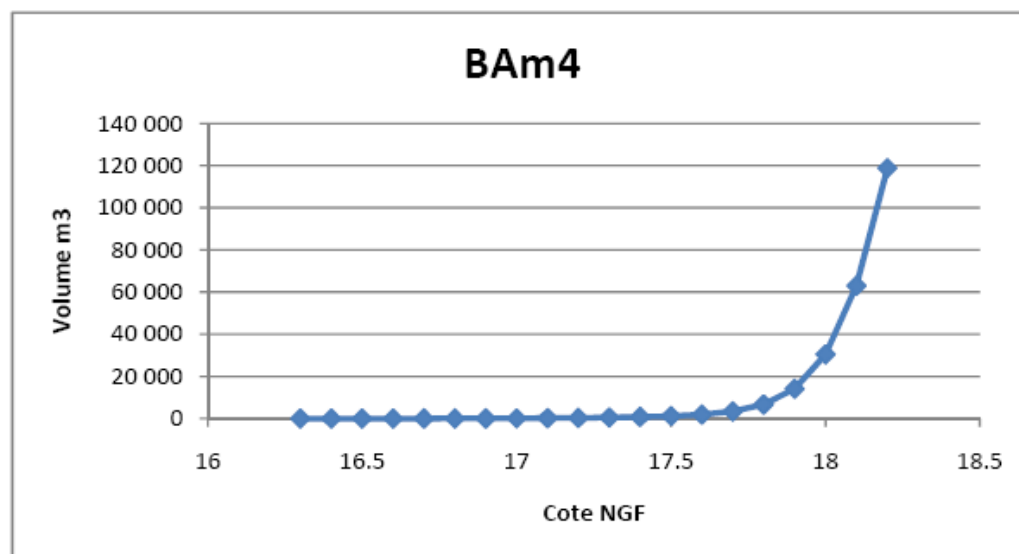
BAm3	mini: 17.08	maxi: 20.19
cote	surface	volume
17.1	0	0
17.2	0	0
17.3	4	0
17.4	34	1
17.5	185	10
17.6	647	46
17.7	1 978	162
17.8	5 021	482
17.9	13 020	1 309
18	29 087	3 300
18.1	57 943	7 467
18.2	115 795	15 679
18.3	230 097	32 353
18.4	390 298	62 913
18.5	576 350	110 924
18.6	763 792	178 192
18.7	877 017	261 275
18.8	916 285	351 630
18.9	927 909	444 051
19	931 994	537 101



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	18,10	57943	7467	6%
Submersion ≈ 10%	18,20	115 795	15 679	12%
Submersion ≈ 25%	18,30	230 097	32 353	25%
Hmax submersion = 0,50 m	18,60	763792,00	178192,00	82%

Tableau 6 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm4

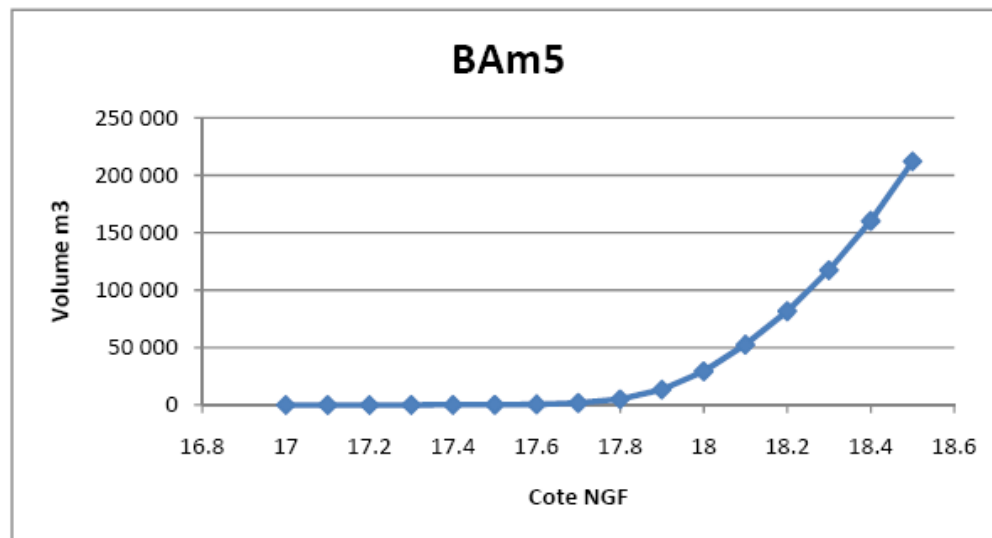
BAm4	mini: 16.2	maxi: 19.36
cote	surface	volume
16.3	0	0
16.4	2	0
16.5	16	1
16.6	48	4
16.7	102	11
16.8	218	25
16.9	433	57
17	690	112
17.1	1 011	195
17.2	1 495	317
17.3	2 201	499
17.4	3 348	769
17.5	5 411	1 190
17.6	9 868	1 912
17.7	21 810	3 373
17.8	49 032	6 703
17.9	109 307	14 095
18	234 349	30 460
18.1	435 505	62 963
18.2	682 879	118 776
18.3	888 163	198 086
18.4	1 042 303	295 027
18.5	1 146 100	405 143
18.6	1 188 951	522 492
18.7	1 205 653	642 440
18.8	1 211 308	763 387
18.9	1 213 492	884 657
19	1 214 430	1 006 069



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,80	49 032	6 703	4%
Submersion ≈ 10%	17,90	109 307	14 095	9%
Submersion ≈ 25%	18,00	234 349	30 460	19%
Hmax submersion = 0,50 m	18,30	888 163	198 086	73%

Tableau 7 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm5

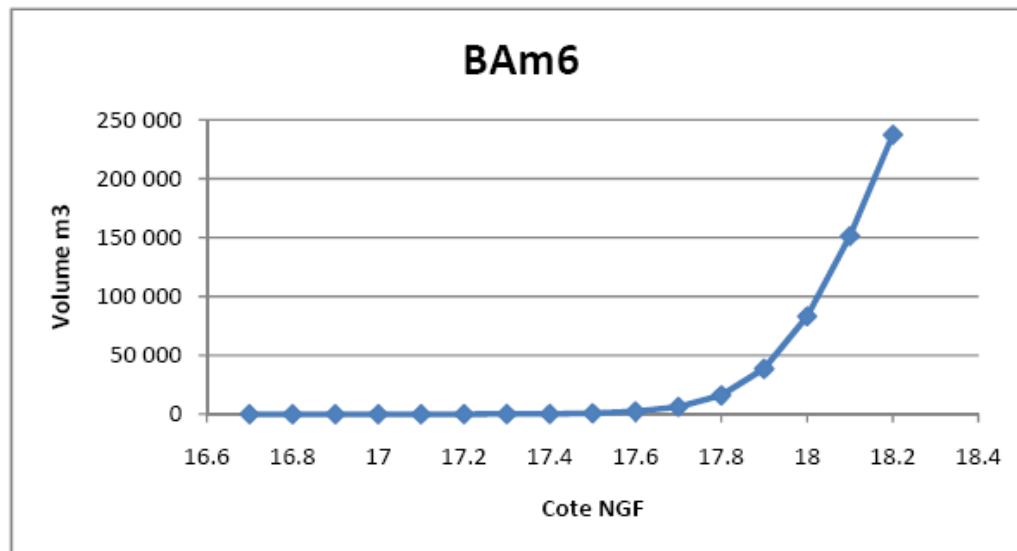
BAm5	mini: 16.95	maxi: 21.17
cote	surface	volume
17	0	0
17.1	2	0
17.2	26	1
17.3	108	6
17.4	588	32
17.5	2 367	157
17.6	6 862	568
17.7	18 871	1 719
17.8	53 607	4 991
17.9	120 199	13 361
18	198 550	29 304
18.1	261 717	52 487
18.2	322 694	81 609
18.3	392 926	117 361
18.4	469 375	160 314
18.5	572 647	212 077
18.6	671 523	274 633
18.7	717 466	344 704
18.8	728 844	417 281
18.9	732 580	490 404
19	734 329	463 762
19.1	735 560	637 263
19.2	736 128	710 855
19.3	736 461	784 486
19.4	736 853	858 152
19.5	737 225	931 856



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,80	53 607	4 991	7%
Submersion ≈ 10%	17,85	86 903	9 176	12%
Submersion ≈ 25%	17,95	159 375	21 333	22%
Hmax submersion = 0,50 m	18,30	392 926	117 361	53%

Tableau 8 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm6

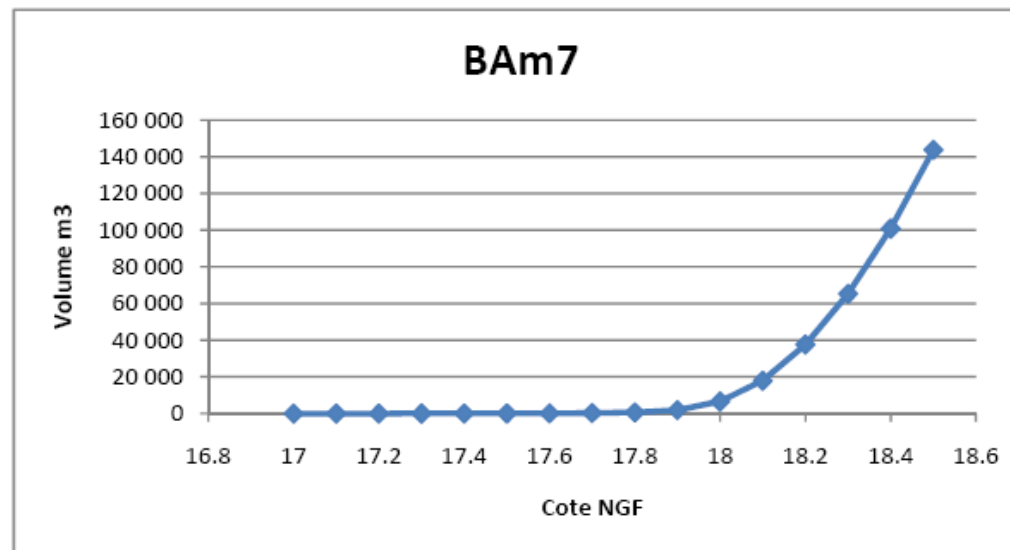
BAm6	mini: 16.61	maxi: 19.47
cote	surface	volume
16.7	1	0
16.8	2	0
16.9	8	1
17	25	2
17.1	90	7
17.2	304	23
17.3	1 002	79
17.4	3 117	259
17.5	8 546	778
17.6	23 699	2 242
17.7	61 518	6 127
17.8	149 795	16 015
17.9	323 648	38 561
18	572 593	83 025
18.1	780 293	151 287
18.2	927 656	237 323
18.3	1 033 936	335 800
18.4	1 118 941	443 669
18.5	1 182 630	558 975
18.6	1 219 077	679 383
18.7	1 233 331	802 211
18.8	1 237 291	925 827
18.9	1 238 205	1 049 625
19	1 238 347	1 173 457



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,70	61 518	6 127	5%
Submersion ≈ 10%	17,80	149 795	16 015	12%
Submersion ≈ 25%	17,90	323 648	38 561	26%
Hmax submersion = 0,50 m	18,20	927 656	237 323	75%

Tableau 9 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm7

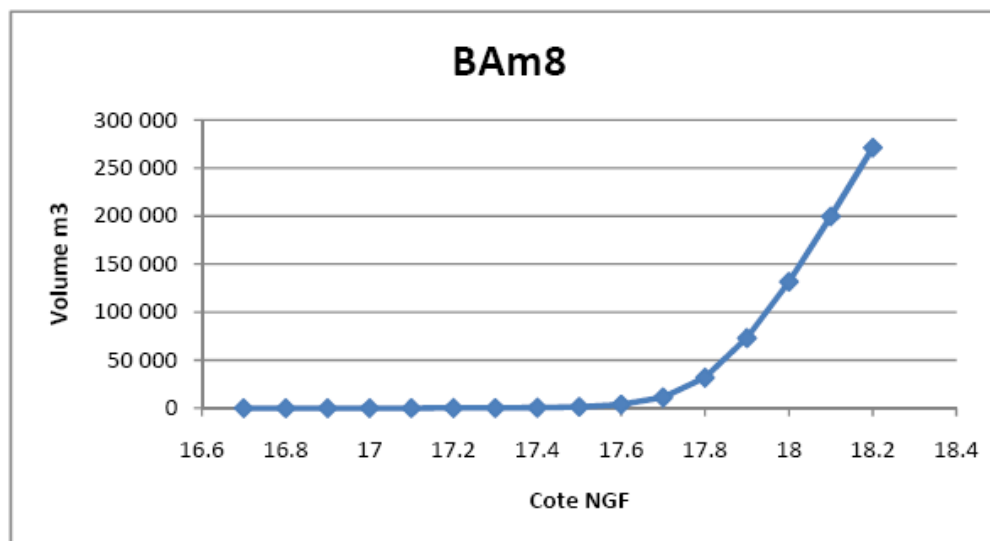
BAm7	mini: 16.92	maxi: 21.19
cote	surface	volume
17	1	0
17.1	43	1
17.2	130	10
17.3	215	27
17.4	318	52
17.5	611	95
17.6	1 162	179
17.7	2 003	329
17.8	5 062	624
17.9	25 012	1 849
18	76 280	6 568
18.1	155 467	17 917
18.2	238 103	37 628
18.3	315 443	65 321
18.4	395 072	100 872
18.5	457 709	143 814
18.6	483 865	191 253
18.7	492 214	240 160
18.8	499 044	289 726
18.9	506 679	340 022
19	512 264	390 993
19.1	515 832	442 425
19.2	517 341	494 105
19.3	517 991	545 878
19.4	518 394	597 699
19.5	518 631	649 552



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,90	25 012	1 849	5%
Submersion ≈ 10%	17,95	50 646	4 209	10%
Submersion ≈ 25%	18,05	115 874	12 243	22%
Hmax submersion = 0,50 m	18,40	395 072	100 872	76%

Tableau 10 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAm8

BAm8	mini: 16.62	maxi: 19.34
cote	surface	volume
16.7	0	0
16.8	8	0
16.9	36	2
17	137	9
17.1	325	30
17.2	745	78
17.3	1 764	192
17.4	4 779	478
17.5	13 902	1 314
17.6	41 248	3 741
17.7	123 336	11 132
17.8	308 764	31 748
17.9	509 126	72 979
18	646 173	131 570
18.1	702 320	199 690
18.2	724 218	271 244
18.3	735 257	344 334
18.4	741 285	418 204
18.5	745 031	492 545
18.6	747 371	567 182
18.7	749 504	642 031
18.8	751 085	717 066
18.9	751 846	792 226
19	751 950	867 419
19.1	751 976	942 616
19.2	751 980	1 017 815
19.3	751 980	1 093 013
19.4	751 980	1 168 211
19.5	751 980	1 243 409



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,60	41 248	3 741	5%
Submersion ≈ 10%	17,65	82 292	7 437	11%
Submersion ≈ 25%	17,75	216 050	21 440	29%
Hmax submersion = 0,50 m	18,10	702 320	199 690	93%

Comparaison de la capacité volumétrique des huit casiers du Bois d'Amont

Les figures suivantes représentent l'évolution du volume potentiel de stockage de chaque casier en fonction de la superficie en eau. Les courbes de la Figure 11 sont relatives aux casiers pairs se situant au Sud de la drève du milieu et celles de la Figure 12 concernent les casiers impairs au Nord de la même drève, riverains du canal de la Nieppe.

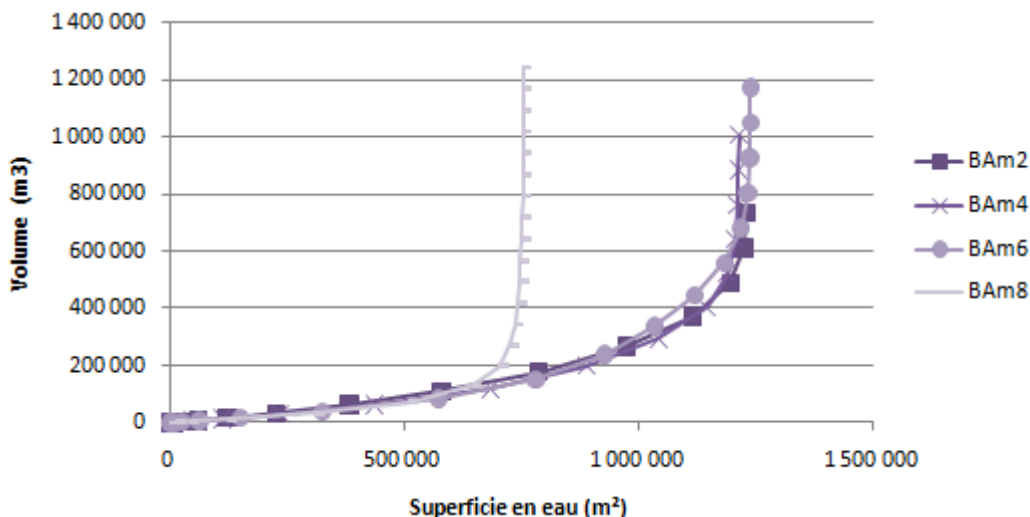


Figure 11 : Volume potentiel de stockage dans les casiers pairs du Bois d'Amont

Les casiers BAm2, BAm4 et BAm6 ont une évolution similaire, alors que celle du casier BAm8 se dissocie nettement : l'aire maximale inondable théorique (= aire totale du casier) étant beaucoup plus réduite que les autres, l'aire asymptotique⁶ est atteinte plus rapidement.

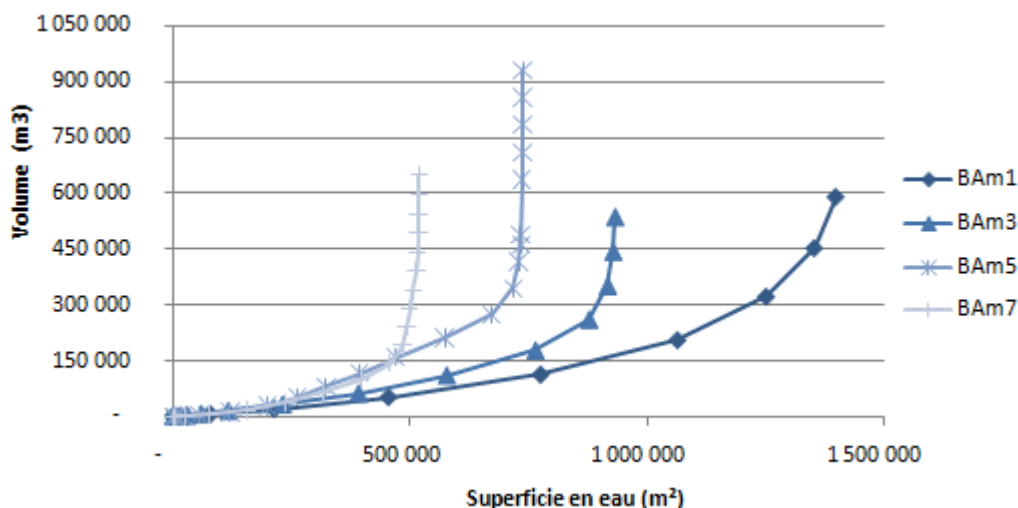


Figure 12 : Volume potentiel de stockage dans les casiers impairs du Bois d'Amont

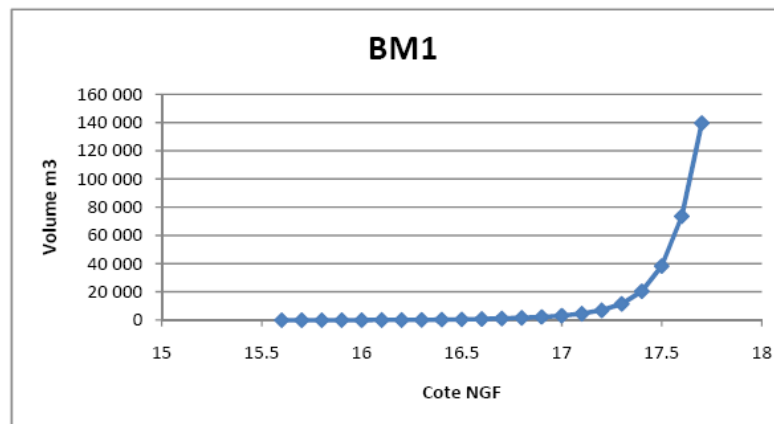
L'évolution des casiers impairs est, en revanche, très variée. En allant hydrauliquement de l'amont vers l'aval, le même volume potentiel de stockage est obtenu pour des superficies en eau au fur et à mesure inférieures.

⁶ Dans cette figure et toutes les figures équivalentes présentées ensuite, l'asymptote verticale est atteinte quand l'étendue totale du casier est touchée par la submersion, et qu'ensuite le seul « moyen » d'augmenter le volume stocké, indépendamment de tous les casiers contigus, serait d'endiguer totalement les côtés du casier.

3.2 Bois Moyen

Tableau 11 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM1

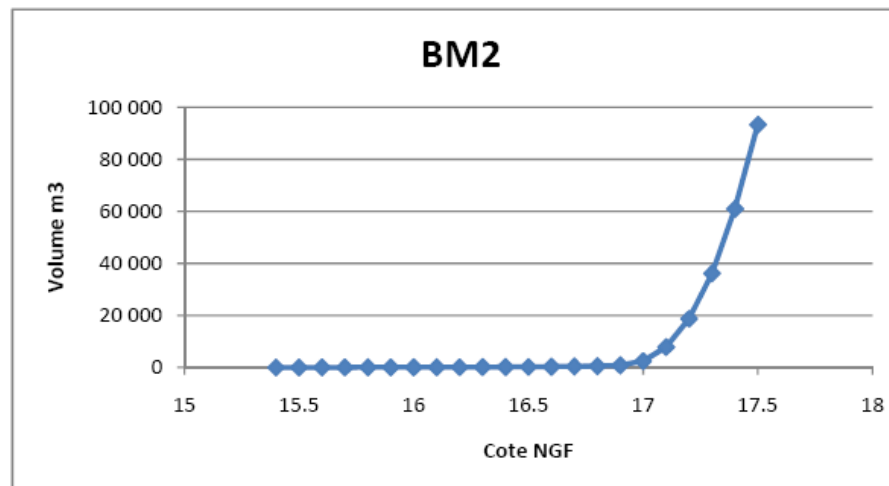
BM1	mini: 15.58	maxi: 19.06
cote	surface	volume
15.6	0	0
15.7	0	0
15.8	5	0
15.9	28	2
16	113	7
16.1	342	27
16.2	663	75
16.3	1 064	159
16.4	1 586	287
16.5	2 289	474
16.6	3 153	740
16.7	4 178	1 101
16.8	5 480	1 576
16.9	7 574	2 212
17	11 053	3 117
17.1	18 010	4 506
17.2	32 647	6 918
17.3	63 428	11 486
17.4	124 953	20 450
17.5	249 415	38 258
17.6	489 672	73 660
17.7	850 886	139 687
17.8	1 213 806	243 948
17.9	1 446 835	378 247
18	1 574 336	530 448
18.1	1 616 746	690 652
18.2	1 626 748	853 178
18.3	1 633 942	1 016 440
18.4	1 635 933	1 179 946
18.5	1 637 411	1 343 621
18.6	1 638 122	1 507 409
18.7	1 638 434	1 671 239
18.8	1 638 701	1 835 096
18.9	1 638 889	1 998 977
19	1 638 924	2 162 869



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,30	63 428	11 486	4%
Submersion ≈ 10%	17,45	187 184	29 354	11%
Submersion ≈ 25%	17,55	369 544	55 959	23%
Hmax submersion = 0,50 m	17,80	1 213 806	243 948	74%

Tableau 12 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM2

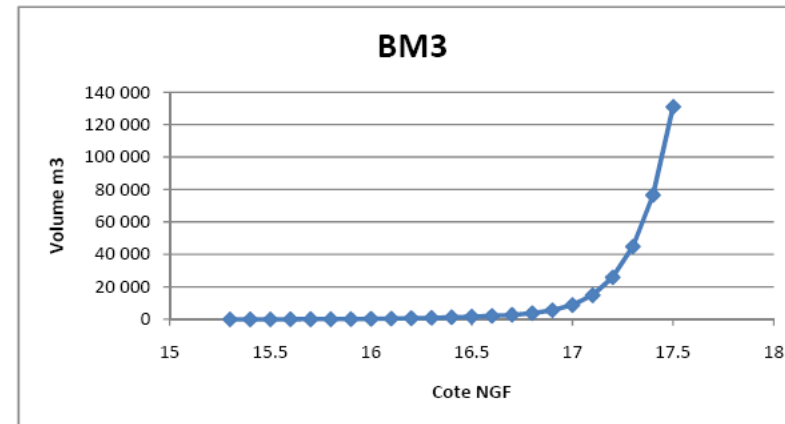
BM2	mini: 15.39	maxi: 18.38
cote	surface	volume
15.4	0	0
15.5	5	0
15.6	42	2
15.7	85	8
15.8	115	18
15.9	141	30
16	167	46
16.1	201	64
16.2	252	86
16.3	317	113
16.4	406	149
16.5	529	194
16.6	722	255
16.7	1 026	340
16.8	1 741	472
16.9	6 192	775
17	32 717	2 425
17.1	79 513	7 832
17.2	140 353	18 682
17.3	210 245	36 119
17.4	286 348	60 941
17.5	358 734	93 254
17.6	415 231	132 174
17.7	451 098	175 722
17.8	467 066	221 857
17.9	471 133	268 837
18	472 484	316 035
18.1	472 914	363 314
18.2	473 024	410 614
18.3	473 033	457 917
18.4	473 033	505 221
18.5	473 033	552 524



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,00	32 717	2 425	7%
Submersion ≈ 10%	17,05	56 115	5 129	12%
Submersion ≈ 25%	17,15	109 933	13 257	23%
Hmax submersion = 0,50 m	17,50	358 734	93 254	76%

Tableau 13 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM3

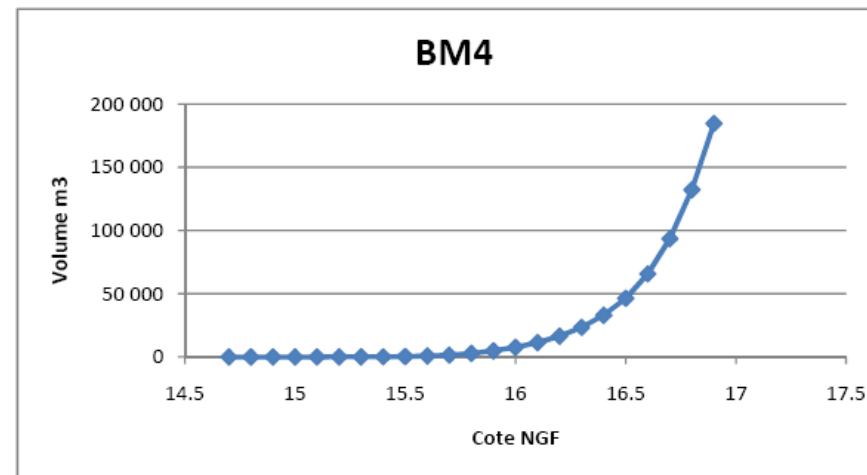
BM3	mini: 15.22	maxi: 22.31
cote	surface	volume
15.3	0	0
15.4	3	0
15.5	37	2
15.6	106	8
15.7	293	25
15.8	593	66
15.9	1 008	144
16	1 443	264
16.1	1 909	430
16.2	2 360	641
16.3	2 837	900
16.4	3 404	1 210
16.5	4 183	1 584
16.6	5 522	2 058
16.7	8 174	2 720
16.8	13 547	3 766
16.9	23 780	5 555
17	43 854	8 793
17.1	81 970	14 833
17.2	145 312	25 859
17.3	243 537	44 830
17.4	413 973	76 630
17.5	698 120	131 051
17.6	977 113	215 693
17.7	1 146 901	323 179
17.8	1 218 280	442 365
17.9	1 242 459	565 755
18	1 250 133	690 503
18.1	1 252 714	815 693
18.2	1 253 485	941 021
18.3	1 250 701	1 066 386
18.4	1 253 739	1 191 759
18.5	1 253 753	1 317 134
18.6	1 253 764	1 442 510
18.7	1 253 775	1 567 887
18.8	1 253 786	1 693 265
18.9	1 253 797	1 818 644
19	1 253 807	1 944 025



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,00	43 854	8 793	3%
Submersion ≈ 10%	17,15	113 641	20 346	9%
Submersion ≈ 25%	17,35	328 755	60 730	26%
Hmax submersion = 0,50 m	17,50	698 120	131 051	56%

Tableau 14 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM4

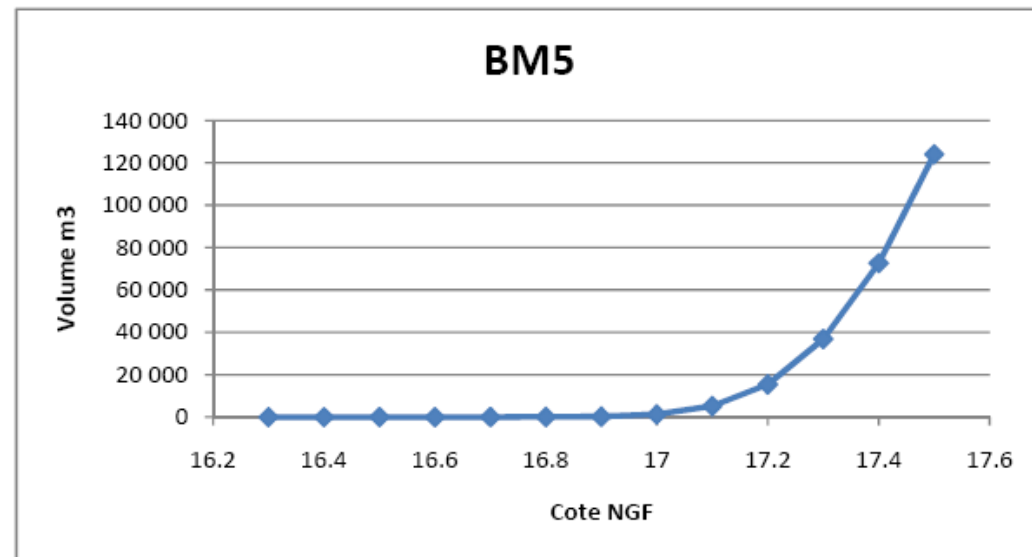
BM4	mini: 14.68	maxi: 18.67
cote	surface	volume
14.7	0	0
14.8	0	0
14.9	20	1
15	67	5
15.1	159	15
15.2	328	38
15.3	602	81
15.4	1 180	163
15.5	2 618	334
15.6	5 695	727
15.7	10 229	1 503
15.8	16 147	2 799
15.9	23 818	4 775
16	32 725	7 582
16.1	43 746	11 376
16.2	58 987	16 446
16.3	81 254	23 380
16.4	112 550	32 959
16.5	160 762	46 367
16.6	231 720	65 737
16.7	328 395	93 432
16.8	451 221	132 146
16.9	604 045	184 529
17	792 280	253 881
17.1	1 011 259	343 760
17.2	1 239 820	456 331
17.3	1 446 359	591 175
17.4	1 603 645	744 219
17.5	1 707 142	910 357
17.6	1 757 121	1 084 099
17.7	1 776 189	1 261 019
17.8	1 783 376	1 439 101
17.9	1 785 592	1 617 592
18	1 786 228	1 796 194



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	16,30	81 254	23 380	5%
Submersion ≈ 10%	16,55	196 241	56 052	11%
Submersion ≈ 25%	16,80	451 221	132 146	25%
Hmax submersion = 0,50 m	16,80	451 221	132 146	25%

Tableau 15 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM5

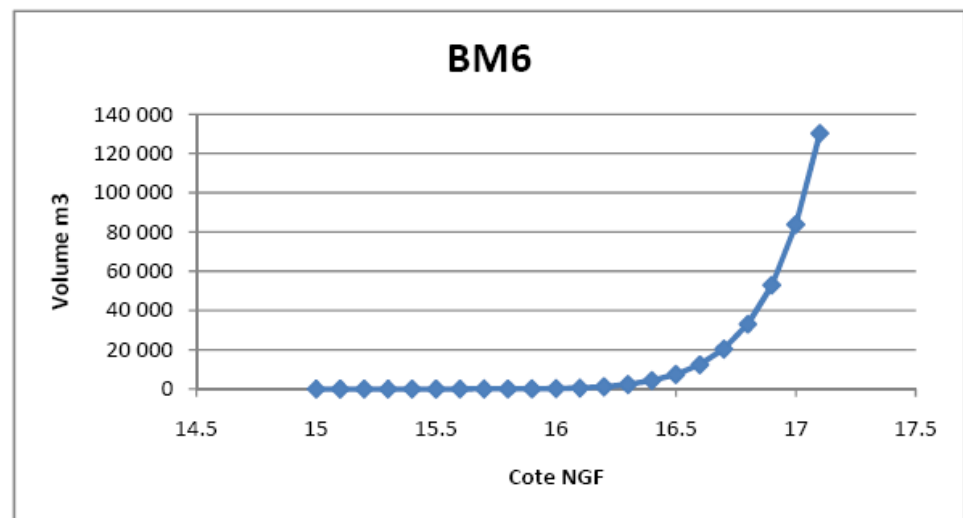
BM5	mini: 16.21	maxi: 18.67
cote	surface	volume
16.3	0	0
16.4	3	0
16.5	10	1
16.6	33	2
16.7	109	8
16.8	512	32
16.9	3 703	178
17	21 640	1 232
17.1	64 463	5 190
17.2	152 262	15 434
17.3	284 108	36 888
17.4	434 827	72 687
17.5	595 677	124 155
17.6	717 813	190 582
17.7	766 599	265 511
17.8	779 717	343 082
17.9	783 911	421 331
18	785 446	499 821
18.1	785 939	578 402
18.2	786 026	657 004
18.3	786 053	735 609
18.4	786 079	814 216
18.5	786 087	892 825
18.6	786 089	971 434
18.7	786 089	1 050 043
18.8	786 089	1 128 652
18.9	786 089	1 207 261
19	786 089	1 285 870



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,10	64 463	5 190	8%
Submersion ≈ 10%	17,15	108 363	10 312	14%
Submersion ≈ 25%	17,25	218 185	26 161	28%
Hmax submersion = 0,50 m	17,60	717 813	190 582	91%

Tableau 16 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM6

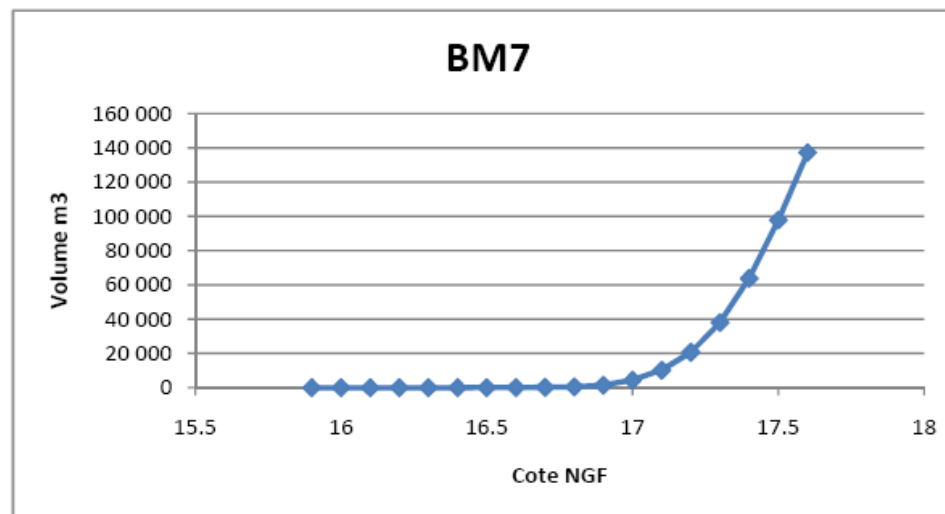
BM6	mini: 14.94	maxi: 19.01
cote	surface	volume
15	0	0
15.1	0	0
15.2	1	0
15.3	7	0
15.4	21	2
15.5	45	4
15.6	90	11
15.7	174	23
15.8	312	46
15.9	776	93
16	2 016	222
16.1	4 173	516
16.2	8 533	1 113
16.3	15 857	2 312
16.4	25 075	4 319
16.5	38 665	7 431
16.6	63 016	12 376
16.7	100 486	20 377
16.8	157 928	33 030
16.9	248 028	52 934
17	379 740	83 760
17.1	560 157	130 222
17.2	778 969	196 896
17.3	1 000 852	286 115
17.4	1 179 793	395 864
17.5	1 279 678	519 648
17.6	1 317 459	650 048
17.7	1 327 315	782 496
17.8	1 329 906	915 407
17.9	1 331 189	1 048 476
18	1 332 085	1 181 644



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	16,60	63 016	12 376	5%
Submersion ≈ 10%	16,80	157 928	33 030	12%
Submersion ≈ 25%	16,95	313 884	68 347	24%
Hmax submersion = 0,50 m	17,10	560 157	130 222	42%

Tableau 17 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM7

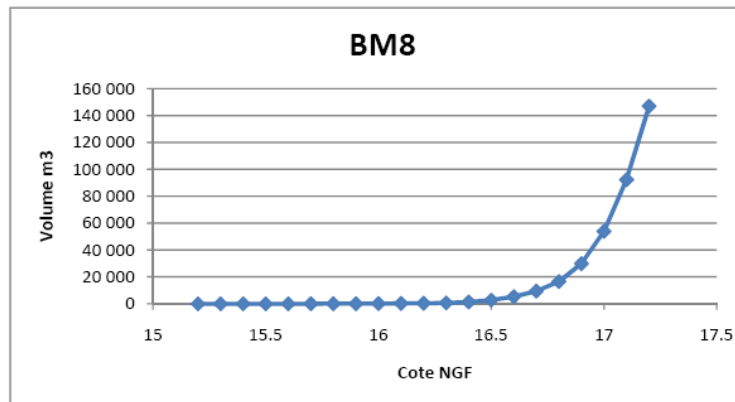
BM7	mini: 15.89	maxi: 18.71
cote	surface	volume
15.9	0	0
16	0	0
16.1	4	0
16.2	29	1
16.3	73	6
16.4	190	18
16.5	423	47
16.6	750	104
16.7	1 473	207
16.8	4 672	462
16.9	18 069	1 463
17	41 837	4 328
17.1	79 526	10 188
17.2	135 664	20 701
17.3	213 978	37 942
17.4	302 625	63 790
17.5	371 578	97 796
17.6	408 404	137 139
17.7	423 187	178 938
17.8	428 211	221 593
17.9	430 305	264 545
18	431 541	307 652
18.1	431 800	350 825
18.2	431 902	394 011
18.3	431 983	437 206
18.4	432 075	480 409
18.5	432 156	523 620
18.6	432 195	566 839
18.7	432 197	610 059
18.8	432 198	653 278
18.9	432 198	696 498
19	432 198	739 718



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,00	41 837	4 328	10%
Submersion ≈ 10%	17,00	41 837	4 328	10%
Submersion ≈ 25%	17,15	107 595	15 445	25%
Hmax submersion = 0,50 m	17,50	371 578	97 796	86%

Tableau 18 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM8

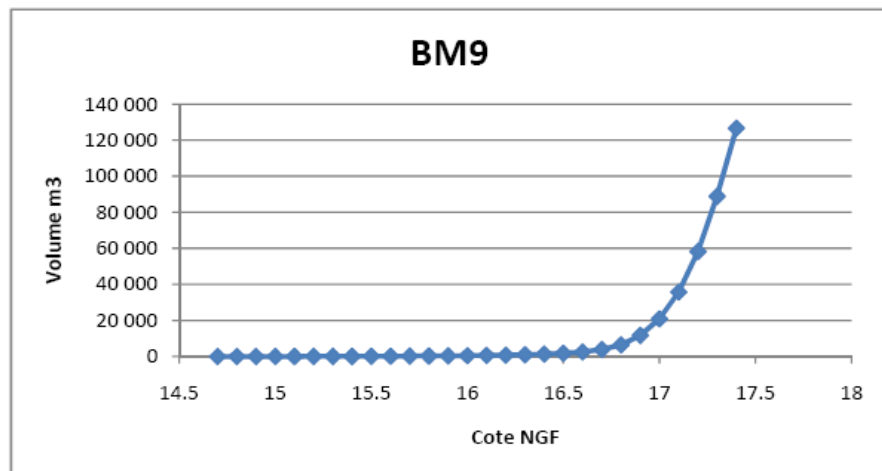
BM8	mini: 15.17	maxi: 19.06
cote	surface	volume
15.2	0	0
15.3	0	0
15.4	4	0
15.5	15	1
15.6	55	4
15.7	131	12
15.8	255	31
15.9	428	64
16	728	120
16.1	1 129	211
16.2	1 960	356
16.3	4 322	643
16.4	9 928	1 322
16.5	19 181	2 721
16.6	32 202	5 244
16.7	52 722	9 354
16.8	96 400	16 507
16.9	181 551	29 857
17	308 546	53 904
17.1	464 736	92 285
17.2	630 936	147 071
17.3	776 684	217 885
17.4	874 136	301 047
17.5	918 517	391 156
17.6	933 086	483 974
17.7	936 783	577 549
17.8	937 601	671 289
17.9	937 877	765 068
18	937 970	858 863
18.1	937 983	952 661
18.2	937 988	1 046 460
18.3	937 992	1 140 259
18.4	937 995	1 234 058
18.5	937 999	1 327 858
18.6	938 002	1 421 658
18.7	938 005	1 515 458
18.8	938 009	1 609 259
18.9	938 014	1 703 061
19	938 019	1 796 862



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	16,70	52 722	9 354	6%
Submersion ≈ 10%	16,80	96 400	16 507	10%
Submersion ≈ 25%	16,95	245 049	41 881	26%
Hmax submersion = 0,50 m	17,20	630 936	147 071	67%

Tableau 19 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BM9

BM9	mini: 14.66	maxi: 20.32
cote	surface	volume
14.7	0	0
14.8	6	0
14.9	40	2
15	68	8
15.1	90	15
15.2	118	26
15.3	154	39
15.4	222	57
15.5	319	84
15.6	430	121
15.7	570	171
15.8	720	235
15.9	944	317
16	1 217	425
16.1	1 548	561
16.2	2 012	736
16.3	2 774	971
16.4	3 981	1 300
16.5	6 022	1 786
16.6	9 790	2 548
16.7	17 742	3 857
16.8	36 996	6 435
16.9	70 562	11 671
17	118 185	20 902
17.1	185 013	35 817
17.2	266 052	58 305
17.3	343 738	88 921
17.4	409 939	126 738
17.5	458 248	170 380
17.6	481 108	217 599
17.7	490 807	266 285
17.8	496 771	315 697
17.9	501 738	365 635
18	505 821	416 030



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	16,80	36 996	6 435	7%
Submersion ≈ 10%	16,85	53 779	9 053	11%
Submersion ≈ 25%	17,00	118 185	20 902	23%
Hmax submersion = 0,50 m	17,30	343 738	88 921	68%

Comparaison de la capacité volumétrique des huit casiers du Bois d'Amont

Les figures suivantes représentent l'évolution du volume potentiel de stockage de chaque casier en fonction de la superficie en eau. Les courbes de la Figure 13 sont relatives aux casiers pairs se situant au Sud de la drève du milieu et celles de la Figure 14 concernent les casiers impairs au Nord de la même drève.

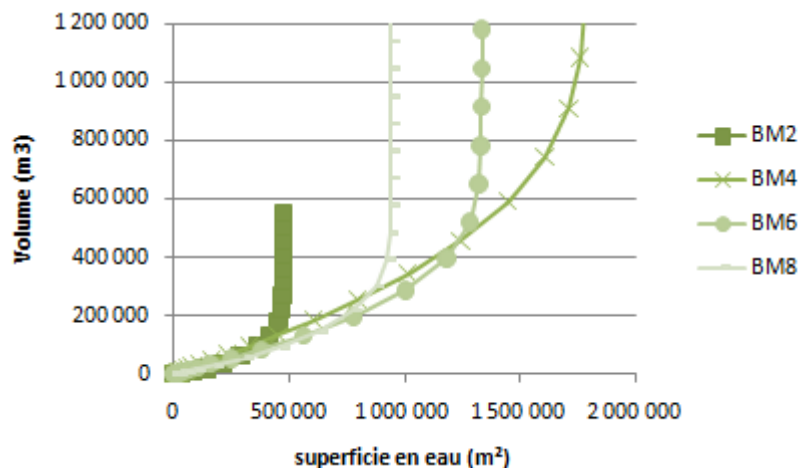


Figure 13 : Volume potentiel de stockage dans les casiers pairs du Bois Moyen

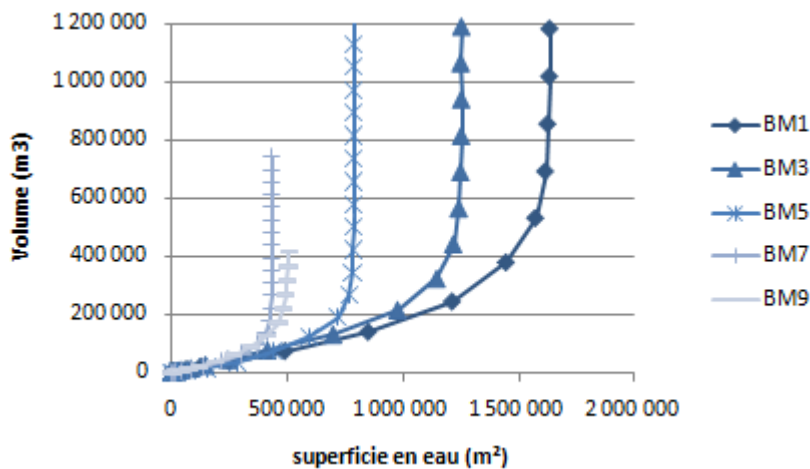


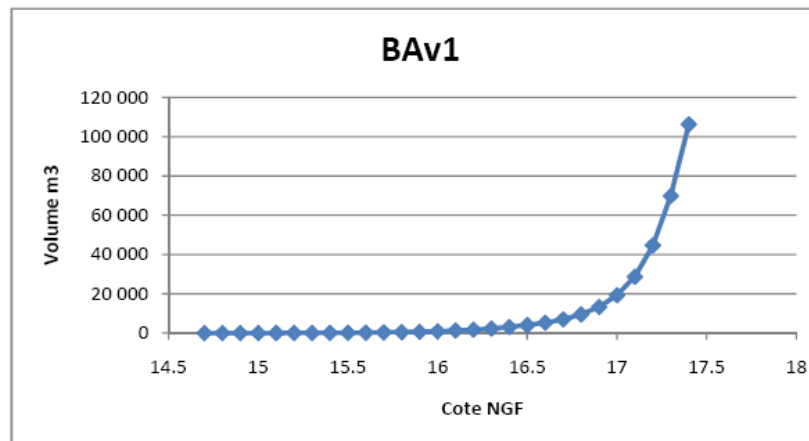
Figure 14 : Volume potentiel de stockage dans les casiers impairs du Bois Moyen

Il est possible de constater une évolution comparable entre les casiers « BM2 », « BM7 » et « BM9 », qui d'ailleurs sont les secteurs présentant une capacité de stockage optimale vis-à-vis de la superficie en eau.

3.3 Bois d'Aval

Tableau 20 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAv1

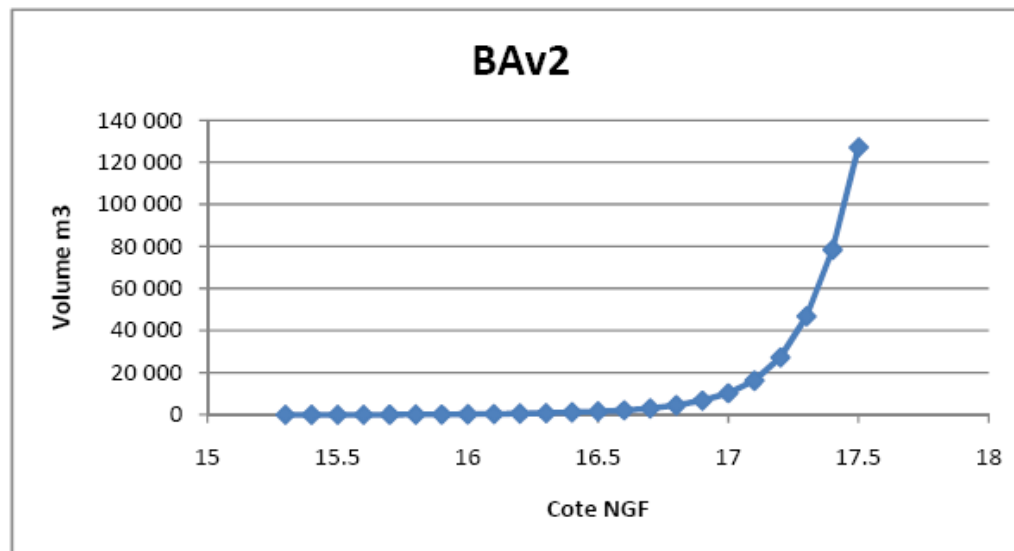
BAv1	mini: 14.65	maxi: 18.79
cote	surface	volume
14.7	0	0
14.8	1	0
14.9	21	1
15	53	4
15.1	88	11
15.2	143	22
15.3	231	39
15.4	394	69
15.5	620	117
15.6	915	192
15.7	1 282	299
15.8	1 715	446
15.9	2 267	643
16	2 962	901
16.1	3 908	1 240
16.2	5 172	1 688
16.3	6 775	2 280
16.4	8 684	3 049
16.5	10 866	4 019
16.6	14 180	5 249
16.7	20 343	6 938
16.8	30 886	9 444
16.9	47 346	13 282
17	73 643	19 184
17.1	122 392	28 671
17.2	202 750	44 660
17.3	303 133	69 737
17.4	432 960	106 228
17.5	577 130	156 699
17.6	706 237	221 048
17.7	810 920	297 217
17.8	896 216	381 809
17.9	889 996	470 032
18	897 025	559 485



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	16,90	47 346	13 282	5%
Submersion ≈ 10%	17,05	98 018	23 928	11%
Submersion ≈ 25%	17,20	202 750	44 660	23%
Hmax submersion = 0,50 m	17,40	432 960	106 228	48%

Tableau 21 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAv2

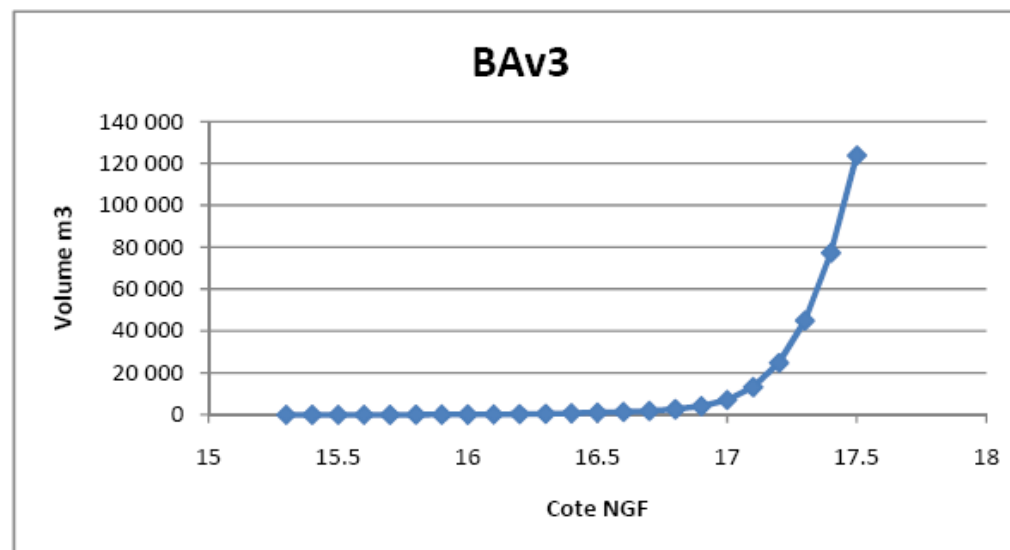
BAv2	mini: 15.27	maxi: 18.54
cote	surface	volume
15.3	0	0
15.4	4	0
15.5	21	1
15.6	67	5
15.7	159	15
15.8	350	38
15.9	665	85
16	1 101	169
16.1	1 645	302
16.2	2 258	494
16.3	2 948	753
16.4	3 775	1 085
16.5	4 978	1 514
16.6	7 169	2 105
16.7	11 336	3 001
16.8	18 147	4 444
16.9	28 065	6 709
17	44 547	10 210
17.1	80 487	16 187
17.2	148 201	27 240
17.3	250 318	46 813
17.4	394 149	78 479
17.5	589 569	127 170
17.6	782 951	196 263
17.7	912 995	281 790
17.8	974 555	376 873
17.9	996 228	475 718
18	1 002 155	575 748



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,00	44 547	10 210	4%
Submersion ≈ 10%	17,15	114 344	21 714	11%
Submersion ≈ 25%	17,30	250 318	46 813	25%
Hmax submersion = 0,50 m	17,50	589 569	127 170	59%

Tableau 22 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAv3

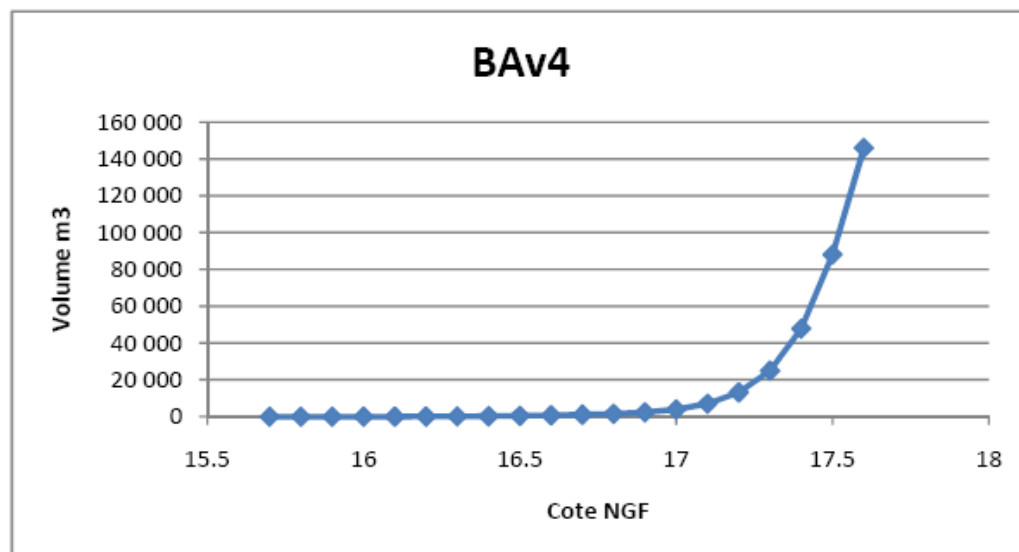
BAv3	mini: 15.24	maxi: 18.92
cote	surface	volume
15.3	0	0
15.4	1	0
15.5	3	0
15.6	9	1
15.7	31	2
15.8	101	8
15.9	290	25
16	639	68
16.1	1 073	150
16.2	1 534	277
16.3	2 019	452
16.4	2 523	676
16.5	3 145	955
16.6	4 130	1 310
16.7	6 259	1 809
16.8	10 488	2 611
16.9	20 601	4 073
17	42 829	7 068
17.1	84 783	13 185
17.2	154 003	24 805
17.3	257 096	44 929
17.4	394 184	77 307
17.5	536 248	123 803
17.6	664 107	184 067
17.7	764 454	255 895
17.8	815 137	335 477
17.9	830 371	417 997
18	834 774	501 327



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,00	42 829	7 068	5%
Submersion ≈ 10%	17,10	84 783	13 185	10%
Submersion ≈ 25%	17,25	205 550	34 867	25%
Hmax submersion = 0,50 m	17,50	536 248	123 803	64%

Tableau 23 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BAv4

BAv4	mini: 15.69	maxi: 18.79
cote	surface	volume
15.7	0	0
15.8	1	0
15.9	6	0
16	62	3
16.1	211	14
16.2	525	47
16.3	985	118
16.4	1 621	243
16.5	2 319	434
16.6	3 123	702
16.7	4 111	1 057
16.8	5 755	1 536
16.9	10 749	2 302
17	22 034	3 856
17.1	44 055	7 009
17.2	84 131	13 163
17.3	162 280	24 946
17.4	310 646	47 751
17.5	497 213	88 012
17.6	646 482	145 950
17.7	729 811	215 310
17.8	774 059	290 969
17.9	789 437	369 364
18	793 941	448 608

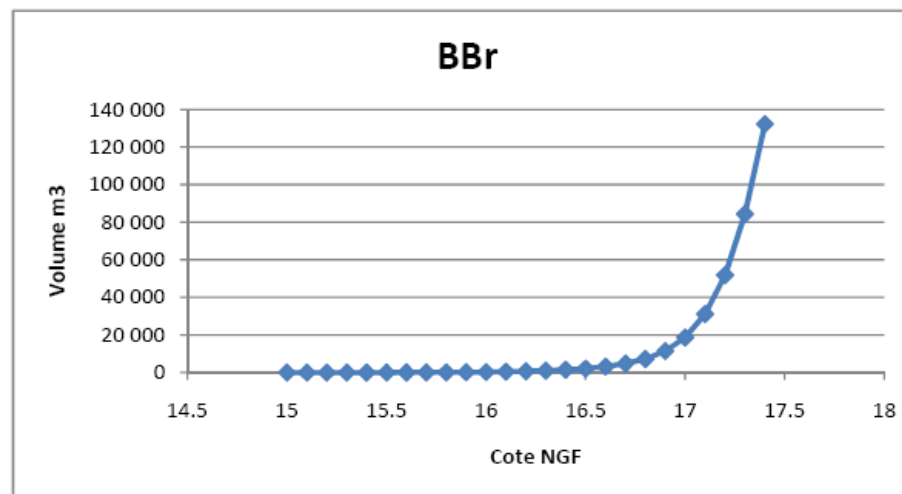


	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,10	44 055	7 009	6%
Submersion ≈ 10%	17,20	84 131	13 163	11%
Submersion ≈ 25%	17,30	162 280	24 946	20%
Hmax submersion = 0,50 m	17,60	646 482	145 950	81%

3.4 Bois Bramsart

Tableau 24 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BBr

BBr	mini: 14.97	maxi: 21.03
cote	surface	volume
15	0	0
15.1	0	0
15.2	0	0
15.3	4	0
15.4	27	1
15.5	88	6
15.6	184	19
15.7	350	43
15.8	592	88
15.9	929	161
16	1 383	273
16.1	1 974	438
16.2	2 701	669
16.3	3 763	985
16.4	5 535	1 437
16.5	8 349	2 111
16.6	12 897	3 145
16.7	19 766	4 734
16.8	31 665	7 230
16.9	54 780	11 395
17	95 313	18 661
17.1	161 131	31 159
17.2	260 028	51 864
17.3	398 333	84 381
17.4	560 689	132 272
17.5	711 875	195 997
17.6	855 798	274 405
17.7	1 000 107	367 213
17.8	1 140 018	474 420
17.9	1 248 868	594 306
18	1 310 512	722 713

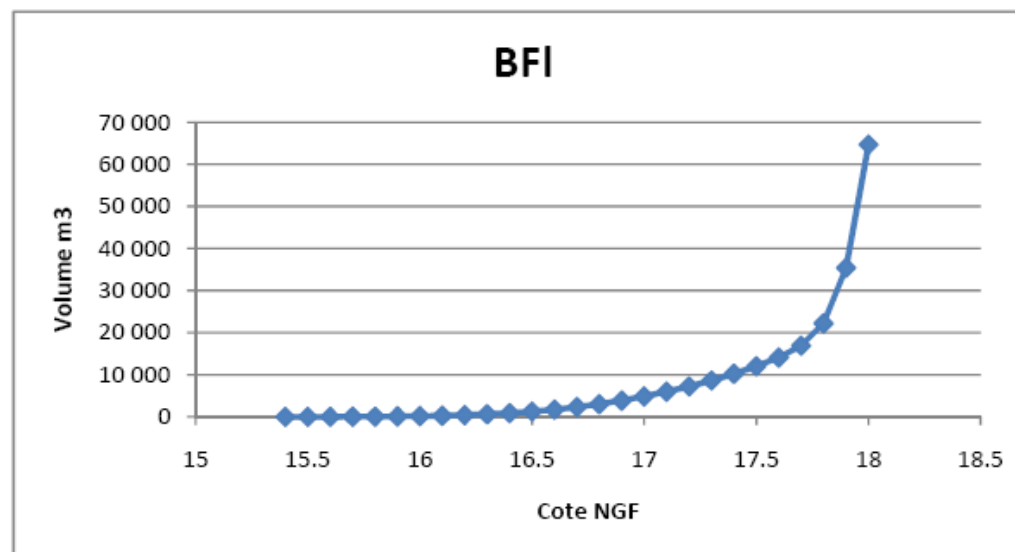


	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	16,90	54 780	11 395	4%
Submersion ≈ 10%	17,10	161 131	31 159	12%
Submersion ≈ 25%	17,25	329 181	68 123	25%
Hmax submersion = 0,50 m	17,40	560 689	132 272	43%

3.5 Bois Flamingue

Tableau 25 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BFI

BFI	mini: 15.36	maxi: 20.15
cote	surface	volume
15.4	0	0
15.5	1	0
15.6	92	3
15.7	201	17
15.8	349	43
15.9	566	86
16	876	155
16.1	1 282	259
16.2	1 836	412
16.3	2 458	624
16.4	3 185	903
16.5	4 102	1 261
16.6	5 226	1 724
16.7	6 487	2 307
16.8	7 821	3 022
16.9	9 152	3 869
17	10 505	4 849
17.1	11 874	5 966
17.2	13 424	7 228
17.3	15 048	8 652
17.4	16 810	10 242
17.5	19 091	12 024
17.6	23 404	14 112
17.7	35 571	16 916
17.8	80 935	22 228
17.9	202 504	35 458
18	390 156	64 704

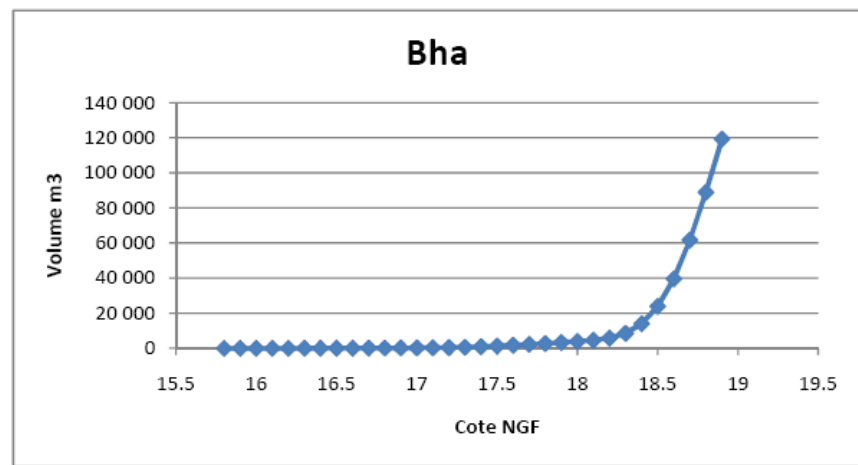


	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,50	11 874	5 966	3%
Submersion ≈ 10%	17,70	35 571	16 916	9%
Submersion ≈ 25%	17,80	80 935	22 228	21%
Hmax submersion = 0,50 m	18,00	390 156	64 704	100%

3.6 Bois d'Hazebrouck

Tableau 26 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BHa

Bha	mini: 15.72	maxi: 20.48
cote	surface	volume
15.8	0	0
15.9	1	0
16	5	0
16.1	17	1
16.2	41	4
16.3	79	10
16.4	128	20
16.5	200	36
16.6	259	59
16.7	308	87
16.8	348	120
16.9	396	157
17	503	200
17.1	794	261
17.2	1 510	370
17.3	2 661	574
17.4	3 648	893
17.5	4 265	1 290
17.6	4 649	1 737
17.7	4 937	2 216
17.8	5 232	2 724
17.9	5 604	3 264
18	6 350	3 854
18.1	8 737	4 578
18.2	17 339	5 777
18.3	39 231	8 481
18.4	74 784	14 001
18.5	126 574	23 890
18.6	189 677	39 583
18.7	249 718	61 669
18.8	290 709	88 953
18.9	313 069	119 306
19	325 437	151 308

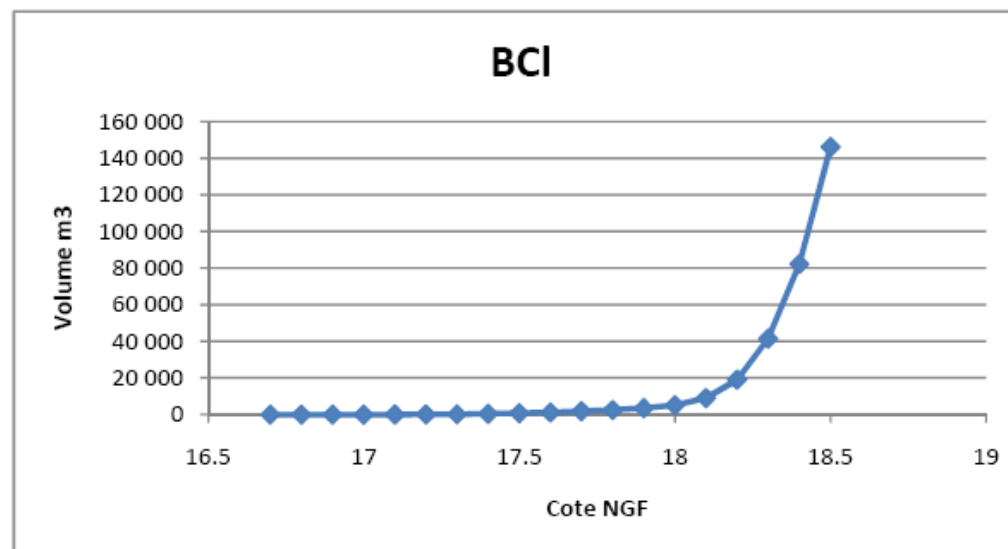


	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	18,30	39 231	8 481	12%
Submersion ≈ 10%	18,30	39 231	8 481	12%
Submersion ≈ 25%	18,40	74 784	14 001	23%
Hmax submersion = 0,50 m	18,80	290 709	88 953	89%

3.7 Bois Clebert

Tableau 27 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BCI

BCI	mini: 16.69	maxi: 19.81
cote	surface	volume
16.7	0	0
16.8	0	0
16.9	8	0
17	62	3
17.1	259	16
17.2	739	60
17.3	1 598	170
17.4	1 833	386
17.5	4 166	732
17.6	5 358	1 208
17.7	6 489	1 798
17.8	8 000	2 512
17.9	12 094	3 469
18	24 028	5 141
18.1	61 855	9 043
18.2	151 913	19 047
18.3	309 522	41 493
18.4	516 390	82 207
18.5	773 452	146 183
18.6	1 044 062	237 173
18.7	1 256 413	353 100
18.8	1 375 554	485 807
18.9	1 415 275	625 978
19	1 423 915	768 110

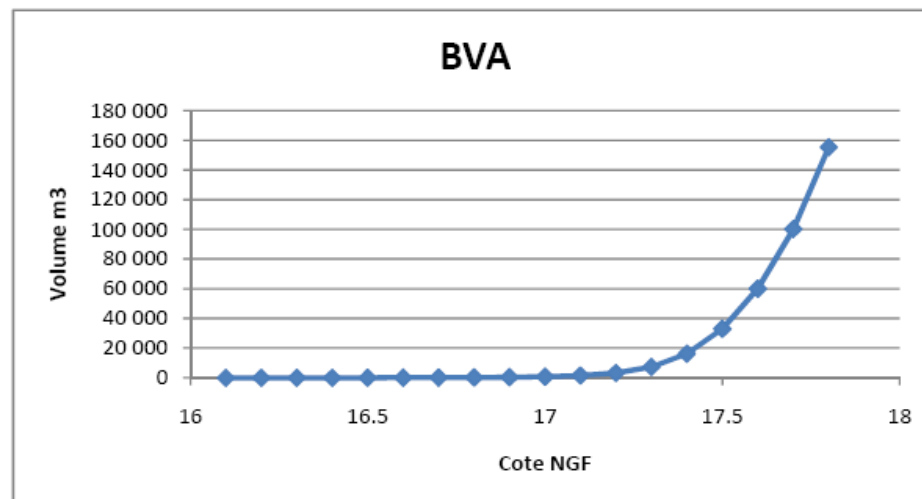


	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	18,10	61 855	9 043	4%
Submersion ≈ 10%	18,20	151 913	19 047	11%
Submersion ≈ 25%	18,30	309 522	41 493	22%
Hmax submersion = 0,50 m	18,60	1 044 062	237 173	73%

3.8 Bois des Vaches

Tableau 28 - Analyse volumétrique et bathymétrique du casier BVA

BVA	mini: 16.07	maxi: 19.32
cote	surface	volume
16.1	0	0
16.2	1	0
16.3	16	1
16.4	82	5
16.5	195	17
16.6	411	45
16.7	791	101
16.8	1 461	208
16.9	2 737	407
17	5 073	777
17.1	10 898	1 511
17.2	26 630	3 250
17.3	60 583	7 355
17.4	124 013	16 237
17.5	216 291	32 960
17.6	331 654	60 069
17.7	477 515	100 254
17.8	616 029	155 349
17.9	715 393	222 374
18	772 134	297 061
18.1	807 251	376 243
18.2	824 269	457 987
18.3	831 730	540 860
18.4	835 708	624 264
18.5	837 476	707 939
18.6	838 460	791 744
18.7	839 172	875 628
18.8	839 882	959 583
18.9	840 589	1 043 609
19	8 400 916	1 127 688



	Cote en mNGF	Aire mobilisée en m ²	Volume stocké en m ³	Fraction inondée / total
Stockage linéaire en fossés	17,30	60 583	7 355	7%
Submersion ≈ 10%	17,35	92 298	11 796	11%
Submersion ≈ 25%	17,50	216 291	32 960	26%
Hmax submersion = 0,50 m	18,20	824 269	457 987	98%

4 Synthèse générale – Casiers potentiellement aménageables

4.1 Synthèse des potentialités de stockage des casiers

Tableau 29 – Synthèse générale des analyses bathymétriques

Tableau 30 – Efficacités selon les modes de submersion

4.1.1 Hiérarchisations volumiques sectorielles et par casiers contigus

Comme l'indiquent les tableaux pages suivantes, les bois présentant les meilleures potentialités, dépendent du volume global de délestage que l'on cherche à atteindre et des modes de submersion envisagés :

- Si l'on cherche un volume global peu élevé (délestages d'appoint et multiples de l'ensemble du réseau hydrographique), le bois d'amont semble présenter des ratios assez médiocres, aux alentours de 50 m³/ha de massif forestier, alors que les bois moyen et bois d'aval présentent des ratios bien meilleurs de l'ordre de 100 m³/ha, de même que certains bois autour de la Motte au Bois, en tête desquels les bois Flamingue et d'Hazebruck.

Cela tient au mode d'évaluation de ce stockage « linéaire » où les secteurs présentant une très forte densité de fossés et surtout des drains naturels avec un lit mineur/moyen assez large (la Bourre, le bras de la Bourre, le Berquigneul du bois moyen), voire un embryon de lit majeur intégré à l'estimation (berges du lit mineur très basses), sont favorisés.

- Cette même hiérarchisation se retrouve encore avec des aires de submersion limitées aux alentours de 10%, c'est-à-dire, une fois déduits les lits des fossés et cours d'eau qui occuperaient aux pleins bords, de l'ordre de 5% de la superficie totale, de 5 à 7% de l'emprise sylvicole : en effet, dans cette configuration assez proche d'une configuration de lits majeurs et/ou de zones basses naturellement inondables, les casiers parcourus par le réseau naturel présentent les meilleurs ratios (soit environ 200 m³/ha).
- A partir du moment où l'on chercherait plutôt à mobiliser des zones à plus grande échelle pour obtenir des volumes utiles atteignant facilement plusieurs dizaines de milliers de m³ (pour un seul secteur et pour des délestages ou amortissements importants d'un drain contigu ou traversant), les ratios tendent à se resserrer :
 - Autour de 300 m³/ha pour le bois d'amont ;
 - Autour de 400 m³/ha pour les autres bois ;
 - On note toutefois 2 secteurs présentant d'excellents ratios théoriques :
 - Le bois Bramsart et le Bois Flamingue avec plus de 500 m³/ha, du fait du lit majeur du bras de la Bourre et de la Bourre, typiquement mobilisables à 100% dans ce cas de figure ;

- Le bois moyen au sud de la drève du milieu et plus particulièrement le casier Bam4, correspondant au lit majeur du Berquigneul, avec un ration de plus de 700 m³/ha.
- A partir du moment où l'on chercherait plutôt à mobiliser des secteurs moins nombreux mais submergés à grande échelle et avec des hauteurs de submersion atteignant (voire dépassant) 0,50 m, les « performances » sont sensiblement voisines entre 2.200 m³/ha et 2.500 m³/ha, avec une exception notable pour le bois des vaches dont les ratio serait alors extrêmement élevé, à plus de 5.000 m³/ha.

Parmi les casiers plus particulièrement intéressants en termes de volumes absolus mobilisables, à hauteurs de submersion maximales équivalentes, on trouve :

- Dans le cas strictement d'un stockage linéaire, les casiers suivants :
 - Bois Bramsart : plus de 11.000 m³,
 - Bois Clébert : près de 9.000 m³,
 - BM1 (bois Moyen, « amont » du Berquigneul) : plus de 11.000 m³,
 - BM4 (bois Moyen, aval du Berquigneul) : plus de 23.000 m³,
 - BM6 (bois Moyen, axe naturel secondaire) : plus de 12.000 m³,
 - BAv1 et BAv2 (bois d'Aval, rive droite et rive gauche de la Bourre) : plus de 23.000 m³.

Sur ces 7 casiers, le volume linéairement réparti mobilisable serait donc proche de 90.000 m³.

- Dans le cas de zones de submersion étendues aux zones sylvicoles riveraines des drains, avec des hauteurs de submersion inférieures la plupart du temps, à 20 cm, les casiers suivants sont les plus remarquables :
 - BAm2 (bois d'Amont, extrémité sud-ouest) : près de 50.000 m³,
 - Bois Bramsart : plus de 60.000 m³,
 - BM1, BM3, BM4 et BM6 (bois Moyen) : plus de 300.000 m³, dont 40% sur BM4,
 - BAv1 et BAv2 : environ 90.000 m³,

Sur ces 8 casiers, le volume mobilisable avec de faibles hauteurs de submersion (moins de 20 cm) serait donc proche de 500.000 m³. La surface mobilisée dans ce cas de figure serait d'environ 210 ha.

- Dans le cas de zones de submersion concentrées, avec des hauteurs pouvant atteindre 50 cm :
 - Tous les casiers du bois d'Amont sont susceptibles de produire des volumes supérieurs à 100.000 m³,
 - Le bois des Vaches et le bois Clébert se distinguent avec des potentiels théoriques énormes (plus de 400.000 m³ pour le bois des Vaches),

- A contrario les bois Moyen et d'Aval présentent des potentiels moins remarquables, à l'exception notable de BM1 et BM5 (plus de 400.000 m³ à eux deux).

Sur les stricts plans des potentiels volumiques, on retrouve cités plusieurs fois :

- Le bois des Vaches, le bois Bramsart, le bois Clébert, notamment ;
- Les casiers du bois Moyen BM1, BM4 et BM6, notamment ;
- Les casiers BAv1 et BAv2.

Toutefois, ces 8 casiers et les autres cités présentent des inconvénients respectifs qui seront évoqués aux § suivants, que l'on peut toutefois résumer en :

- problèmes de continuité écologique en cas d'aménagement,
- problèmes d'alimentation et d'intérêt de délestages vers ces zones,
- mobilisation naturelle initiale de certains,
- faisabilité technique et de gestion,
- ...

Aussi bien, cette « hiérarchisation » demeure très théorique, mais démontre que, à condition d'imaginer des liens assez complexes entre les axes à délester, et ces zones, et avec des aménagements lourds, le potentiel de stockage de la forêt de Nieppe :

- Est considérable puisque, avec des hypothèses de submersions réalistes, entre 0,20 m et 0,50 m, de parties limitées de la forêt, il est relativement aisé d'identifier des volumes de délestage supérieurs à 500.000 m³, voire approchant 1.000.000 m³, en mobilisant un nombre limité de casiers (de 6 à 8 casiers, entre 1/4 et 1/3 des secteurs délimités) ;
- Peut être mobilisé en affectant une superficie comprise entre 200 ha (500.000 m³) et 300 ha (800.000 m³), soit de 8 à 12 % de l'emprise forestière ;
- Peut être envisagé, hydrauliquement, de bien des façons puisque les 26, voire 30, casiers décrits, que l'on peut réduire entre 15 et 20 une fois prises en compte certaines contraintes de proximité des enjeux ou d'éloignement important des axes à délester, ce qui offre encore un nombre de combinaisons (scénarios) très élevés ;
- Ne saurait se réduire aux seules estimations du stockage linéaire, qui ne semble pas pouvoir dépasser 200.000 m³ à l'échelle de l'ensemble de la forêt, et demeure très inférieur à 100.000 m³ pour le potentiel de délestage ainsi « disponible » intrinsèquement pour chaque axe d'écoulement qu'il serait opportun de délester.

Tableau 29 – Synthèse générale des analyses bathymétriques

		Evaluation des volumes de stockage longitudinal et aires mobilisées				Evaluation des volumes de stockage pour une mobilisation de 10% de la superficie forestière				Evaluation des volumes de stockage pour une mobilisation d'environ 25% de la superficie forestière				Evaluation des volumes de stockage pour une hauteur de submersion maximale de 0,50 m			
		cote limite (mNGF)	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	fraction inondée	cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	fraction inondée	cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	fraction inondée	cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	fraction inondée
BAm1	mini: 16.72	18,20	2,6	2 434	2%	18,35	14,5	13 775	10%	18,45	33,3	36 531	24%	18,70	106,4	206 200	76%
BAm3	mini: 17.08	18,10	5,8	7 467	6%	18,20	11,6	15 679	12%	18,30	23,0	32 353	25%	18,60	76,4	178 192	82%
BAm5	mini: 16.95	17,80	5,4	4 991	7%	17,85	8,7	9 176	12%	17,95	15,9	21 333	22%	18,30	39,3	117 361	53%
BAm7	mini: 16.92	17,90	2,5	1 849	5%	17,95	5,1	4 209	10%	18,05	11,6	12 243	22%	18,40	39,5	100 872	76%
sous-total B. d'amont Nord drève du milieu			16,2	16 741	5%	72,4	39,9	42 839	11%	72,8	83,9	102 459	23%	74,0	261,6	602 625	73%
BAm2	mini: 16.48	17,90	2,6	3 609	2%	18,10	12,1	16 087	10%	18,25	30,4	47 794	25%	18,40	57,9	110 422	47%
BAm4	mini: 16.2	17,80	4,9	6 703	4%	17,90	10,9	14 095	9%	18,00	23,4	30 460	19%	18,30	88,8	198 086	73%
BAm6	mini: 16.61	17,70	6,2	6 127	5%	17,80	15,0	16 015	12%	17,90	32,4	38 561	26%	18,20	92,8	237 323	75%
BAm8	mini: 16.62	17,60	4,1	3 741	5%	17,65	8,2	7 437	11%	17,75	21,6	21 440	29%	18,10	70,2	199 690	93%
sous-total B. d'amont Sud drève du milieu			17,8	20 180	4%	71,5	46,2	53 634	10%	71,9	107,8	138 255	24%	73,0	309,7	745 521	70%
sous-total bois d'amont			34,0	36 921	4%	143,8	86,1	96 472	11%	144,7	191,7	240 714	24%	147,0	571,3	1 348 146	71%
BVa	mini: 16.07	17,30	6,1	7 355	7%	17,35	9,2	11 796	11%	17,50	21,6	32 960	26%	18,20	82,4	457 987	98%
BBr	mini: 14.97	16,90	5,5	11 395	4%	17,10	16,1	31 159	12%	17,25	32,9	68 123	25%	17,40	56,1	132 272	43%
BFl	mini: 15.36	17,50	1,2	5 966	3%	17,70	3,6	16 916	9%	17,80	8,1	22 228	21%	18,00	39,0	64 704	100%
BHa	mini: 15.72	18,30	3,9	8 481	12%	18,30	3,9	8 481	12%	18,40	7,5	14 001	23%	18,80	29,1	88 953	89%
BCI	mini: 16.69	18,10	6,2	9 043	4%	18,20	15,2	19 047	11%	18,30	31,0	41 493	22%	18,60	104,4	237 173	73%
sous-total "la Motte au Bois"			22,8	42 240	5%	88,7	48,0	87 399	11%	89,3	101,1	178 805	24%	91,0	311,0	981 089	72%

		Evaluation des volumes de stockage longitudinal et aires mobilisées				Evaluation des volumes de stockage pour une mobilisation de 10% de la superficie forestière				Evaluation des volumes de stockage pour une mobilisation d'environ 25% de la superficie forestière				Evaluation des volumes de stockage pour une hauteur de submersion maximale de 0,50 m			
		cote limite (mNGF)	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	fraction inondée	cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	fraction inondée	cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	fraction inondée	cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	fraction inondée
BM1	mini: 15.58	17,30	6,3	11 486	4%	17,45	18,7	29 354	11%	17,55	37,0	55 959	23%	17,80	121,4	243 948	74%
BM3	mini: 15.22	17,00	4,4	8 793	3%	17,15	11,4	20 346	9%	17,35	32,9	60 730	26%	17,50	69,8	131 051	56%
BM5	mini: 16.21	17,10	6,4	5 190	8%	17,15	10,8	10 312	14%	17,25	21,8	26 161	28%	17,60	71,8	190 582	91%
BM7	mini: 15.89	17,00	4,2	4 328	10%	17,00	4,2	4 328	10%	17,15	10,8	15 445	25%	17,50	37,2	97 796	86%
BM9	mini: 14.66	16,80	3,7	6 435	7%	16,85	5,4	9 053	11%	17,00	11,8	20 902	23%	17,30	34,4	88 921	68%
sous-total B. Moyen Nord drève du milieu			25,1	36 232	5%	85,6	50,5	73 393	11%	86,3	114,2	179 197	25%	87,7	334,5	752 298	72%
BM2	mini: 15.39	17,00	3,3	2 425	7%	17,05	5,6	5 129	12%	17,15	11,0	13 257	23%	17,50	35,9	93 254	76%
BM4	mini: 14.68	16,30	8,1	23 380	5%	16,55	19,6	56 052	11%	16,80	45,1	132 146	25%	16,80	45,1	132 146	25%
BM6	mini: 14.94	16,60	6,3	12 376	5%	16,80	15,8	33 030	12%	16,95	31,4	68 347	24%	17,10	56,0	130 222	42%
BM8	mini: 15.17	16,70	5,3	9 354	6%	16,80	9,6	16 507	10%	16,95	24,5	41 881	26%	17,20	63,1	147 071	67%
sous-total B. Moyen Sud drève du milieu			23,0	47 535	5%	67,2	50,7	110 718	11%	67,9	112,0	255 631	25%	68,6	200,1	502 693	44%
sous-total bois moyen			48,0	83 767	5%	152,8	101,1	184 111	11%	154,2	226,2	434 827	25%	156,3	534,6	1 254 991	58%
BAv1	mini: 14.65	16,90	4,7	13 282	5%	17,05	9,8	23 928	11%	17,20	20,3	44 660	23%	17,40	43,3	106 228	48%
BAv2	mini: 15.27	17,00	4,5	10 210	4%	17,15	11,4	21 714	11%	17,30	25,0	46 813	25%	17,50	59,0	127 170	59%
BAv3	mini: 15.24	17,00	4,3	7 068	5%	17,10	8,5	13 185	10%	17,25	20,6	34 867	25%	17,50	53,6	123 803	64%
BAv4	mini: 15.69	17,10	4,4	7 009	6%	17,20	8,4	13 163	11%	17,30	16,2	24 946	20%	17,60	64,6	145 950	81%
sous-total B. d'aval			17,9	37 569	5%	68,5	38,1	71 989	11%	69,1	82,1	151 286	23%	70,0	220,5	503 151	63%
Total			122,7	200 497	5%	453,8	273,4	439 971	11%	457,1	601,1	1 005 631	24%	464,3	1637,5	4 087 377	66%

Tableau 30 – Efficacités selon les modes de submersion

		Ratio d'efficacité de stockage : volume stockage estimé ramené à l'aire totale du casier en m3/ha				
		S totale	stockage Linéaire	Submersion sur 10 % surface	Submersion sur 25 % surface	Submersion telle que Hmax = 0,50 m
BAm1	<i>mini: 16.72</i>	139,8343	17	99	261	1 937
BAm3	<i>mini: 17.08</i>	93,1994	80	168	347	2 333
BAm5	<i>mini: 16.95</i>	73,7225	68	124	289	2 987
BAm7	<i>mini: 16.92</i>	51,8631	36	81	236	2 553
sous-total B. d'amont Nord drève du milieu		358,6	47	119	286	2 304
BAm2	<i>mini: 16.48</i>	122,9375	29	131	389	1 906
BAm4	<i>mini: 16.2</i>	121,1308	55	116	251	2 230
BAm6	<i>mini: 16.61</i>	123,8347	49	129	311	2 558
BAm8	<i>mini: 16.62</i>	75,198	50	99	285	2 843
sous-total B. d'amont Sud drève du milieu		443,1	46	121	312	2 407
sous-total bois d'amont		801,7	46	120	300	2 360
BVa	<i>mini: 16.07</i>	84,0916	87	140	392	5 556
BBr	<i>mini: 14.97</i>	131,0512	87	238	520	2 359
BFI	<i>mini: 15.36</i>	39,0156	153	434	570	1 658
BHa	<i>mini: 15.72</i>	32,5437	261	261	430	3 060
BCI	<i>mini: 16.69</i>	142,3915	64	134	291	2 272
sous-total "la Motte au Bois"		429,1	98	204	417	3 155
BM1	<i>mini: 15.58</i>	163,8924	70	179	341	2 010
BM3	<i>mini: 15.22</i>	125,3739	70	162	484	1 877
BM5	<i>mini: 16.21</i>	78,6089	66	131	333	2 655
BM7	<i>mini: 15.89</i>	43,2198	100	100	357	2 632
BM9	<i>mini: 14.66</i>	50,5821	127	179	413	2 587
sous-total B. Moyen Nord drève du milieu		461,7	78	159	388	2 249
BM2	<i>mini: 15.39</i>	47,3033	51	108	280	2 600
BM4	<i>mini: 14.68</i>	178,3376	131	314	741	2 929
BM6	<i>mini: 14.94</i>	133,2085	93	248	513	2 325
BM8	<i>mini: 15.17</i>	93,8019	100	176	446	2 331
sous-total B. Moyen Sud drève du milieu		452,7	105	245	565	2 512
sous-total bois moyen		914,3	92	201	476	2 347
BAv1	<i>mini: 14.65</i>	89,7025	148	267	498	2 454
BAv2	<i>mini: 15.27</i>	100,2155	102	217	467	2 157
BAv3	<i>mini: 15.24</i>	83,4774	85	158	418	2 309
BAv4	<i>mini: 15.69</i>	79,3941	88	166	314	2 258
sous-total B. d'aval		352,8	106	204	429	2 282
Total		2497,9	80	176	403	2 496

4.1.2 Modes de gestion hydraulique envisageables

1) Stockage linéaire :

Il s'agirait, afin de ne porter aucune atteinte aux peuplements forestiers (sylviculture, avifaune), de limiter les volumes de sur-stockage au potentiel des fossés.

Avantages :

- Pas de submersions des zones boisées ;
- Pas de terrassements.

Inconvénients :

- Volumes mobilisables faibles : moins de 200.000 m³ au total, probablement moins de 150.000 m³ en excluant du dispositif les drains ayant le statut de cours d'eau (Berquigneuls, Bourre...) sur lesquels des aménagements de régulation faisant obstacles à la continuité écologique, sont exclus.
- L'estimation des volumes réellement disponibles demeure sujette à très forte incertitude du fait des limites du LIDAR sur les cotes des fossés, et absence de données terrestres précises (inventaire coté des fossés).
- Multiplicité des (petits) ouvrages de gestion (vannes & prises d'eau) pour parvenir à des délestages significatifs et à une conservation effective des eaux.
- Dispositif peu mobilisable en périodes hivernales (partie du potentiel mobilisée).

Cas type : bois Bramsart, BAv1

2) Stockage par submersions multiples dans les couloirs hydrographiques et zones basses ($H \leq 0,2$ m) :

Il s'agirait, afin de porter un minimum d'atteintes aux peuplements forestiers (sylviculture, avifaune), de limiter les volumes de sur-stockage au potentiel des zones naturellement les plus inondables et sujettes aux débordements : points bas des casiers, « lits majeurs » des drains naturels, pleins bords des fossés.

Avantages :

- Pas de submersions très significatives des zones boisées (étendues limitées et hauteurs réduites).
- Peu de terrassements d'endiguements.
- Volume disponibles significatifs, mobilisables pour les différents axes hydrauliques.

Inconvénients :

- Les casiers de meilleurs potentiels identifiés précédemment (§4.1.1) ne sont pas systématiquement les plus proches des axes hydrauliques à délester, d'où nécessité de mobiliser des casiers plus proches mais de moindre potentiel.
- Dans le cas de la mobilisation des casiers aux potentiels les plus intéressants, travaux de terrassements en déblais importants à prévoir pour réaliser les liaisons entre les points de délestage et les zones de submersion.

- Problématique de la continuité écologique à ne pas négliger pour les zones de meilleurs potentiels, situées le long de cours d'eau (Bourre, Berquigneuls).
- Ouvrages de délestage et de régulation assez nombreux à prévoir.
- Volumes mobilisables nets probablement plus réduits du fait des débordements naturels prévisibles, au moins pour les crues majeures.

Cas type : BM3, BM4, BM6

3) Stockage par submersions dans des zones concentrées :

Il s'agirait, pour un maximum de simplicité de gestion et d'efficacité hydraulique, de ne mobiliser qu'un minimum de zones de submersion, le plus proches possibles des axes hydraulique à délester, et avec des niveaux de submersion autorisant des volumes de délestage importants.

Avantages :

- Mobilisation hydraulique optimale, selon les besoins de délestage et pour tous types de crues.
- Peu d'ouvrages, simplicité de gestion.
- Volume mobilisables net proches des volumes totaux estimés, car la fraction actuellement inondable est négligeable.

Cas type : bois d'Amont Nord

Inconvénients :

- Impact significatif sur les zones forestières mobilisées (hauteurs de submersion + durées de vidange), transformation de la vocation sylvicole éventuellement avec une mobilisation des peuplements – **cas type : bois d'amont Nord.**
- Anthropisation supplémentaire significative : ouvrages peu nombreux mais importants, endiguements et rehaussements autour des casiers.
- Difficultés éventuelles de remplissage à partir d'une certaine cote (niveaux casiers / niveau cours d'eau à délester) – **cas type : bois des Vaches, bois Clébert.**
- En cas de proximité aval d'enjeux, création d'une retenue d'eau importante avec risque supplémentaire en cas de dysfonctionnement des organes de régulation de la vidange ou de débordement par rupture ou submersion d'endiguement.
- Problèmes de contraintes aval sur les drains des pourtours, d'où exposition accrue de zones d'enjeux – **cas type : bois d'Hazebrouck, bois Clébert, Bois Flamingue, BAv3 et 4.**

Les solutions de type 2 et 3, devraient donc être comparées à l'aune d'études hydrauliques fines, et d'analyses multi-critères (environnementales et socio-économiques) nécessitant des éléments (inventaires faune-flore, analyses détaillées des modes de sylviculture...) qui ne sont pas du ressort de cette étude. Ni l'une ni l'autre ne peuvent être exclues à ce stade.

En revanche, les solutions se limitant aux stockages longitudinaux, malgré le linéaire apparent important de fossés, nous semblent sans rapport avec l'échelle du problème local des inondations et des objectifs de compléter un dispositif à l'aval d'un BV de 200 km² : il conviendra de réserver ce type d'aménagements à l'échelle de la gestion de la seule production

hydrologique intrinsèque à la forêt, afin de réduire ou réguler ses émissions vers les Berquigneuls notamment, et les fossés de ceinture.

4) Comparaison des aires mobilisées à volumes équivalents (extraits tableau 29) :

Etant donnée la conclusion partielle émise en page précédente, nous chercherons à affiner la comparaison sur le plan des stricts ratios volume utile / surface mobilisée, des solutions de type 2 (submersions nombreuses, de faibles hauteurs) et 3 (submersions plus concentrées).

L'efficacité hydraulique d'aménagements (importance des délestages, périodes de retour des événements sur lesquels porte la protection) est directement liée aux volumes nets retenus, et même, il est facile de prouver dans l'immense majorité des cas, qu'à volumes équivalents, le « rendement » des dispositifs diffus ou déconcentrés est un peu moindre que celui des dispositifs concentrés, opportunément implantés, dans la mesure où les premiers procèdent de la réduction des crues par amortissement et les seconds, plutôt par écrêtement, donc une par des effets plus lisibles.

Supposons, qu'à volume retenu équivalent, l'efficacité soit la même.

Considérons trois exemples :

■ Délestage du canal de Nieppe (vers des casiers riverains du bois d'Amont) :

- Supposons que l'on recherche un volume utile de 120.000 m³ ;
- On constate que ce volume est atteint à 80%, avec une hauteur d'eau maximale de 0,50 m dans le seul casier BAm5, correspondante à 39 ha de forêt inondée (cercle bleu) ;
- Si l'on se réfère au tableau 7 d'analyse bathymétrique détaillée du même casier BAm5, on constate que le volume théorique recherché est atteint et même dépassé avec seulement 10 cm de submersion supplémentaire, soit 47 ha inondés ;
- Si l'on raisonne sur des submersions moins importantes, ne dépassant pas 20-25 cm / TN naturel le plus bas des casiers (hors fonds de fossés), on constate qu'il est nécessaire de mobiliser les 4 casiers riverains du canal de Nieppe (BAm1 à BAm7), plus 2 casiers plus éloignés (BAm6 et BAm8), afin de parvenir au même résultat, avec près de 150 ha affectés (cercles verts).

		Evaluation des volumes de stockage pour une mobilisation d'environ 25% de la superficie forestière			Evaluation des volumes de stockage pour une hauteur de submersion maximale de 0,50 m		
		cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)
BAm1	mini: 16.72	18,45	33,3	36 531	18,70	106,4	206 200
BAm3	mini: 17.08	18,30	23,0	32 353	18,60	76,4	178 192
BAm5	mini: 16.95	17,95	15,9	21 333	18,30	39,3	117 361
BAm7	mini: 16.92	18,05	11,6	12 243	18,40	39,5	100 872
BAm2	mini: 16.48	18,25	30,4	47 794	18,40	57,9	110 422
BAm4	mini: 16.2	18,00	23,4	30 460	18,30	88,8	198 086
BAm6	mini: 16.61	17,90	32,4	38 561	18,20	92,8	237 323
BAm8	mini: 16.62	17,75	21,6	21 440	18,10	70,2	199 690
sous-total bois d'amont		144,7	191,7	240 714	147,0	571,3	1 348 146

■ **Délestage du canal de Nieppe (par coursier vers des casiers du bois Moyen) :**

- Supposons que l'on recherche un volume utile de 150.000 m³ ;
- On constate que ce volume est atteint à 80-85%, avec une hauteur d'eau maximale de 0,50 m dans le seul casier BM3, correspondante à 70 ha de forêt inondée (cercle bleu) ;
- Si l'on se réfère au tableau 13 d'analyse bathymétrique détaillée du même casier BM3, on constate que le volume théorique recherché est atteint et même dépassé avec seulement quelques cm de submersion supplémentaire, et quelques ha inondés de plus (estimation 75 ha) ;
- Si l'on raisonne sur des submersions moins importantes, ne dépassant pas 20-25 cm / TN naturel le plus bas des casiers (hors fonds de fossés), on constate qu'il est nécessaire de mobiliser les 3 casiers en série BM1, BM3 et BM4a (partie « amont » de BM4, contigüe de BM3), afin de parvenir au même résultat, avec près de 85 ha affectés.

		Evaluation des volumes de stockage pour une mobilisation d'environ 25% de la superficie forestière			Evaluation des volumes de stockage pour une hauteur de submersion maximale de 0,50 m		
		cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)
BM1	mini: 15.58	17,55	37,0	55 959	17,80	121,4	243 948
BM3	mini: 15.22	17,35	32,9	60 730	17,50	69,8	131 051
BM5	mini: 16.21	17,25	21,8	26 161	17,60	71,8	190 582
BM7	mini: 15.89	17,15	10,8	15 445	17,50	37,2	97 796
BM9	mini: 14.66	17,00	11,8	20 902	17,30	34,4	88 921
BM2	mini: 15.39	17,15	11,0	13 257	17,50	35,9	93 254
BM4	mini: 14.68	16,80	45,1	132 146	16,80	45,1	132 146
BM6	mini: 14.94	16,95	31,4	68 347	17,10	56,0	130 222
BM8	mini: 15.17	16,95	24,5	41 881	17,20	63,1	147 071
sous-total bois moyen		154,2	226,2	434 827	156,3	534,6	1 254 991

■ Délestage de la Bourre (vers casiers riverains) :

- Supposons que l'on recherche un volume utile de 150.000 m³ ;
- On constate que ce volume est atteint à 85%, avec une hauteur d'eau maximale de 0,50 m dans le seul casier BBr (bois Bramsart) ou à 66% dans le seul casier BAv1, correspondants respectivement à 56 et 43 ha de forêt inondée (cercles bleus) ;
- Si l'on se réfère aux tableaux d'analyses bathymétriques détaillées des mêmes casiers, on constate que le volume théorique recherché est atteint et même dépassé respectivement avec 5 cm et 10 cm de submersion supplémentaire, et 7 ou 15 ha inondés de plus (63 et 58 ha) ;
- Si l'on raisonne sur des submersions moins importantes, ne dépassant pas 20-25 cm / TN naturel le plus bas des casiers (hors fonds de fossés), on constate qu'il est nécessaire de mobiliser les 3 casiers en série et parallèle BFI, BBr et BAv1, que le volume recherché n'est pas atteint, avec 61 ha inondés.

		Evaluation des volumes de stockage pour une mobilisation d'environ 25% de la superficie forestière			Evaluation des volumes de stockage pour une hauteur de submersion maximale de 0,50 m		
		cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)	cote de submersion	surface inondée (en ha)	Volume stocké (en m3)
BVa	mini: 16.07	17,50	21,6	32 960	18,20	82,4	457 987
BBr	mini: 14.97	17,25	32,9	68 123	17,40	56,1	132 272
BFI	mini: 15.36	17,80	8,1	22 228	18,00	39,0	64 704
BHa	mini: 15.72	18,40	7,5	14 001	18,80	29,1	88 953
BCI	mini: 16.69	18,30	31,0	41 493	18,60	104,4	237 173
BAv1	mini: 14.65	17,20	20,3	44 660	17,40	43,3	106 228
BAv2	mini: 15.27	17,30	25,0	46 813	17,50	59,0	127 170
BAv3	mini: 15.24	17,25	20,6	34 867	17,50	53,6	123 803
BAv4	mini: 15.69	17,30	16,2	24 946	17,60	64,6	145 950
sous-total B. d'aval		69,1	82,1	151 286	70,0	220,5	503 151

Ces 3 exemples mettent en évidence que, sur le strict plan du ratio volume / surface inondée (indépendamment des débats sur les impacts et dommages connexes à telles ou telles hauteurs et durée de submersion), les orientations concentrées sur un nombre limités de secteurs avec une plus grande submersion, seraient préférables aux orientations moins concentrées.

4.2 Inventaires des casiers réellement mobilisables / délestages utiles

L'objectif de la présente étude est de chercher comment (par des délestages vers la forêt de Nieppe), réduire les apports, en période de crue, vers la Bourre aval (Merville) et plus généralement, vers la Lys canalisée, en délestant ses affluents ou principaux drains contributifs (y compris la Bourre elle-même).

La Forêt de Nieppe a une position stratégique : sur son territoire se localisent tous les nœuds hydrauliques principaux du bassin versant de la Bourre :

- les Trois Planches (Ry Becque & Papote Becque / canal d'Hazebrouck / bras de la Bourre),
- la Motte au Bois (canal de la Nieppe / canal d'Hazebrouck / canal du Pré à Vin),
- le Grand Dam (la Bourre / canal du Pré à Vin).

Les « affluents » de la Bourre délestables sont :

- Le canal d'Hazebrouck, qui rejoint la Bourre via le Bras de la Bourre, ou le canal de Pré à Vin en passant par l'écluse de la Motte au Bois et du Grand Dam,
- La Ry Becque et la Papote Becque, en liaison avec le canal d'Hazebrouck et le bras de la Bourre,
- Le Canal du Pré à Vin, canal qui lie l'écluse de la Motte au Bois à l'écluse du Grand Dam,
- Le canal de la Nieppe,
- La Bourre elle-même qui longe ou traverse la forêt (bois Flamingue, bois Bramsart, bois d'Aval) de « Petite Marquette » au Grand Dam.

Les possibilités (drains et points de délestage) sont listées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 31 – Possibilités de délestage

Cours d'eau à délester	Bois récepteur	Casier potentiel pour le stockage d'eau	Point de délestage envisageable
Canal d'Hazebrouck	Bois Flamingue	BFI	Les 3 Planches
Canal d'Hazebrouck	Bois d'Hazebrouck	BHa	Les 3 Planches
Ry Becque et Papote Becque	Bois Clébert et/ou bois d'Hazebrouck	BCI / BFI	Vers « la Faisanderie »
Ry Becque et Papote Becque	Bois Flamingue	BFI	Les 3 Planches
La Bourre	Bois Flamingue	BFI	Vers "Petite Marquette"
Bras de la Bourre	Bois Bramsart	BBr	Pont Flamingue
La Bourre	Bois d'Aval et/ou Bois Bramsart	BBr / BAv1 / (BAv2)	De Pont Labbé au Grand Dam
Canal du Pré à Vin	Bois Bramsart et/ou Bois Moyen	BBr / BM9	De Pré à Vin au Grand Dam
Canal de Nieppe	Bois d'Amont	BAm1, BAm3, BAm5 et BAm7	Tout le linéaire
Canal de Nieppe	Bois Moyen	BM1 / BM3 / BM4	Amont du pont d'Arcole
Canal de Nieppe	Bois des Vaches	BVa	Entrée bois

4.3 Comparaison des orientations envisageables et propositions d'études détaillées

Le **Tableau 32** synthétise pour chaque proposition d'aménagement les points favorables et les points faibles.

A l'issue de cette phase :

- certaines propositions seront retenues pour être mises à l'étude en phase 3 (en vert),
- d'autres conservées en tant qu'orientations possibles ultérieurement ou en alternative de celles mises à l'étude hydraulique détaillée (en jaune),
- d'autres enfin totalement écartées (intérêt hydraulique très réduit et contraintes de faisabilité élevées).

Voir **Tableau 33**.

A noter que plusieurs casiers, d'autre part, sont finalement considérés comme peu ou pas aménageables, du fait de leur éloignement hydraulique des principaux drains susceptibles d'être délestés, et/ou des contraintes aval sur les pourtours, qu'impliqueraient des submersions significatives dans ces zones.

Voir **Tableau 34**

Tableau 32 – Possibilités de délestage - points favorables et points faibles

Cours d'eau à délester	Bois récepteur/ Casier	Points forts	Points Faibles
Canal d'Hazebrouck	Bois Flamingue (BFI)	<ul style="list-style-type: none"> Délestage par ouvrage existant à améliorer (les 3 Planches) Evacuation du casier grâce au bras de la Bourre Dépollution des apports du canal Pont de la drève du train de Loos peut permettre ouvrage (2 casiers) 	<ul style="list-style-type: none"> Faible capacité potentielle de stockage ($V=64.000\text{m}^3$ pour $H=0,5\text{m}$) Merlon à prévoir le long de la lisière sud de la forêt, // RD188 drève du train de Loos (rehausse ?) Présence de la Maison Forestière ; Nature des apports du canal (EP urbaines)
Canal d'Hazebrouck	Bois d'Hazebrouck (BHa)	<ul style="list-style-type: none"> Aucun 	<ul style="list-style-type: none"> Cote élevée, problèmes de remplissage Capacités faibles à des cotes raisonnables (23.000 m^3 à $18,50\text{ mNGF}$) Forts enjeux humains à l'aval (Motte au Bois) Casier coupé par la route départementale RD 946
Ry Becque et Papote Becque	Bois Clébert et/ou bois d'Hazebrouck	<ul style="list-style-type: none"> Délestage d'apports ruraux au canal d'hazebrouck Petits ouvrages 	<ul style="list-style-type: none"> Cotes élevées des casiers / drains, problèmes de remplissage Apports peu importants / enjeux du BV, et déjà naturellement retardés
Ry Becque et Papote Becque	Bois Flamingue	<ul style="list-style-type: none"> Délestage par ouvrage existant à améliorer (les 3 Planches) Evacuation du casier grâce au bras de la Bourre 	<ul style="list-style-type: none"> Une partie des apports vont déjà vers le bras de la Bourre Apports peu importants / enjeux du BV, et déjà naturellement retardés
La Bourre	Bois Flamingue	<ul style="list-style-type: none"> Cours d'eau principal 	<ul style="list-style-type: none"> Faible capacité potentielle de stockage ($V=64.000\text{m}^3$ pour $H=0,5\text{m}$) Merlon à prévoir le long de la lisière sud de la forêt, // RD188 Continuité écologique Maison forestière Gestion / ZEC de Borre en amont Casier extérieur SB plus bas
Bras de la Bourre	Bois Bramsart	<ul style="list-style-type: none"> Ecrêtement des apports du canal d'H. à la Bourre Capacités naturelles du casier Zone déjà très humide 	<ul style="list-style-type: none"> Zone déjà mobilisée naturellement Isolement, milieu très boisé pour les aménagements et la gestion Continuité écologique du bras de la Bourre
La Bourre	Bois d'Aval (BAV1) et/ou Bois Bramsart (BBr)	<ul style="list-style-type: none"> Cours d'eau principal Capacité potentielle de stockage de BAV1 et BBr Zone déjà mobilisée naturellement 	<ul style="list-style-type: none"> Absence d'une limite naturelle au Sud des casiers capable de retenir les eaux, nécessité d'implanter une digue + un ouvrage sur la Bourre Zone déjà mobilisée naturellement Continuité écologique Gestion / Zec de Borre en amont

Cours d'eau à délester	Bois récepteur/ Casier	Points forts	Points Faibles
Canal du Pré à Vin	Bois Bramsart et/ou Bois Moyen	<ul style="list-style-type: none"> Capacité potentielle de stockage de BBr 	<ul style="list-style-type: none"> Absence d'une limite naturelle à l'Est du casier capable de retenir les eaux ; nécessité de merlonner et donc d'empiéter sur la zone d'expansion naturelle de la Bourre
Canal de Nieppe	Bois d'Amont	<ul style="list-style-type: none"> Intérêt à délester le principal « affluent » aval de la Bourre, peu aménagé en amont (une seule ZEC en projet) Protection rapprochée d'une zone d'enjeu « le Parc » Capacité potentielle de stockage des quatre casiers Choix possible entre délestages multiples ou concentrés Vidange des casiers BAm1, BAm3 et BAm5 par le Berquigneul 	<ul style="list-style-type: none"> Rehausse de drève Présence de la Maison Forestière (casier BAm7) Vidange des casiers BAm1, BAm3 et BAm5 par le Berquigneul Zones forestières non inondables actuellement
Canal de Nieppe	Bois Moyen	<ul style="list-style-type: none"> Intérêt à délester le principal « affluent » aval de la Bourre, peu aménagé en amont (une seule ZEC en projet) Protection rapprochée d'une zone d'enjeu « le Parc » Capacité potentielle de stockage des casiers BM1 à BM4 Vidange par Berquigneul 	<ul style="list-style-type: none"> Absence d'une limite naturelle au Sud-Est du casier capable de retenir les eaux, nécessité d'implanter une digue (ou rehausse de drève) + un ouvrage sur le Berquigneul Nécessité de créer une liaison (coursier) entre le canal et la forêt, voire de recalibrer le Berquigneul (amont, BM1) Délestage très proche du Parc Capacité de stockage plutôt concentrée en BM3-BM4 Impact écologique sur Berquigneul
Canal de Nieppe	Bois des Vaches	<ul style="list-style-type: none"> Délestage uniquement pour réduire les apports au canal du Pré à Vin 	<ul style="list-style-type: none"> Absence d'une limite naturelle, nécessité de merlonner/endiguer sur 95% du périmètre Zone inondable aménagée au centre de zones d'enjeu (cultures et habitat) Pas d'efficacité de protection sur « le Parc »

Bien que d'un point de vue bathymétrique plusieurs casiers, voire une majorité, présentent des capacités de stockage bonnes à excellentes, d'un point de vue de la faisabilité d'aménagement (contraintes diverses à prendre en compte) et de l'opportunité d'aménagement (intérêt à délester tel drain vers tel casier), un nombre plus limité de casiers ont les caractéristiques appropriées.

Les casiers retenus pour l'étude hydraulique et hydrologique qui est présentée au chapitre suivant, sont les quatre casiers du Bois d'Amont « BAm1 », « BAm3 », « BAm5 » et « BAm7 », dans la perspective du délestage du canal de la Nieppe qui, rappelons-le, est l'émissaire de la Petite et de la Grande Steenbecque et traverse le secteur du Parc, assez exposé aux inondations.

Tableau 33 – Possibilités de délestage retenues / alternatives / écartées

Cours d'eau à délester	Bois récepteur/ Casier potentiel pour le stockage d'eau	Proposition de choix	Motivation principale
Canal d'Hazebrouck	Bois Flamingue (BFI)	ALT	Opération intégrée (HYD + DEPOL) à étudier
Canal d'Hazebrouck	Bois d'Hazebrouck (BHa)	Ecarté	Casier inadapté
Ry Becque et Papote Becque	Bois Clébert et/ou bois d'Hazebrouck	Ecarté	Intérêt faible
Ry Becque et Papote Becque	Bois Flamingue	Ecarté	Intérêt faible
La Bourre	Bois Flamingue	Ecarté	Potentiel insuffisant du casier
Bras de la Bourre	Bois Bramsart	ALT	A ré-examiner avec recul ZEC de Borre
La Bourre	Bois d'Aval (BAV1) et/ou Bois Bramsart (BBr)	ALT	A ré-examiner avec recul ZEC de Borre
Canal du Pré à Vin	Bois Bramsart et/ou Bois Moyen	Ecarté	hydrauliquement inopportun / Bourre
Canal de Nieppe	Bois d'Amont	RETENU	Délestage affluent principal + protection rapprochée
Canal de Nieppe	Bois Moyen	ALT	à comparer avec bois d'Amont selon les impacts économiques et environnementaux
Canal de Nieppe	Bois des Vaches	Ecarté	Casier inadapté

Tableau 34 – Casiers exclus des perspectives d'aménagements

Casiers	Motivation principale
BCI / BHa	Situation altimétrique par rapport aux pourtours et aux cours d'eau concernés
BAm2 / BAm4	Eloignement hydraulique par rapport aux cours d'eau à délester
BAm5 à BAm8	Eloignement hydraulique par rapport aux drains à délester
BAV2 à BAV4	Eloignement hydraulique par rapport aux cours d'eau Situation altimétrique par rapport aux pourtours
BVa	Situation altimétrique par rapport aux pourtours et aux cours d'eau concernés

Ces casiers pourraient en revanche faire l'objet d'aménagement a minima, basés sur la « régulation rustique et saisonnières » des fossés de drainage, de manière à maîtriser leurs débits intrinsèques aux exutoires.

4.4 Orientations offrant une alternative crédible

Le parti pris dans la suite de l'étude est d'examiner en détail, les solutions réalistes et efficaces de délestage du canal de la Nieppe : nous estimons que l'orientation la plus réaliste est de travailler sur les casiers riverains de manière à simplifier les délestages, donc sur les casiers « Nord » du bois d'Amont.

La perspective de délestage du canal semble réellement intéressante : en solution alternative, voire complémentaire, un point de délestage plus proche de la RD138, à travers les parcelles de « Clap Houck » et vers les casiers du bois d'Amont, n'est pas qu'une vue théorique :

- Le point de délestage serait très accessible (fiabilité, coûts de réalisation),
- la distance n'est que de 725 m à travers des champs, jusqu'au fossé de ceinture puis le Berquigneul (coût limité du coursier hydraulique à créer en déblais),
- les casiers du bois Moyen offrent d'importantes capacités et la drève du milieu pourrait servir de point d'appui à des ouvrages.

L'optimisation ou l'augmentation de l'amortissement des débits de la Bourre, à travers bois Bramsart et BAv1 notamment, restera sans doute difficile à réaliser sans des travaux ayant un fort impact environnemental ; cependant à l'égard d'un potentiel de surstockage net qui pourrait dépasser 250.000 m³ en se limitant strictement à une cote d'eau de 17,40 mNGF, il convient de conserver présente à l'esprit cette perspective :

- en complément des ZEC de Borre et des ZEC projetées plus en amont, selon les évaluations des enjeux qui seront produites et l'efficacité de ces aménagements ;
- en alternative éventuelle aux ZEC projetées sur la Borre Becque et la Foëne Becque, dont la réalisation ne sera pas sans impacts socio-économiques.

L'utilisation du bois Flamingue, et/ou du bois Bramsart, pour l'expansion des eaux apportées par le bras de la Bourre (issues de la Ry Becque et des déverses du canal d'Hazebrouck), pourrait se concevoir comme une opération complexe et intégrée, avec des préoccupations spécifiques d'épuration naturelle des eaux de surface ; un tel projet nécessiterait obligatoirement de repenser les ouvrages aux 3 Planches, et la très bonne connaissance des enjeux quantitatifs et qualitatifs liés systèmes d'assainissement des eaux urbaines d'Hazebrouck.

Chapitre 4 - Etude hydraulique – Etat non aménagé

1 Compréhension et description du fonctionnement hydraulique lié à la forêt de Nieppe

1.1 Intégration de l'hydrographie de la Forêt de Nieppe dans le bassin versant de la Bourre

La forêt de Nieppe est au centre des nœuds hydrauliques principaux du bassin versant de la Bourre et de ses canaux.

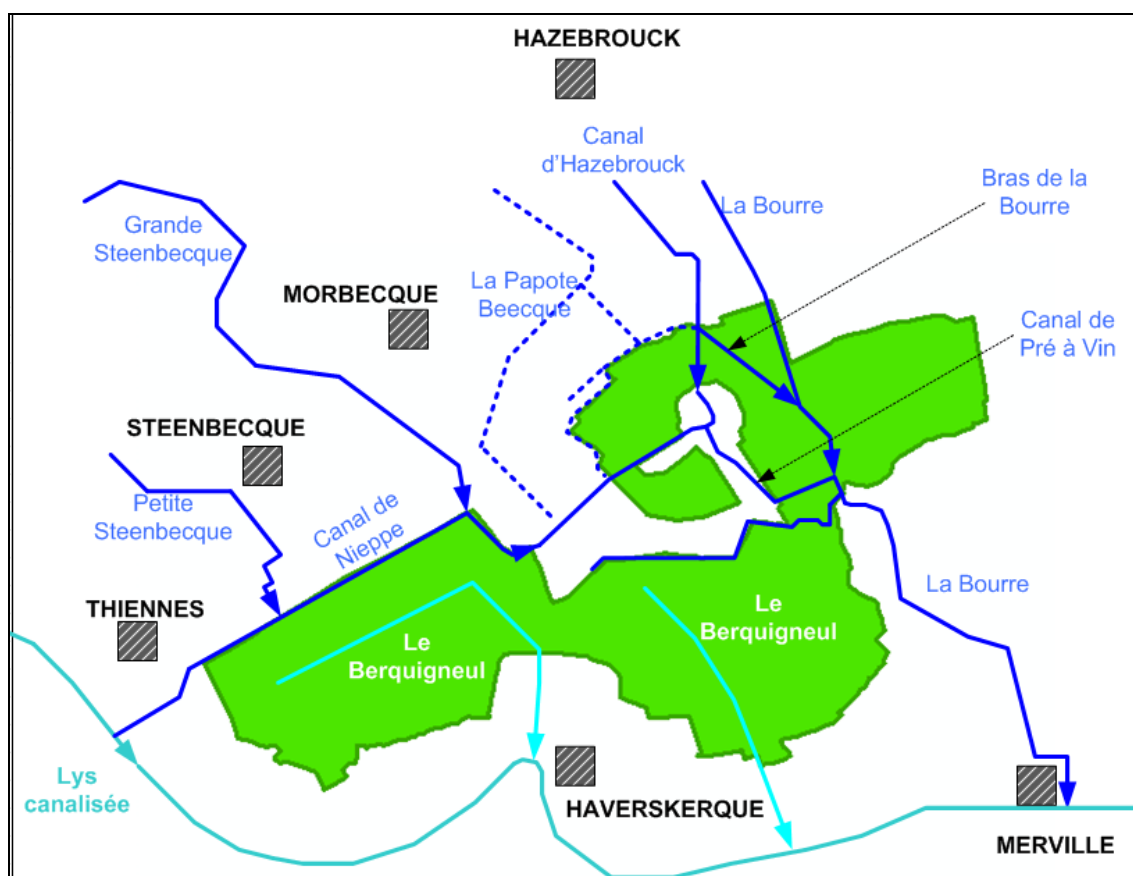


Figure 15 : Synoptique du fonctionnement hydraulique lié à la Forêt domaniale de Nieppe

Le synoptique de la Figure 15 synthétise bien la complexité hydrographique du secteur à l'étude.

Le canal de la Nieppe longe le côté nord du bois d'amont de la forêt de Nieppe, puis il écoule en direction nord-ouest jusqu'à confluer dans la Bourre en passant par le canal de Pré à Vin à la Motte au Bois.

Le long du trajet le canal de Nieppe reçoit les eaux, de l'amont vers l'aval, de :

- La Petite Steenbecque,
- La Grande Steenbecque,
- Le Canal de Hazerbrouck.

La confluence du canal de Hazebrouck avec le canal de Nieppe est contrôlée à l'aval par l'écluse de la Motte au Bois qui en fixe le niveau d'eau. Le canal du Pré à Vin, à l'aval de l'écluse de la Motte au Bois est lui-aussi contrôlé par l'écluse du Grand Dam située à l'amont de la confluence avec la Bourre (voir Figure 16).

La Bourre, via le Bras de la Bourre est l'exutoire de la Papote Becque et, en fonction de l'état de la vanne, du canal de Hazerbrouck aussi.

1.2 Hydrographie de la Forêt domaniale de Nieppe

La forêt domaniale de Nieppe présente un système hydrographique complexe.

Le massif forestier est baigné par le Berquigneul Noir au Bois Berquin, par les deux Berquigneuls qui traversent le Bois Moyen et le Bois d'amont et dont exutoire est la Lys canalisée. Le système interagit aussi avec le réseau du bassin versant de la Bourre, en particulier avec le Bras de la Bourre à la Motte au Bois, le canal de Nieppe bordant le bois d'Amont et en partie le canal du Pré à Vin entre le bois Moyen et le Bois Bramsart

Compte tenu de l'imperméabilité de ses sols argilo limoneux, la forêt de Nieppe est drainée par de nombreux fossés et ceintures en lisière de la forêt, dont le plus importants sont listés ci-dessous :

- Fossé du Bois,
- Fossé de Bourbecque,
- Fossé des 40,
- Fossé des bois blancs,
- Fossé le donjon,
- Fossé Bois Marquette,
- Becque du Corbie,
- Courant de la rue du Bois,
- Courant du Laurier,
- Acker Weg,
- Fossé de la rue du Moulin,
- Tronçon situé entre Papote Becque et Ry Becque
- Berquigneul du bois Moyen,
- Berquigneul du bois d'Aval,
- Canal du Pré à Vin

1.3 Ouvrages

Comme la **Figure 16** le montre, plusieurs ouvrages hydrauliques complexes sont répartis sur le territoire à proximité ou dans la forêt de Nieppe.

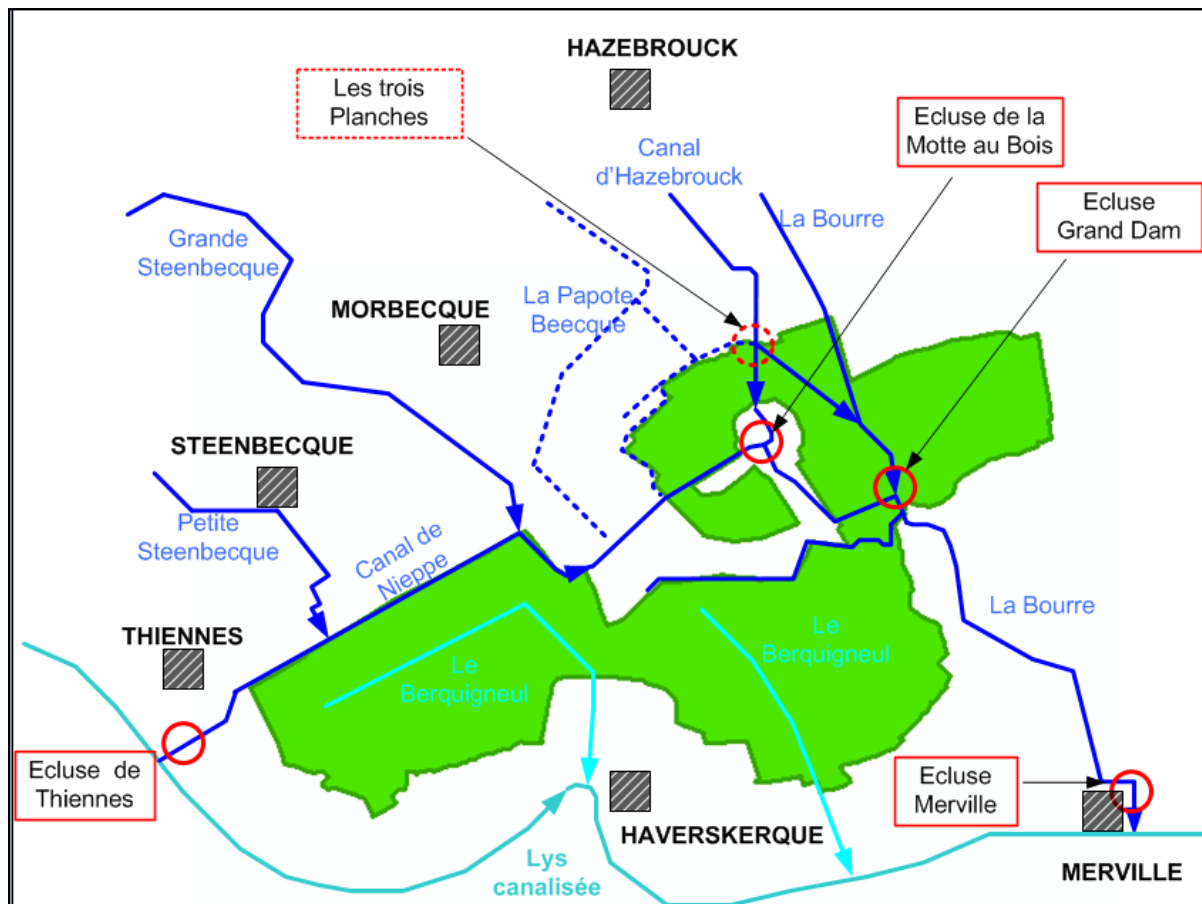


Figure 16 : Les ouvrages hydrauliques dans le secteur

Les plusieurs visites sur le terrain ont permis de comprendre le complexe réseau hydrographique qui compte quatre écluses et un siphon/déversoir.

1.3.1 L'écluse de Thiennes

La forte présence humaine a changé considérablement le fonctionnement hydraulique sur le bassin versant de la Bourre, notamment sur la commune de Thiennes. La schématisation hydraulique est présentée sur la **Figure 17**.

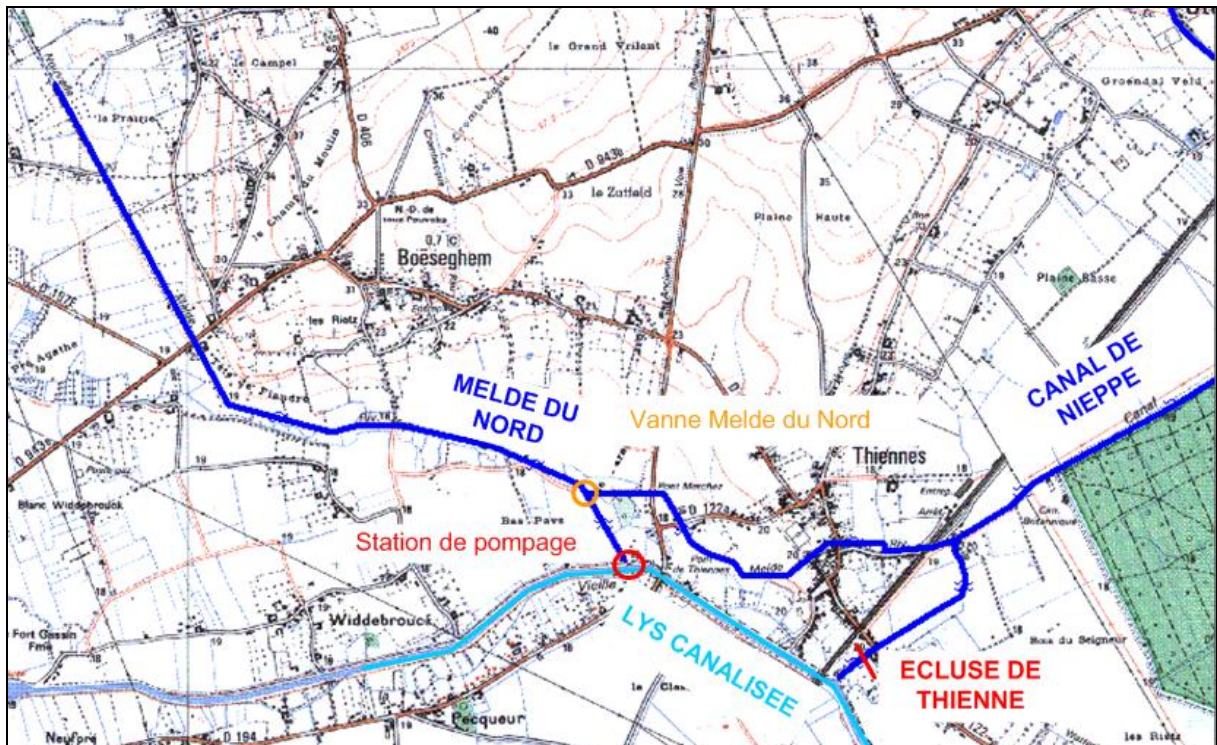


Figure 17 : Ecluse de Thiennes – fonctionnements hydrauliques

« En situation normale, la Melde du Nord emprunte un tracé indépendant de la Lys via le canal de Nieppe et se rejette dans la Lys à l'aval de Merville. La régulation d'une vanne manuelle installée en amont de Thiennes, permet ou empêche la liaison directe avec la Lys canalisée. Cependant, dans le cas où la vanne soit ouverte, l'écoulement vers les canaux d'Hazebrouck est fortement limité par un point critique au niveau de la vanne, le tracé en correspondance de la vanne forme un coude.

En cas de coup d'eau la vanne de la Melde est fermée manuellement et la station de pompage au bout du tronçon liant la Melde à la Lys est mise en route.

Le fonctionnement de la station est assujéti aux différents niveaux d'eau de la Lys définis dans la procédure d'information et de coordination interdépartementale en cas d'inondation dans la vallée de la Lys à savoir :

- 3 pompes maxi jusqu'au seuil de préalerte
- 2 pompes maxi jusqu'au seuil d'alerte
- Au-delà du seuil d'alerte
 - Lorsque le niveau de la Melde est supérieur à celui de la Lys, une pompe maxi pour remplacer l'écoulement naturel de la Melde tel qu'il existe
 - Lorsque le niveau de la Melde est inférieur à celui de la Lys, aucun pompage n'est autorisé »

(Source : fiche de fonctionnement de la station de la Melde du Nord)



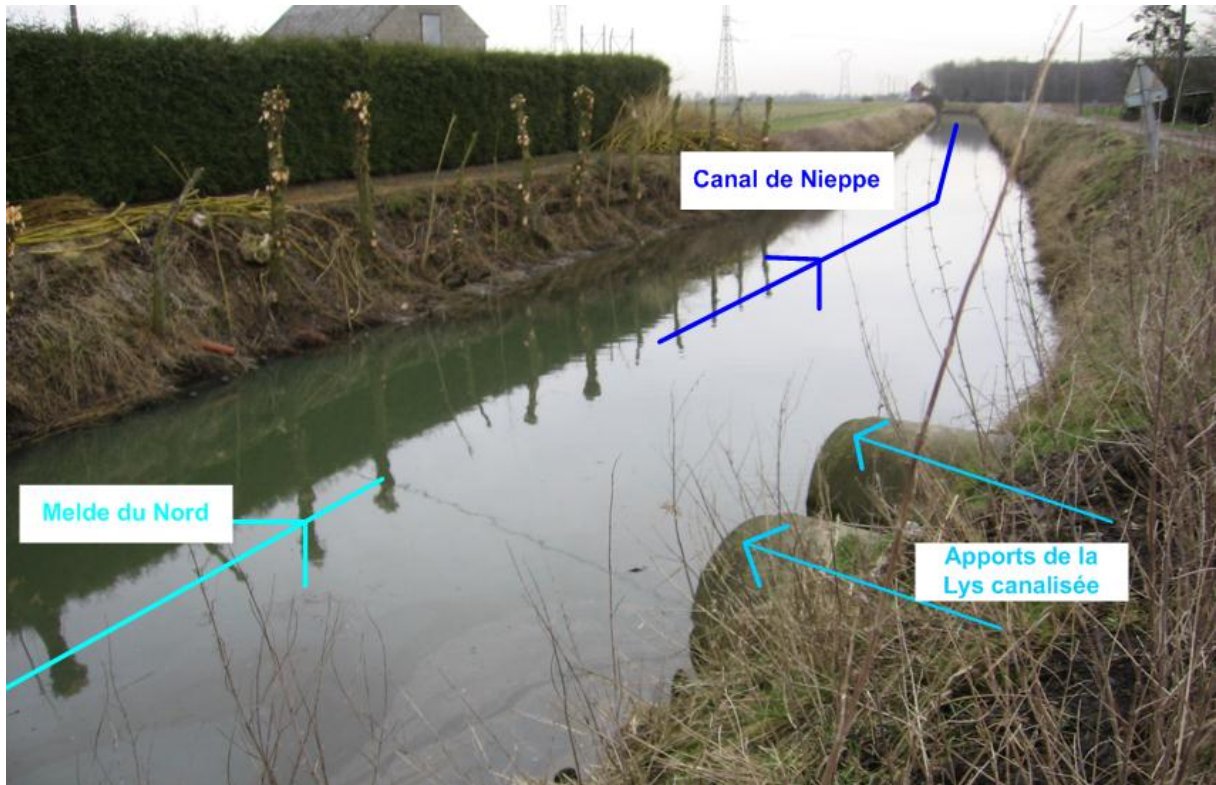
Vanne manuelle le long de la Melde du Nord



Station de pompage à l'exutoire de la Melde du Nord



Ecluse de Thiennes



Carrefour Melde du Nord-Canal de Nieppe et apports de la Lys canalisée



Figure 18 : Ecluse de Thiennes – photos

1.3.2 L'écluse de la Motte au Bois et l'écluse du Grand Dam

« Les ouvrages de la **Motte au Bois** et du **Grand Dam** ont été réhabilités respectivement en 2008 et 2009 ; il s'agissait en fait d'anciennes écluses devenues difficilement manoeuvrables et peu étanches. Les écluses ont été rénovées et automatisées dans le but de retrouver la maîtrise des niveaux de l'eau sur les canaux de la Nieppe, du Pré à Vin et d'Hazebrouck et d'avoir une meilleure gestion des écoulements en période de crue.

Les ouvrages ont été conçus pour que lors d'une crue trop importante les deux panneaux qui composent l'écluse remontent de façon à libérer complètement la section hydraulique (au-dessus du niveau des berges). Les cotes d'alerte déclenchant cette ouverture complète des écluses restent à déterminer en concertation avec les différents partenaires dans le cadre d'une gestion globale des écoulements sur le secteur.

Les deux écluses sont exploitées par l'USAN.

L'écluse de la Motte aux Bois permet une gestion du niveau d'eau sur le canal de la Nieppe et le canal d'Hazebrouck. La cote à maintenir à l'amont de cette écluse est fixée à 16.80 m.

L'écluse du Grand Dam permet une gestion du niveau d'eau sur le canal du Pré à Ven. La cote à maintenir à l'amont de cette écluse est fixée à 15.98 m. »

(Source : rapport Papier de l'USAN concernant « Modernisation et automatiser des ouvrages des canaux de la Bourre »).

Il n'y a pas de gestion globale sur le bassin versant. Cette démarche sera mise en place quand l'ouvrage des Capucins à Merville sera réhabilité et automatisé à son tour.



Ecluse de Motte aux bois



Vue sur l'ancienne écluse et sur l'écluse de Motte aux bois



Batardeau entre la Bourre et le canal du Pré à Vin



Ancienne écluse du Grand Dam



Ecluse du Grand Dam suite aux travaux de 2009 (photo lors de la crue de Décembre 2009)

Figure 19 : Ecluse de la Motte au Bois et écluse du Grand Dam - photos

1.3.3 Le siphon des « trois planches »

Le canal d'Hazebrouck et de la Nieppe se rejoignent à la motte au bois pour former le canal de Pré à vin qui s'appellera la Bourre à partir du Grand Dam.

Au niveau de l'ouvrage des Trois Planches, un lien hydraulique en Ø600 peut écrêter le débit du canal d'Hazebrouck si la vanne correspondante est ouverte, et renvoyer l'eau vers le bras de la Bourre (qui rejoint la Bourre en aval du Grand Dam).

Il y a quelques années, quand les eaux du canal d'Hazebrouck comportaient une quantité importante d'eaux usées en provenance d'Hazebrouck, cette vanne était systématiquement ouverte l'été pour éviter les mauvaises odeurs dans la Motte au Bois. Aujourd'hui cette vanne est fermée la majorité du temps.

En cas de pluie à venir, où quand il pleut beaucoup, la vanne et l'écluse des trois planches sont ouvertes. Il n'y a pas de consigne d'action systématique. La gestion étant manuelle, un prestataire vient ouvrir les ouvrages de façon préventive et fait en sorte d'avoir une bonne répartition de l'eau entre les canaux (quelques problèmes de conflit avec les pêcheurs dans le canal d'Hazebrouck l'été si la vanne reste longtemps ouverte...).

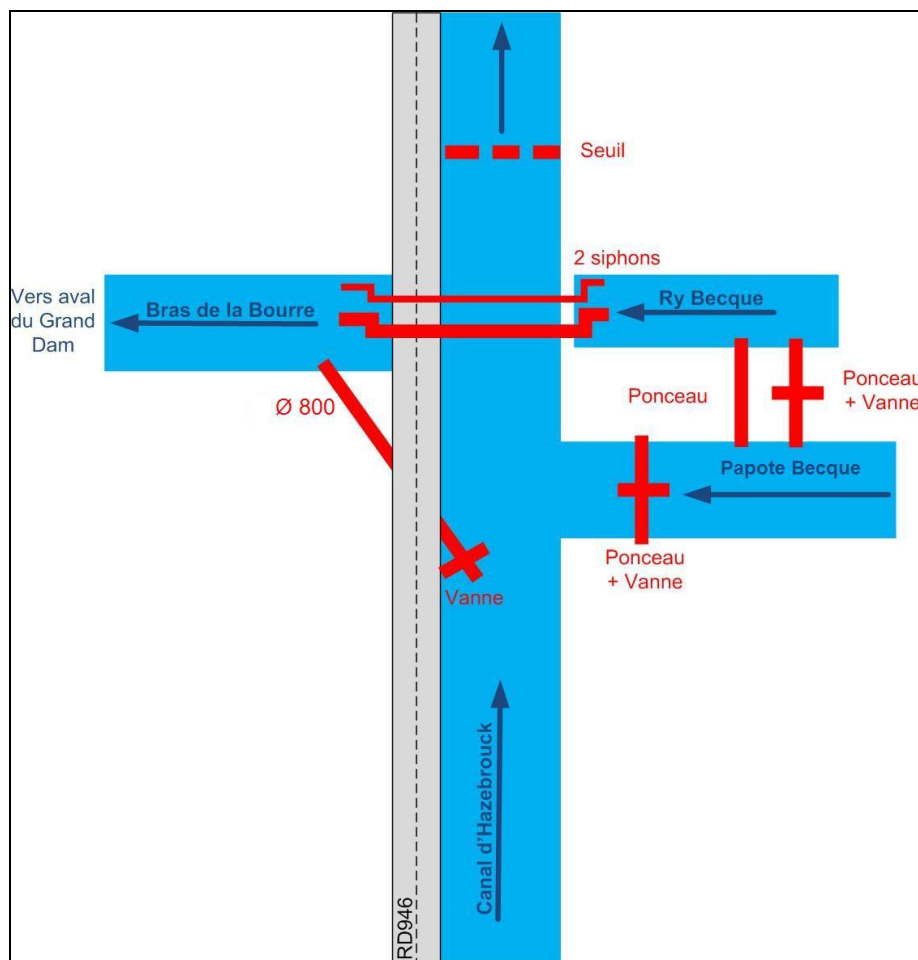


Figure 20 : « Les Trois Planches » - fonctionnement hydraulique

L'arrivée en siphon de la Papote Becque n'est pas contrôlable. Les deux siphons ont été débouchés il y a 3 ans. Le plus grand siphon, vers la rive gauche de la Papote est une voûte maçonnée. Le plus petit siphon, vers la rive droite, est un rectangle étayé en bois. Son intérieur est irrégulier et comprend des saillies de bois ce qui explique qu'il se bouche facilement. Les ouvrages qui séparent la Papote Becque des siphons ont probablement été installés à des fins de nettoyage.

1.3.4 Ouvrages hydrauliques supplémentaires

Les vannes placées sur les fossés de route et situées au hameau du Parc à la traversée du canal de la Nieppe servent à éviter les remontées d'eau du canal de la Nieppe car la pente naturelle du terrain fait que la Nieppe part vers la Papote Becque. D'un côté, la vanne sert parfois aussi à vidanger le fossé de route quand la Nieppe est basse. De l'autre, ce n'est jamais le cas et la vanne est murée (point haut).

Il existe un clapet à la confluence du canal de la Nieppe et de l'ancien canal de Merville placé de sorte à ce que l'ancien canal ne se décharge pas vers la Nieppe.

2 Risque d'inondation

La Direction Départementale de l'Équipement a mené une enquête en 2000 afin de recenser les désordres hydrauliques sur le territoire de la Flandre intérieure.

Afin de classer le risque associé à chaque désordre hydraulique, l'étude prend en compte paramètres suivants :

- le type de désordre hydraulique (débordement du cours d'eau, coulée de boue et accumulation d'eau dans les points bas)
- la fréquence d'apparition de l'évènement ;
- la gravité (présence d'habitations touchées, coupure de la circulation).

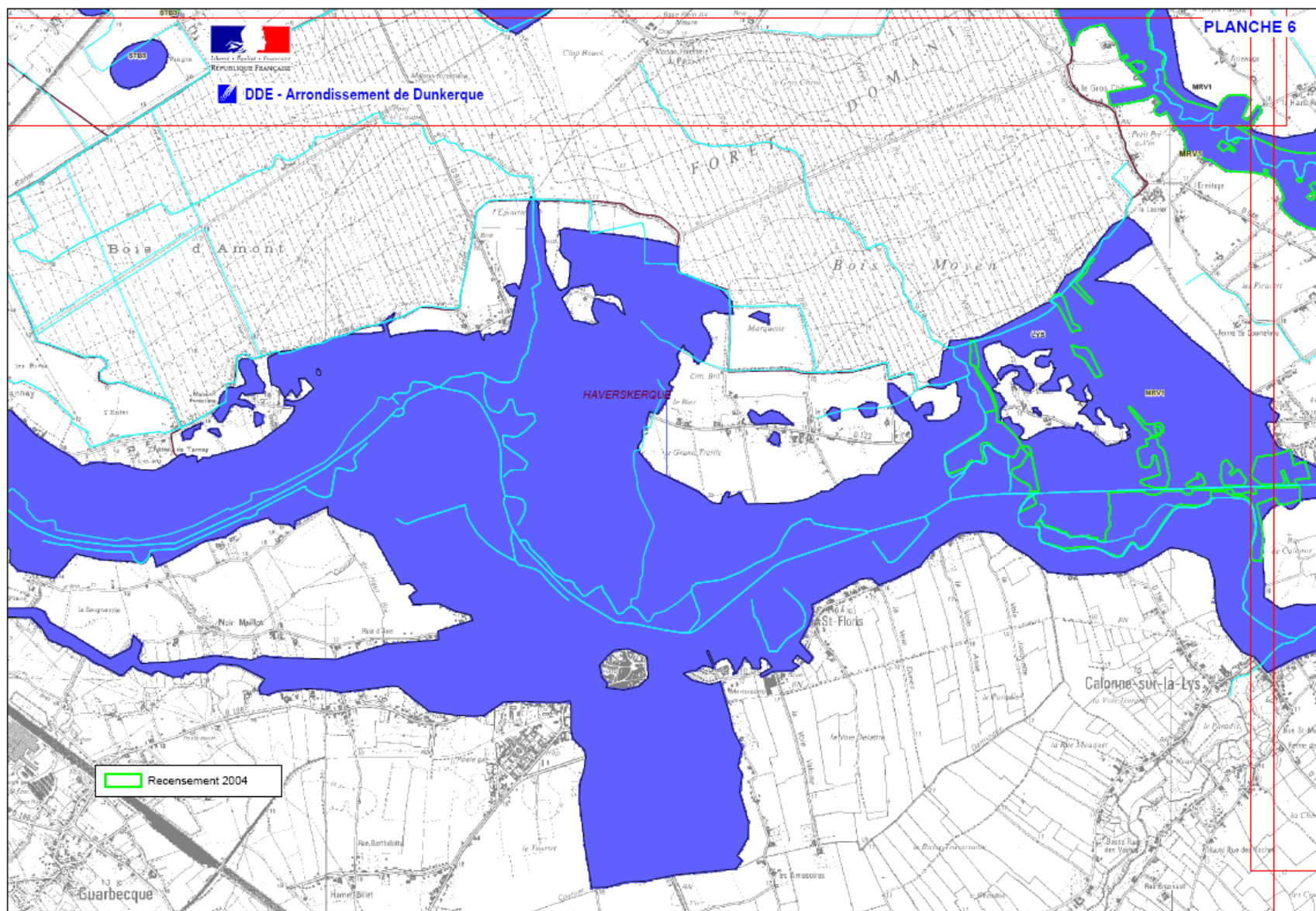
Le recensement des inondations sur le bassin versant de la Bourre et de ses canaux est visible sous forme cartographique sur la [Figure 21](#), où :

- en bleu, sont indiqués les débordements peu fréquents,
- en rose les débordements fréquents.

Les « points noirs d'inondation » du bassin versant de la Bourre mis en évidence par l'étude en question et qui comportent une gravité importante (forts enjeux humains et coupure de la circulation) sont listés dans le [Tableau 35](#) par commune :

Tableau 35 – Désordres hydrauliques aux abords de la forêt de Nieppe

Repère	Commune	Localisation	Fréquence	Habitation touchées (H) – Coupure de la circulation (C)	Observations
MO3	MORBECQUE	Le Parc – rue de la Chapelle, rue du calvaire	Peu fréquent	H+C	Débordement du canal de la Nieppe
	Haverskerque	»	Peu fréquent		Lys canalisée et/ou Berquigneul



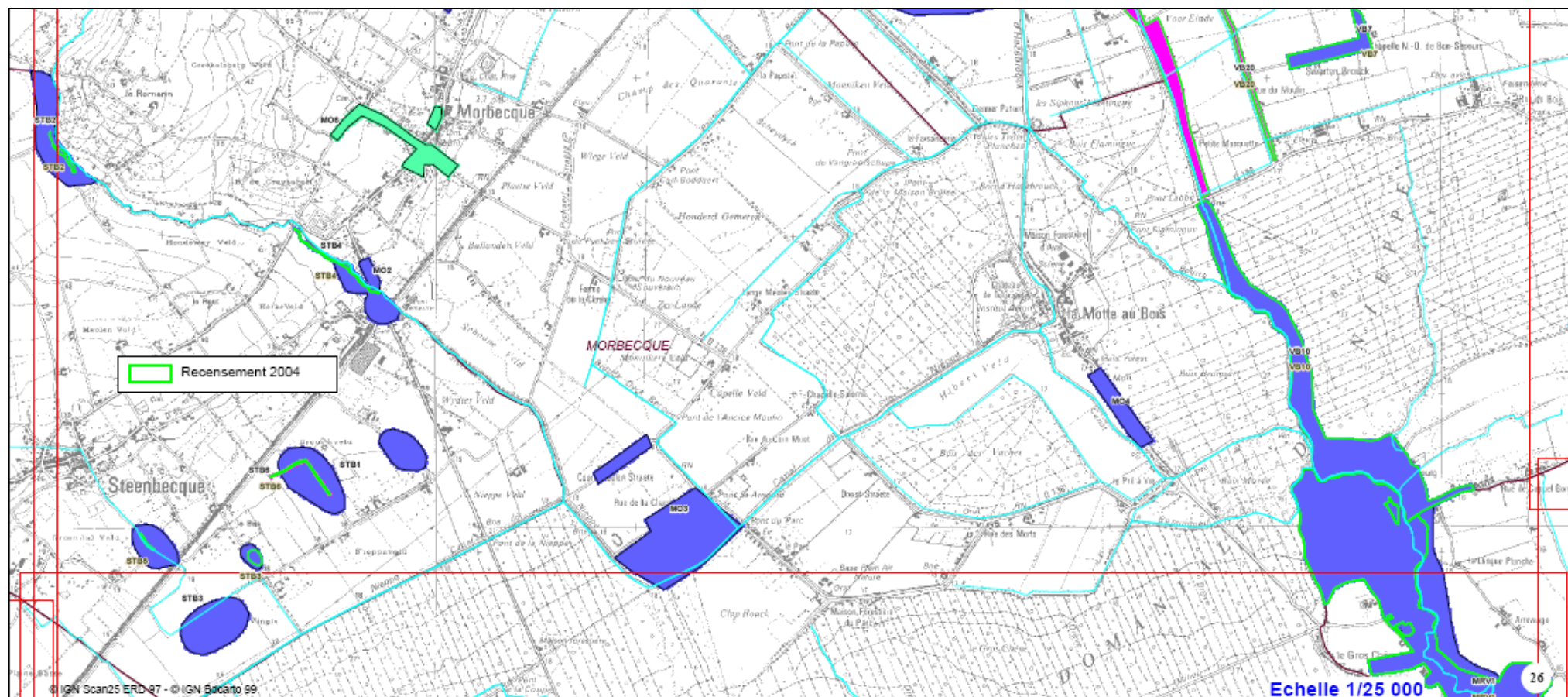


Figure 21 : Recensement inondations

3 Structure hydraulique et évolution du modèle

L'étude du délestage du canal de Nieppe vers la forêt de Nieppe a été réalisée via la construction d'un modèle hydraulique et hydrologique sur Infoworks CS.

Il a été intégré au modèle créé lors de l'étude de faisabilité des aménagements de lutte contre les inondations du bassin versant de la Bourre.

3.1 Choix du logiciel de modélisation

La modélisation de la Forêt de Nieppe a été réalisée avec le logiciel INFOWORKS CS, parfaitement adapté aux cours d'eau artificialisés et/ou aux fossés de petit gabarit, aux contextes mixtes péri-urbains (modélisation des conduites d'assainissement) et ruraux (prise en compte des effets de saturation / désaturation des sols agricoles).

Ce logiciel est capable de décrire et de quantifier les comportements d'un réseau hydrographique complexe présentant des diffuences / confluences, des singularités hydrauliques, des sections complexes de lit majeur... Il permet de générer des hydrogrammes, de calculer des débits de pointe, des vitesses d'écoulements en lit mineur et majeur, des hauteurs d'eau, des taux de remplissage, des volumes de stockage,...

Le logiciel Infoworks, utilisé pour la modélisation, rend compte des conditions de transit en fonction du temps, après un calcul préalable de transformation pluie-débit.

La génération de ces hydrogrammes de temps de pluie retranscrit le temps de réponse du réseau face à une pluie donnée et permet ainsi de **positionner précisément, et de comprendre l'origine, des éventuels désordres hydrauliques** mis en évidence par la simulation (contrainte aval, insuffisance intrinsèque de la section d'écoulement...).

On trouvera en Annexe, la fiche descriptive détaillée du logiciel Infoworks CS, mis en œuvre dans le cadre de cette étude. Cette fiche présente en particulier les formulations et méthodes utilisées, tant pour la transformation pluie-débit que pour la simulation hydraulique.

3.2 Structure actuelle du modèle

Dans le présent paragraphe, nous reprenons les points fondamentaux de la construction du modèle global de la Bourre et les intégrations ajoutées.

Le modèle hydraulique a été construit à partir des profils longitudinaux et transversaux des becques et canaux, ainsi que des levés des ouvrages. L'origine de ces données issues des campagnes topographique provienne des plusieurs sources ; elle est indiquée par une couleur différente sur la **Figure 22** :

1. USAN (couleur bleu)
2. SOGREAH (données extraites du logiciel CARIMA) (couleur bleu clair)
3. Demande topographique complémentaire commandée au cabinet des géomètres INGEO réalisée lors de cette étude afin d'avoir une topographie précise sur les zones pressenties pour les aménagements, sur l'ensemble du bassin versant. (couleur bleu foncé)
4. LIDAR pour toutes les données manquantes, les routes, et les descriptions de casiers

Les données bathymétriques présentées au chapitre précédent, entrées dans le modèle, permettent également de rendre compte de la dynamique de remplissage des aménagements.



Figure 22 : Modèle global du canal de la Nieppe intégré au modèle de la Bourre et de ses canaux – origine des données

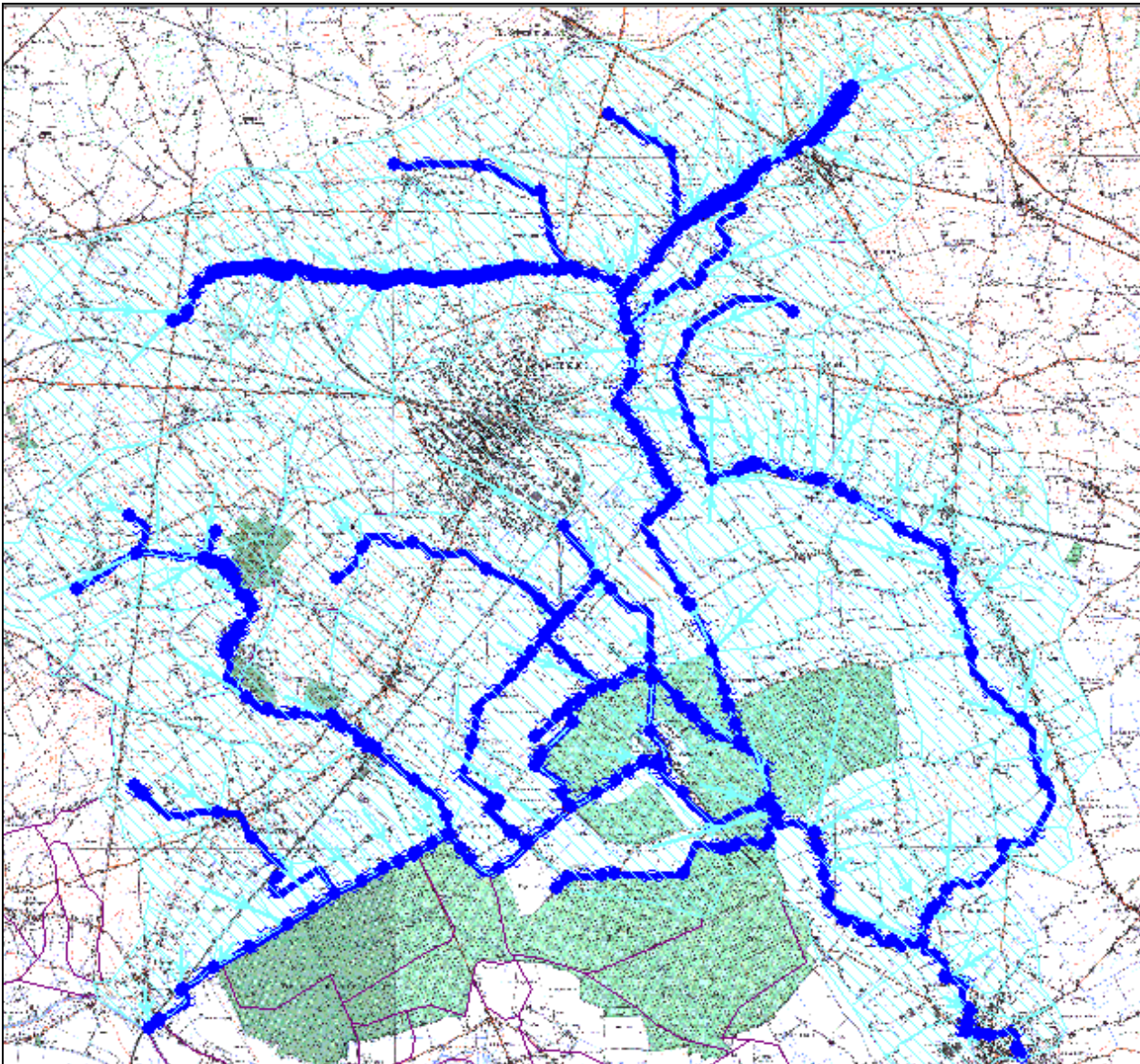


Figure 23 : Modèle de la Bourre et de ses canaux construit sur Infoworks CS

3.3 Compléments par rapport au modèle de la Bourre et de ses canaux

Le Bois d'Amont de la forêt de Nieppe est drainé par le Berquigneul. Il la traverse de nord-ouest vers sud-est, puis atteint la ville de Haverskerque et conflue dans la Lys canalisée.

Dans le cadre d'une situation future où la forêt de Nieppe est potentiellement aménageable, le Berquigneul pourrait constituer un émissaire de vidange des casiers de stockage d'eau.

En outre, d'après l'enquête sur les inondations menée par la DREAL 59 en 2000 et 2004, Haverskerque est sujette à phénomènes d'inondation.

En conséquence, dans le modèle hydraulique et hydrologique, le cours d'eau et son bassin versant ont été intégrés afin de :

- Reproduire au mieux le remplissage et vidange des casiers,
- évaluer l'impact de la vidange des casiers au droit de Haverskerque.

Le modèle a été construit sur la base de levés des ouvrages et profils en travers commandés au cabinet géomètre INGENEO. Un imprimé d'écran est visible sur la [Figure 24](#).

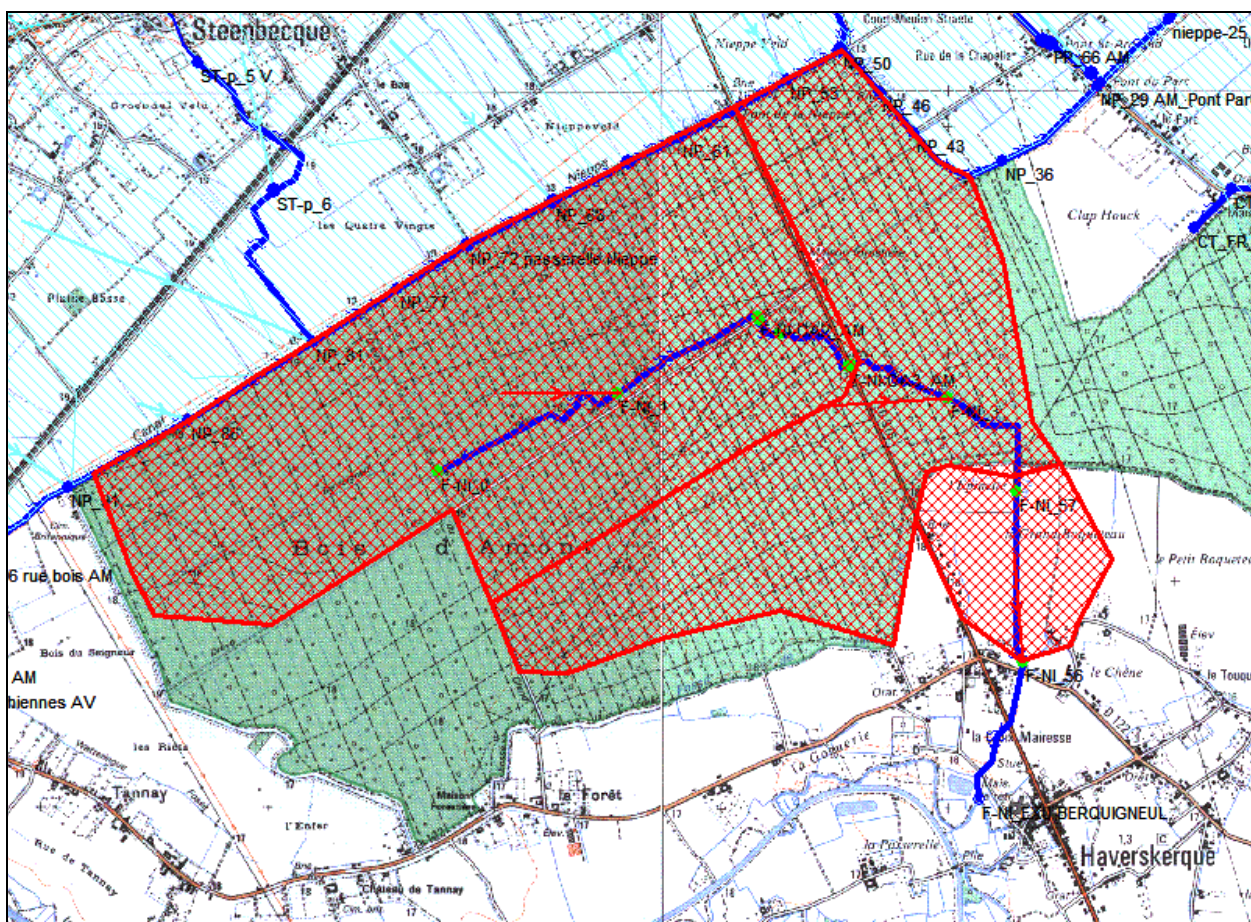


Figure 24 : Modèle du Berquigneul intégré à celui de la Bourre – imprimé d'écran

3.4 Calage

3.4.1 Principe de calage

Le calage d'un modèle de simulation consiste en l'ajustement des différents paramètres variables du modèle, afin de reproduire de manière satisfaisante, au moyen de ce modèle, des phénomènes mesurés. En l'occurrence, il s'agit, pour des précipitations identiques à celles mesurées, que le modèle restitue des volumes, des débits, et des conditions d'écoulements, quantitativement et qualitativement approchant des valeurs mesurées, au point de mesures considéré.

Les paramètres d'ajustement hydrologique sont :

- les coefficients de ruissellement (apports des surfaces peu ou pas imperméabilisées), qui dépend étroitement de l'occupation des sols et de leurs caractéristiques pédologiques,
- la fraction contributive réelle apparentée, produit d'un coefficient de ruissellement et d'une surface non mesurable (apports des surfaces imperméabilisées réellement connectées),
- le coefficient de routage lorsque le chevelu de collecte n'est pas modélisé (fossés de routes et agricoles, antennes des réseaux de collecte).

Les paramètres d'ajustement hydraulique sont :

- les pertes de charges linéaires (rugosités des lits mineur et majeur, coefficients de Strickler des conduites),
- les pertes de charges singulières (au niveau des coudes, des ouvrages hydrauliques,...)
- les coefficients de débit d'ouvrages de contrôle (ajutages, vannes, orifices, déversoirs...).

Pour être validés, les calages doivent être reproductibles entre deux évènements de nature similaire.

L'importance des conditions de saturation des sols sur ces bassins versants à dominante rurale, implique un calage saisonnier :

- Calage « été » : pour des évènements de type orageux, survenant sur des sols relativement peu (voir pas) saturés ;
- Calage « hiver » : pour des pluies longues, successives survenant sur des sols saturé ou en cours de saturation.

3.4.2 Le calage de la Bourre et de ses canaux

Le choix de l'évènement de calage du modèle est le résultat de l'intersection de plusieurs paramètres :

- La pluviométrie
- Les mesures limnimétriques sur le cours d'eau à caler,
- Les mesures débitométriques sur le cours d'eau à caler.

En fonction des mesures enregistrées sur le cours d'eau et de leurs points de mesure, la plage des évènements pluviométriques de calage est sensiblement réduite.

La **Figure 25** synthétise graphiquement tous les capteurs de mesure et leur localisation sur le bassin versant de la Bourre et de ses canaux. On a notamment :

- Huit pluviomètres,
- Quatre capteurs Hauteur/vitesse/Débit situés à l'amont du bassin versant, en particulier sur la Borre Becque, Grande et Petite Steenbecque,
- Un capteur limnimétrique sur la Bourre à l'amont de la confluence avec la Plate Becque.

En termes pluviométriques, la station retenue en fonction de la fiabilité des données enregistrées est celle de Borre. Il est un poste de la DIREN du Nord-Pas-de-Calais avec une chronologie pluviométrique sur 45 ans.

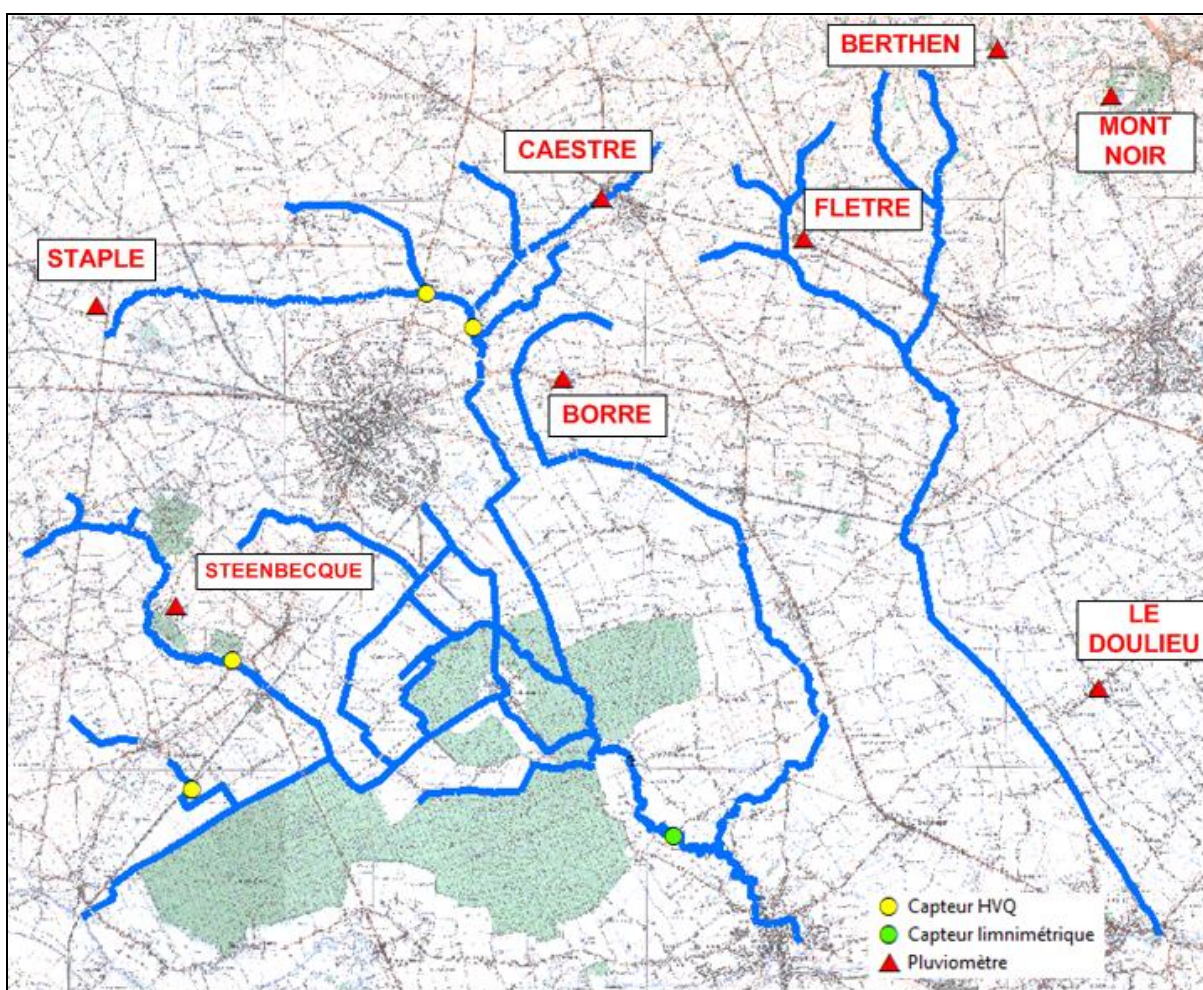


Figure 25 : Localisation des stations hydrométriques sur le bassin versant de la Bourre

L'évènement pluviométrique sélectionné pour le calage de la Borre Becque et de la Bourre est celui de Novembre 2008. La Grande Steenbecque a fait l'objet d'un autre calage.

3.4.3 Données hydrologiques présidant au calage et calage du Berquigneul

Les données utilisées pour le calage du modèle du Berquigneul du Bois d'Amont sont :

- La pluviométrie à pas de temps 5 min au poste de Norrent Fontes pour l'événement exceptionnel orageux de juillet 2005 ;
- La pluviométrie horaire interpolée via la méthode des polygones de Thiessen à partir des données pluviométriques de 1993 à 2003 aux stations DIREN de Herbelles et Aire-sur-la-Lys et de Météo France de Fiefs et Radinghem ;
- Données limnimétriques sur le bief de la Lys canalisée entre Cense-à-Witz – Saint Venant pour les crues du Décembre 1999 et Juillet 2005. (Ces données sont entrées dans le modèle comme contrainte aval du Berquigneul).

Pour la crue de juillet 2005, le caractère orageux de l'événement nous a incités à utiliser une pluviométrie à pas de temps très court afin de retranscrire le plus fidèlement possible dans le modèle la rapidité et l'intensité de l'événement. Le poste de Norrent-Fontes, instrumenté dans le cadre d'une campagne de mesure ponctuelle, a permis de récupérer ces données pluviométriques à pas de temps court.

L'absence d'une campagne de mesures limnimétriques et/ou débitimétriques le long du Berquigneul a empêché d'effectuer la phase de calage par comparaison des données observées et calculées par le modèle.

Pour le modèle du bassin versant du Berquigneul, il s'agit donc de s'assurer, pendant la phase de pré-diagnostique, que pour les pluies réelles simulées, les zones de désordres et de débordements soient respectées quantitativement et qualitativement, toujours en prenant en compte la contrainte aval du bief de la Lys canalisée.



Figure 26 : Localisation du pluviomètre de Norrent fontes par rapport à Haverskerque

3.4.4 Choix des pluies simulées et des conditions hydrologiques associées pour le diagnostic

L'évènement hydrologique qui servira de référence dans la phase de dimensionnement sera **la pluie de projet vicennal**, une pluie de projet centennale résultant aggravant par rapport à l'historique des évènements pluviométrique.

La pluie de projet vicennal a été construite à partir de l'évènement de juillet 2005 mesurée au poste ponctuel de Norrent-Fontes. La reconstruction a conservé la caractéristique majeure de la crue réelle, à savoir sa forme en double triangles successifs et rapprochés. Cette configuration s'avère en effet assez typique des orages estivaux dommageables de la région et se révèle relativement pénalisante pour les zones d'expansion de crue naturelles ou pour tous aménagements envisagés.

La crue réelle de juillet 2005 présente une période de retour largement plus que cinquantennale (pour une durée de cumul de 1 h et plus et vicennale pour des durées inférieures) et ne pouvait donc être utilisée pour dimensionner les aménagements et quantifier l'efficacité de ces derniers par rapport à la situation actuelle.

La pluie retenue est donc une pluie composée de deux pics successifs dont les caractéristiques sont synthétisées ci-dessous en fonction de la période de retour considérée (la pluie d'occurrence 100 ans servira uniquement lors de la vérification du bon fonctionnement des aménagements proposés).

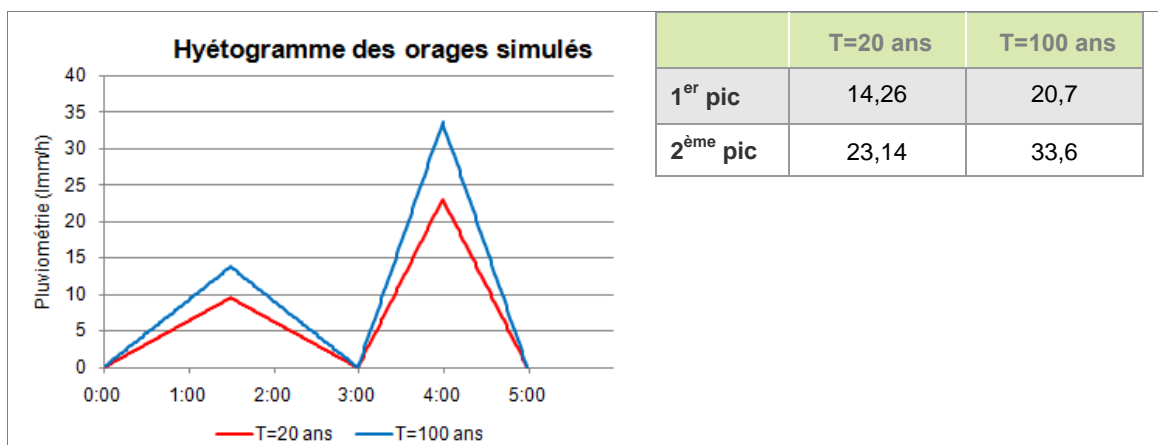


Figure 27 : Hyétoqrammes des orages simulés – T=20 ans et T= 100 ans

Les deux pluies d'occurrence T = 20 ans et T = 100 ans présentent un cumul total sur les 5 heures que dure l'évènement de respectivement 37.4 mm et 54.3 mm.

En revanche, si l'on considère chacun des 2 pics de pluie séparément, on constate que :

- Le premier pic de pluie est d'occurrence faible quelque soit la durée de cumul considérée (occurrence inférieure à 2 ans pour la pluie T = 20 ans et de l'ordre de 2 à 5 ans pour la pluie T = 100 ans) ;
- Le second pic de pluie est d'occurrence faible pour les durées de cumul inférieures à 30 min (occurrence inférieure à 2 ans pour la pluie T = 20 ans et de l'ordre de 2 à 5 ans pour la pluie T = 100 ans) ;
- Le second pic de pluie est d'occurrence plus forte pour les durées de cumul supérieures à 30 min (occurrence entre 2 et 5 ans pour la pluie T = 20ans et entre 20 et 50 ans pour la pluie T = 100 ans).

Tableau 36 – Intensité-Durée Fréquence à la station de Lille-Lesquin

Valeurs extrêmes de précipitations à la station de Lille-Lesquin (période 1961 – 2008), selon la méthode de renouvellement				
	Période T= 10 ans	Période T= 20 ans	Période T= 50 ans	Période T= 100
Durée de la pluie	Hauteur mm	Hauteur mm	Hauteur mm	Hauteur mm
6 min	10.7	13.3	17.6	21.5
15 min	17.5	21.5	27.6	33
30 min	21.5	25.5	31.2	35.9
1 heure	24.2	28.4	34.4	39.3
2 heures	28.2	32.6	38.6	43.5
3 heures	31.1	35.6	42.1	47.3
6 heures	36.8	42.8	51.6	59
12 heures	47.1	54.1	63.5	71
24 heures	51.7	58	66.2	72.5
2 jours	60.2	66.2	73.6	78.7
4 jours	74.6	80.3	86.7	90.9
8 jours	93.5	103.6	116.9	127

En conclusion, les deux pluies estivales utilisées lors des simulations présentent des caractéristiques assez pénalisantes en terme de volumétrie et de remplissage / vidange des aménagements en raison de leur forme « double triangles successifs », d'un cumul sur 5 heures d'occurrence 20 ans et 100 ans et d'intensités pluvieuses relativement faibles sur des durées courtes (et notamment le premier pic). Cette typologie de pluies apparait adaptée aux contextes ruraux locaux puisque les bassins versants génèrent, au regard de leur superficie, occupation des sols et longueur hydraulique, des réponses hydrologiques relativement lentes et amorties (par rapport à des zones urbanisées).

3.4.5 Hypothèse de simulation

Les simulations hydrauliques, dont résultats sont synthétisés au chapitre suivant, ont été réalisées avec les hypothèses suivantes :

- Ouverture complète des écluse de la Motte au Bois et du Grand Dam pour des évènements de récurrence occasionnelle (T=20 ans et T=100 ans) ;
- Evènement d'été orageux homogène sur tout le territoire ;
- Présence de la ZEC de Borre projetée par Sogreah.

4 Résultats

Afin de faciliter la lecture et la comparaison des résultats entre l'état actual et l'état aménagé envisagé, les résultats sont présentés au chapitre 5.

Chapitre 5 - Etude hydraulique – définition, dimensionnement et efficacité des aménagements

1 Etude hydraulique de définition, de dimensionnement et d'efficacité des aménagements

1.1 Propositions d'aménagements

Comme indiqué en conclusion du chapitre 3, avec à l'appui des informations également présentées au chapitre 4 (sensibilité du secteur du parc aux débordements du canal de la Nieppe), nous avons étudiés les solutions envisageables pour le délestage du canal de la Nieppe, vers le bois d'Amont de la forêt de Nieppe. Les casiers BAm1, BAm3, BAm5 et BAm7, au nord de la drève du Milieu, sont concernés :

- BAm1 : 140 ha d'espaces forestiers délimités (sens horaire) par le canal, la drève du Gland, la drève du Milieu et le fossé de ceinture ;
- BAm3 : 95 ha d'espaces forestiers délimités par le canal, la drève du Paradis, la drève du Milieu, la drève du Gland ;
- BAm5 : 75 ha d'espaces forestiers délimités par le canal, la RD916, la drève du Milieu, la drève du Paradis ;
- BAm7 : 52 ha d'espaces forestiers délimités par le canal, la drève du Milieu, la RD916.

Quatre scénarios sont proposés et étudiés :

- Scénario 1 – Scénario 2 : orientation d'aménagements plus lourds et concentrés, mobilisant avec des submersions plus importantes en hauteurs maximales, soit le casier BAm5, soit le casier BAm7.
- Scénario 3 : orientation d'aménagements plus lourds et concentrés, mobilisant avec des submersions adaptées, les deux casiers BAm5 et BAm7.
- Scénario 4 : orientation d'aménagements légers et déconcentrés, submersions limitées mais réparties sur les 4 casiers concernés.

1.1.1 Scénario 1 : principes de fonctionnement

Le canal de Nieppe est délesté vers la forêt domaniale de Nieppe dans le casier « BAm7 » qui est délimité par la drève du milieu au sud, par la RD 916 à ouest et par le canal à nord et à est. Les ouvrages constituant l'aménagement sont les suivants :

- Ouvrage délestant :
 - lame basculante de 7,5 x 1,4 m installée en rive droite délestant le canal vers le casier (Radier à 17,0 m NGF).

- Sa mise en marche est réglée par le niveau d'eau à l'aval, au droit du pont du Parc. Le niveau de délestage a été fixé à 17,9 m NGF, soit une hauteur d'eau de 1,60 m.

■ Ouvrage de fuite :

- a. vidange vers le canal de la Nieppe ;
- b. son débit est limité à 200 l/s.

Une schématisation du fonctionnement est visible sur la **Figure 28 : Scénario 1 – fonctionnement**.

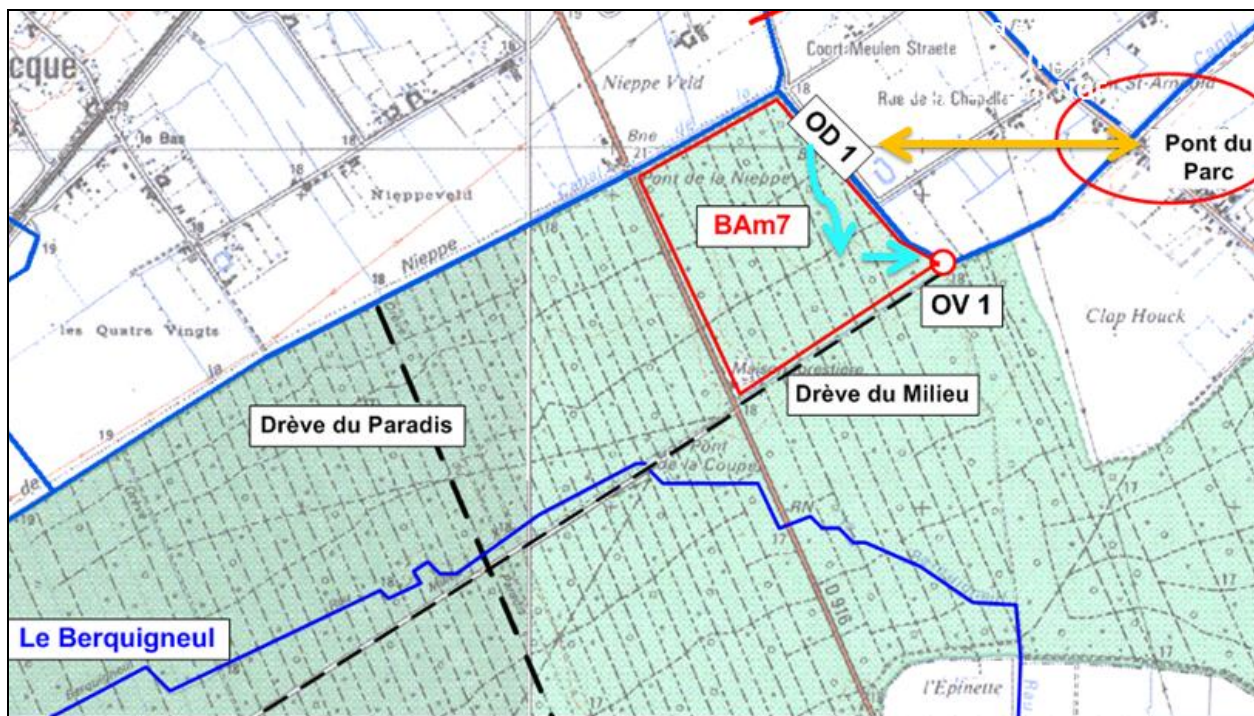


Figure 28 : Scénario 1 – fonctionnement

1.1.2 Scénario 2 : principes de fonctionnement

Le scénario 2 a les mêmes principes de fonctionnement du scénario 1.

Un casier différent du bois d'amont de la forêt de Nieppe, est sollicité pour le délestage du canal de la Nieppe : le casier « Bam5 » qui est délimité du nord en sens horaire par le canal de la Nieppe, la RD916, la drève du milieu et la drève du Paradis. Les ouvrages permettant le fonctionnement sont :

■ Ouvrage délestant :

- Lame basculante de 7,5 x 1,4 m installée en rive droite délestant le canal vers le casier (Radier à 17,0 m NGF) ;
- Sa mise en marche est réglée par le niveau d'eau à l'aval, au droit du pont du Parc ;
- Le niveau de délestage a été fixé à 17,9 m NGF, soit une hauteur d'eau de 1,60 m.

- Ouvrage de fuite :
 - a. vidange vers le Berquigneul ;
 - b. le débit est de 100 l/s afin de limiter les apports au Berquigneul qui en période de pluie draine déjà tout le bois d'amont.

Une schématisation du fonctionnement est visible sur la **Figure 29 : Scénario 2 – fonctionnement**.

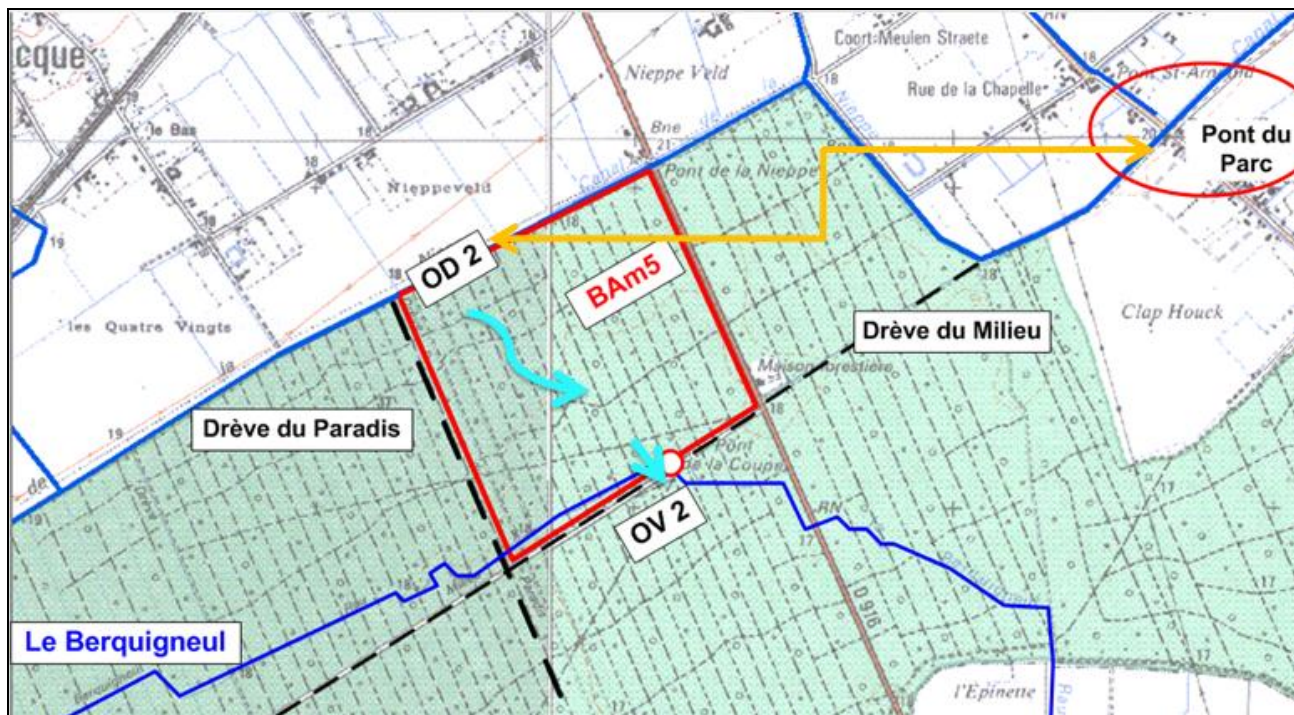


Figure 29 : Scénario 2 – fonctionnement

1.1.3 Scénario 3 : principes de fonctionnement

Le scénario 3 résulte de la combinaison du scénario 1 avec le scénario 2.

- Le canal de Nieppe est délesté vers les deux casiers « Bam7 » et « Bam5 » indépendants entre eux grâce à deux ouvrages de déstagement (respectivement OD1 et OD2) installés en rive droite.
- Deux ouvrages, respectivement OV1 et OV2, permettent la vidange des casiers :
 - Les réseaux récepteurs des débits de fuite sont respectivement le canal de Nieppe et le Berquigneul ;
 - le débit est limité aux valeurs des scénarios 1 et 2, soit respectivement 200l/s pour la vidange de Bam7 et 100 l/s pour la vidange de Bam5 ;
 - la consigne de déstagement reste le niveau d'eau atteint au droit du pont du Parc (17,90 m NGF).

Une schématisation du fonctionnement est visible sur la **Figure 30 : Scénario 3 – fonctionnement**.

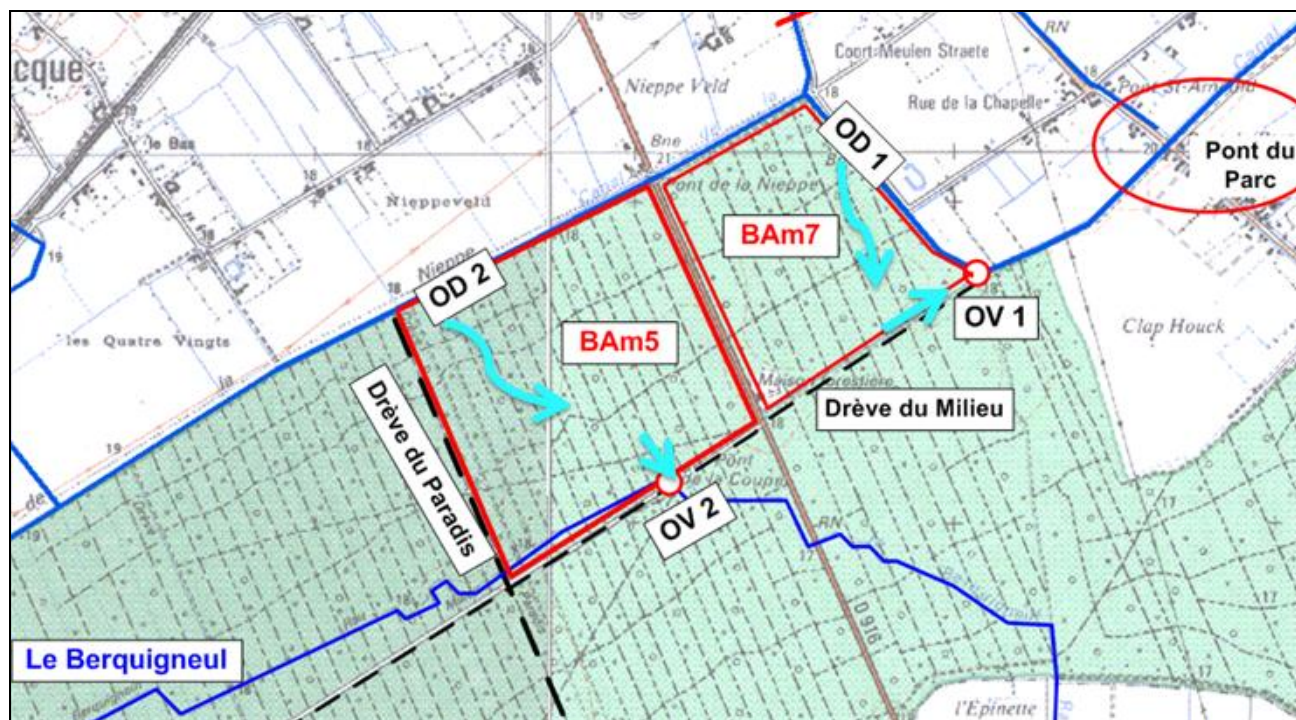


Figure 30 : Scénario 3 – fonctionnement

1.1.4 Scénario 4 : principes de fonctionnement

- Six prises d'eau, numérotées de PE1 à PE6, sont échelonnées sur le linéaire du canal de la Nieppe, allant de la confluence de Petite Steenbecque à l'aval de la confluence de la Grande Steenbecque. Les six prises d'eau sont des conduites Ø800mm dont les radiers respectifs varient entre 17,50 m NGF et 17,0 m NGF de l'amont à l'aval.
- Quatre casiers « BAM1 », « BAM3 », « BAM5 », « BAM7 » longeant le canal sont sollicités.
- L'exutoire des casiers « BAM1 », « BAM3 » et « BAM5 » est le Berquigneul avec un débit de fuite de 100 l/s, par 3 ouvrages simples (vannes) de régulation successif des débits en sortie 'un casier vers le casier suivant, au niveau des aqueducs existants sous les drèves.
- Pour « BAM7 » vidange régulée à 200 l/s dans le canal de Nieppe.

Une schématisation du fonctionnement est visible sur la **Figure 31 : Scénario 4 – fonctionnement**.

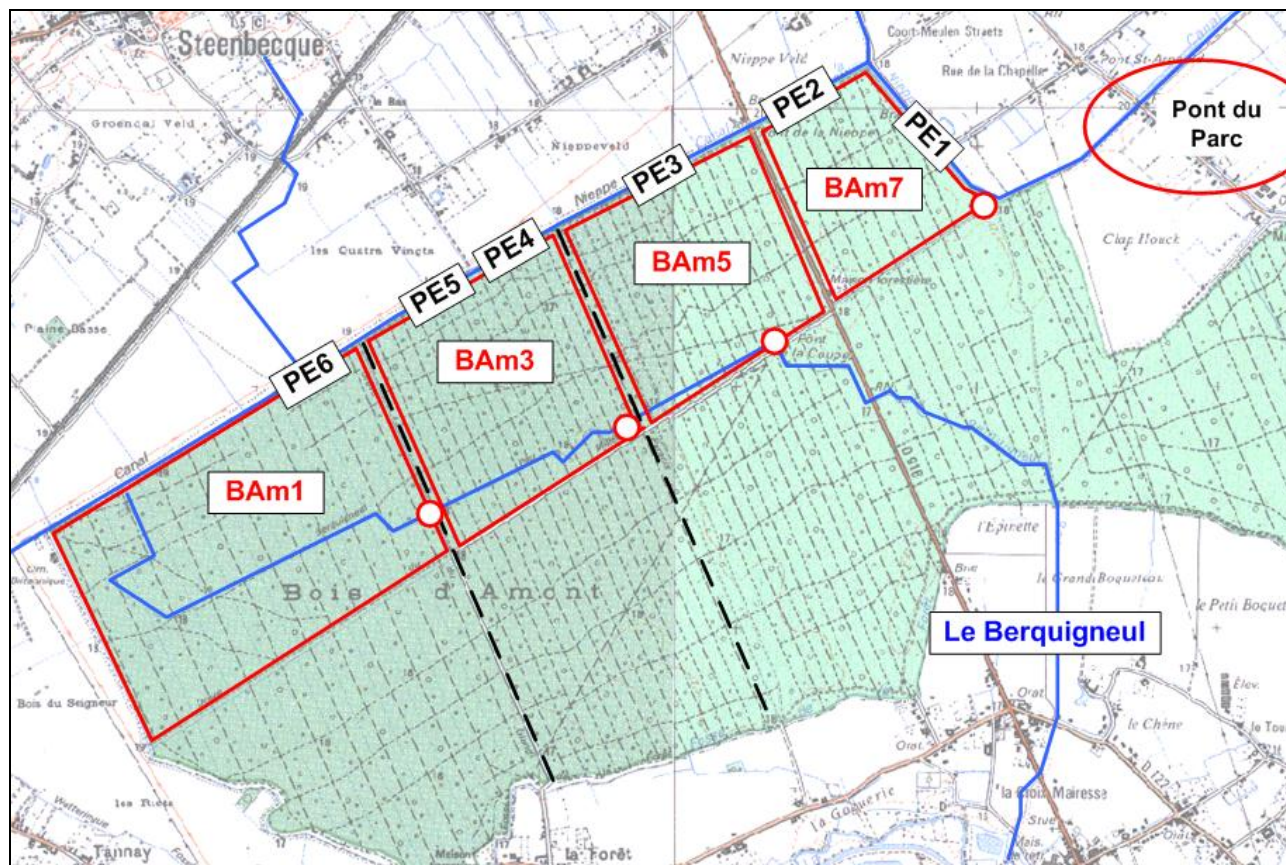


Figure 31 : Scénario 4 – fonctionnement

1.2 Points hydrauliquement sensibles avec forts enjeux humains

L'évaluation des effets des quatre scénarios est évaluée au droit des points les plus sensibles aux débordements et des endroits les plus significatifs vis-à-vis de l'hydraulique.

Les points d'extraction des hydrogrammes (débit en fonction du temps) et des limnigrammes (niveau d'eau en fonction du temps) sont :

- Au lieu-dit « Le parc » à l'amont du pont homonyme ;
- Au droit de l'écluse de la Motte au Bois, à l'aval de la confluence du canal d'Hazebrouck dans le canal de la Nieppe ;
- Au droit du lieu-dit « Cappel Boom » sur la Bourre, à l'aval de l'écluse du Grand Dam, de ce fait à l'aval des apports du canal de Hazebrouck et de Nieppe.

Le volume de débordement a été calculé aux points a) sur le canal de la Nieppe et b) sur la Bourre.

La [Figure 32](#) résume graphiquement les points singuliers d'extraction des données.

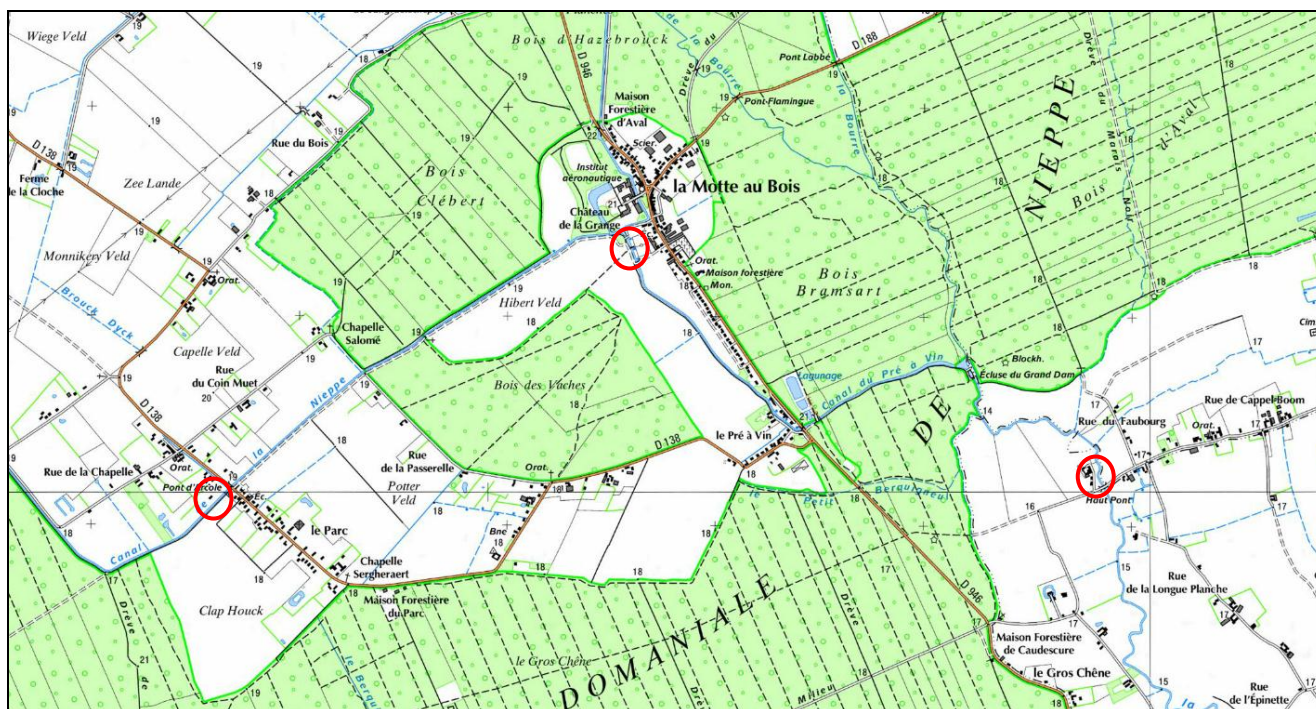


Figure 32 : Points singuliers d'extraction des données

1.3 Evènements simulés et présentation des résultats

Nous avons simulé deux événements:

- 1 Orage « deux pics » de récurrence 20 ans sur 5 heures = simulations de fonctionnement, dimensionnement et efficacité.
- 2 Orage « deux pics » de récurrence 100 ans sur 5 heures = simulations d'efficacité résiduelle et de sur-inondation pénalisante, vérification des cotes critiques et revanches de digues.

Fonctionnement des aménagements – volumes stockés et emprises inondées

Les résultats sont présentés par scénarios (les différents événements sont donc proposés à la suite) pour visualiser plus facilement les différences de remplissages et d'emprises inondées selon les événements.

Efficacité des aménagements – réductions des débits et hauteurs d'eau au droit des enjeux

Les résultats sont présentés par période de retour (20 ans, 100 ans) afin d'obtenir pour chaque événement la vision claire de l'efficacité des aménagements pour l'ensemble des zones d'enjeux impactées.

1.4 Etude hydraulique fonctionnelle des scénarios

1.4.1 Etude hydraulique fonctionnelle du scénario 1

Orage T=20 ans

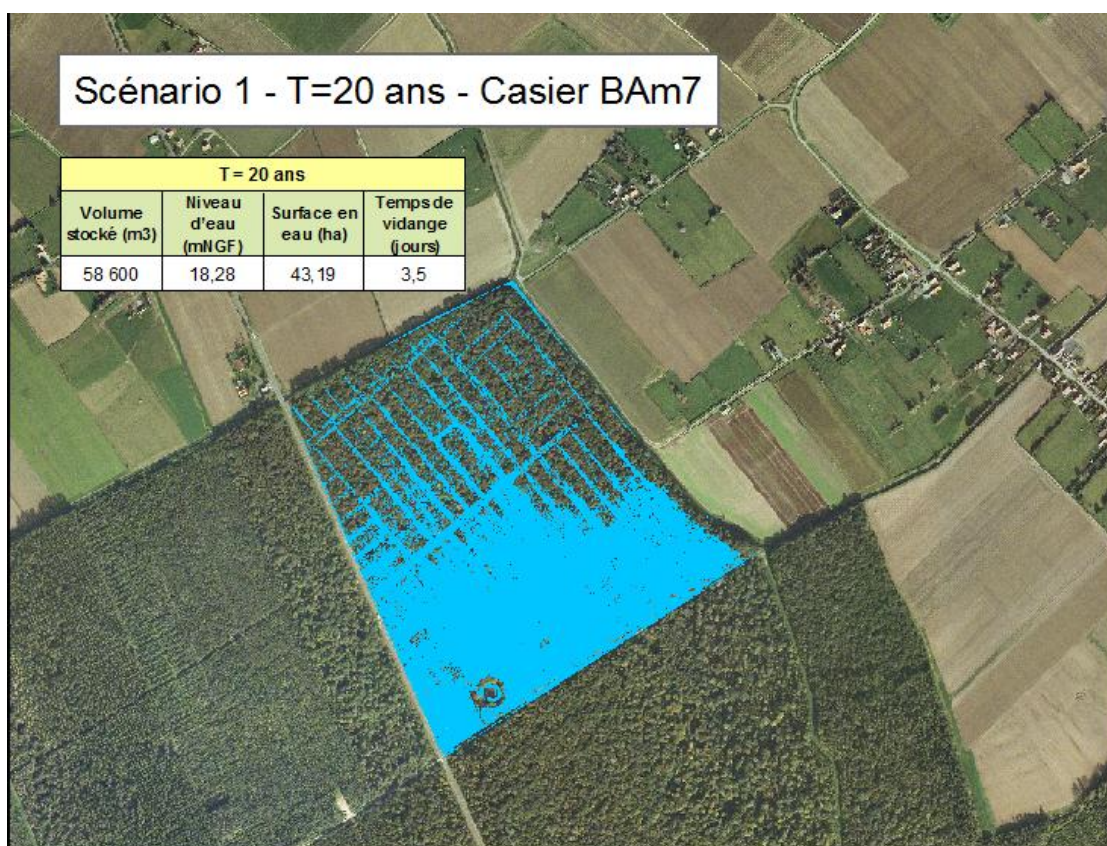
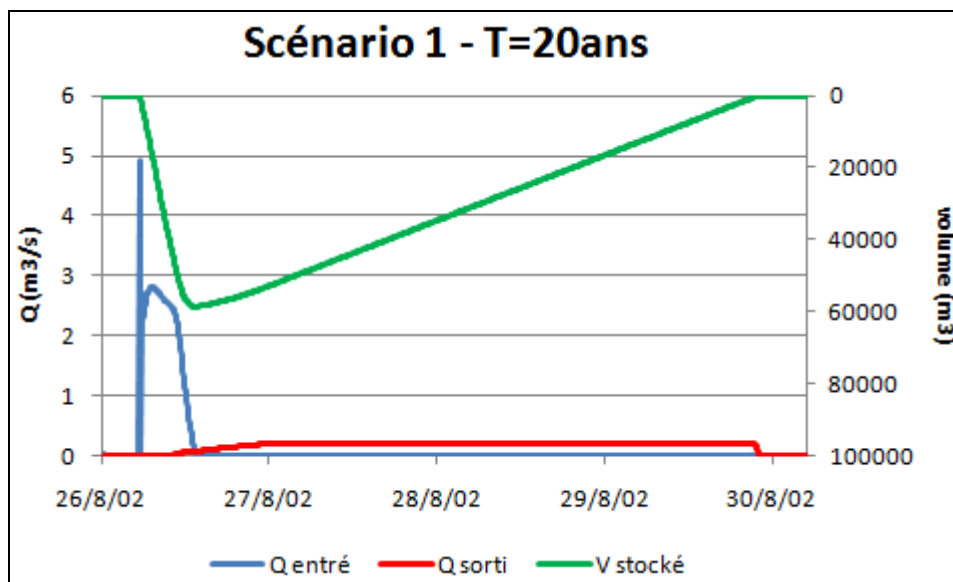


Figure 33 : Fonctionnement du casier « BAm7 » - scénario 1 - T=20 ans

La lame basculante OD1 s'ouvre dès que le niveau d'eau au Pont du Parc atteint 17,9 m NGF comme il est montré dans la **Figure 34**-gauche. Néanmoins, le délestage du canal de la Nieppe ne s'effectue pas pour toute la durée d'ouverture de la lame, un équilibre hydrodynamique se vérifiant (**Figure 34**, droite).

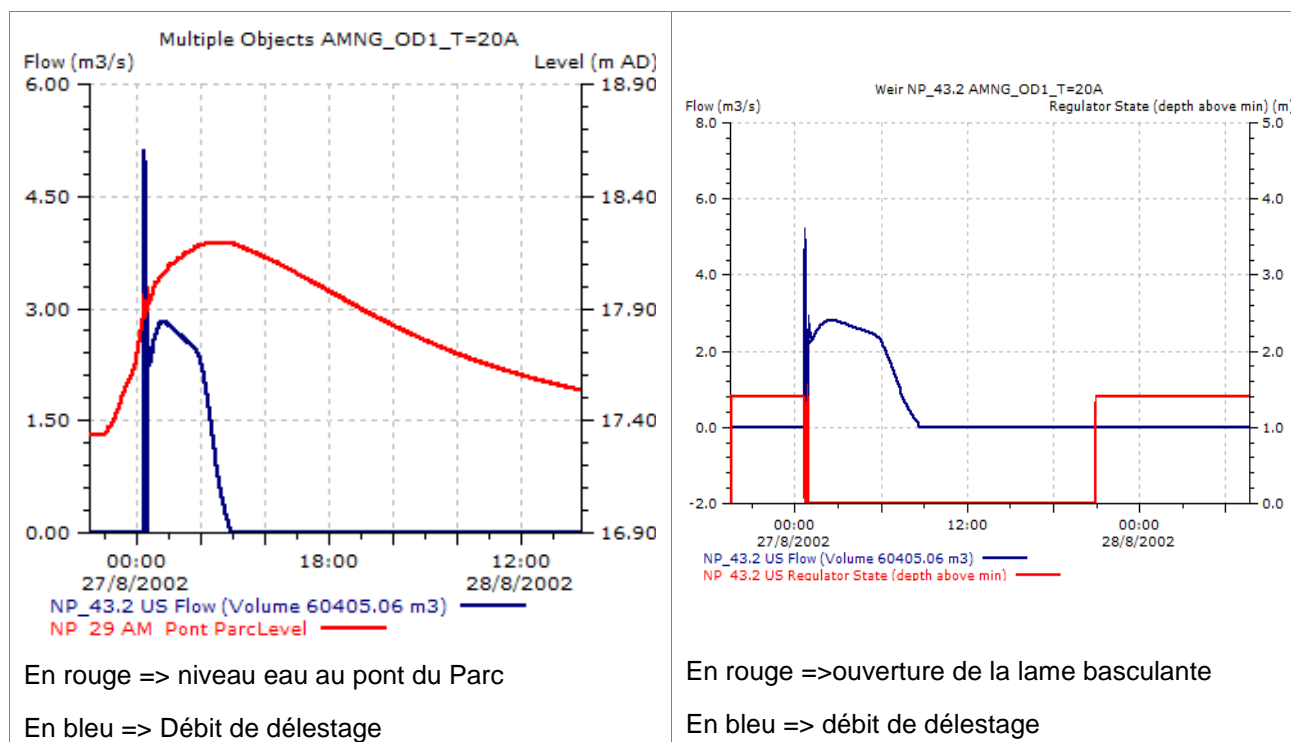


Figure 34 : Lame basculante en fonction de la consigne

Le niveau d'eau atteint dans le casier égale celui dans le canal. A la cote 18,28 m NGF (soit environ 0,40 m de hauteur de submersion maximale), correspond un volume de stockage de 58 600 m³ et une surface en eau de 30 ha environ.

La vidange du casier a lieu en environ 3 jours et demi pour un débit de fuite de 200 l/s.

Orage T=100 ans

Les consignes de délestage ainsi comme définies au paragraphe antécédent appliquées en cas d'un orage centennal, permettent de bien utiliser la capacité du casier BAm7, environ 124 000 m³ étant stockés.

L'eau s'étale sur 43 ha (soit 80% de l'emprise de ce secteur), à un niveau de 18,46 m NGF : ce niveau correspond à des hauteurs maximales de submersion inférieures à 0,60 m.

Avec un débit de fuite de 200 l/s la vidange du casier s'effectuera en une semaine. Afin de réduire, le temps de vidange, le débit de fuite à envoyer au canal récepteur pourrait être augmenté dès que les conditions hydrauliques le permettent.

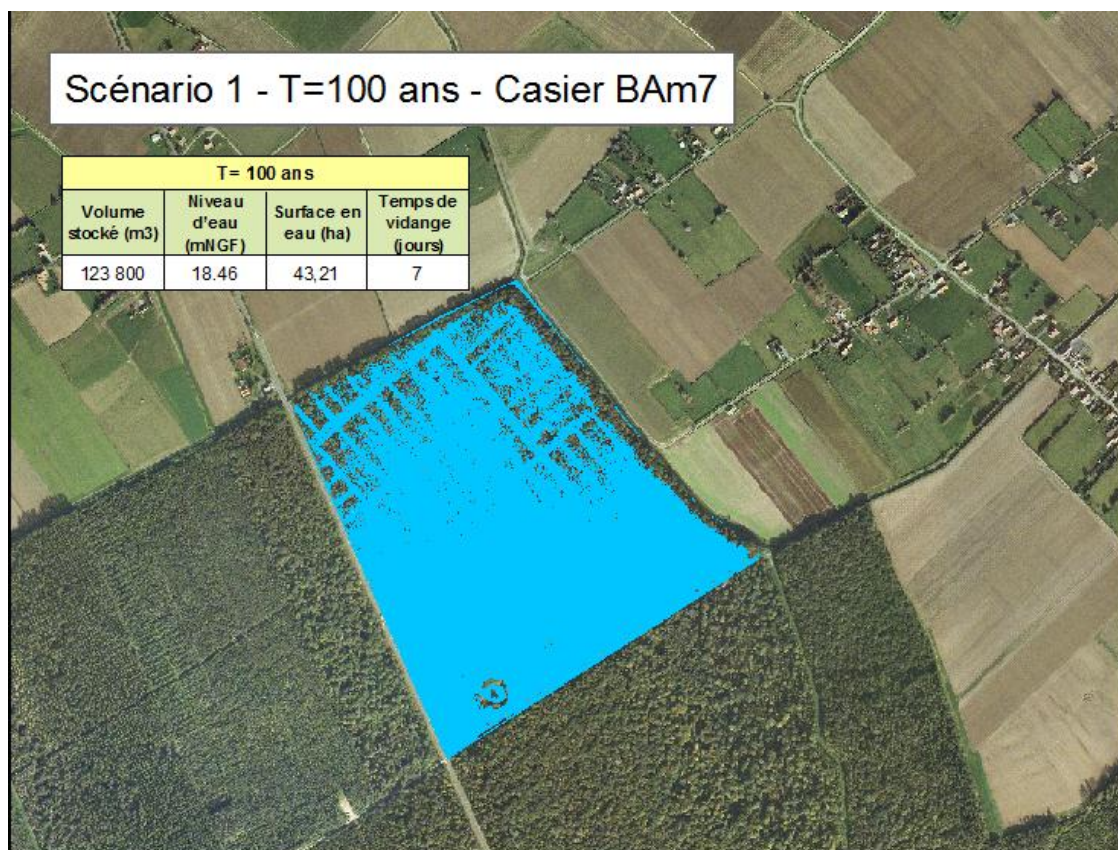
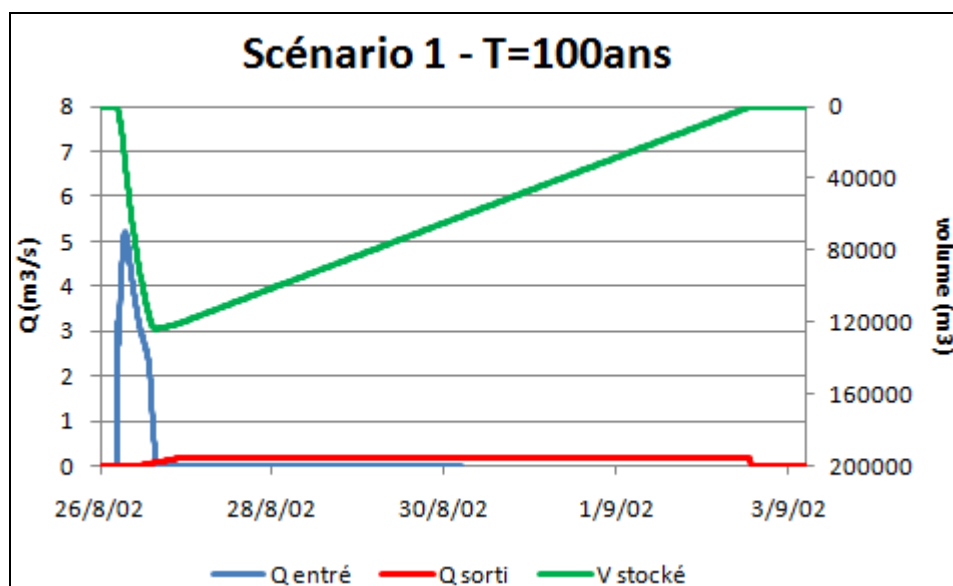


Figure 35 : Fonctionnement du casier « BAm7 » - scénario 1 - T=100 ans

Le **Tableau 37** synthétise compare les fonctionnements du casier BAm7 pour un événement orageux vicennal et centennal.

Tableau 37 – Tableau récapitulatif scénario 1 - casier « BAm7 »

Période de retour	Volume stocké (m ³)	Niveau d'eau atteint (mNGF)	Surface en eau (ha)	Temps de vidange (jours)
T=20 ans	58 600	18,28	30	3,5
T=100 ans	123 800	18,46	43	7

1.4.2 Etude hydraulique fonctionnelle du scénario 2

Orage T=20 ans

Le niveau de consigne pour l'ouverture de la lame basculante a été fixé à 17,90 m NGF au droit du Pont du Parc. Le canal de Nieppe est ainsi délesté vers le casier BAm5 de la forêt de Nieppe.

Pour un événement orageux vicennal, le casier arrive à stocker 80 000 m³, le niveau d'eau atteint 18,20 m NGF et s'étale sur une superficie de 32 ha.

Le casier se vidangera en environ 9 jours, le débit de fuite de 100 l/s est envoyé vers le Berquigneul, cours d'eau récepteur.

Par rapport au scénario 1, le casier BAm5 permet de stocker un volume d'eau supérieur (de 40%) pour un niveau d'eau maximum de submersion (environ 0,40 m de hauteur maximale de submersion pour cette crue) qui reste équivalent à celui atteint au scénario 1.

Figure 36 : Fonctionnement du casier « BAm5 » - scénario 2 - T=20 ans

Orage T=100 ans

Pour un événement centennal, le casier arrive délester 150 000 m³ d'eau.

Le niveau d'eau atteint 18,38 m NGF, sur une surface de 45,4 ha.

Un débit de fuite limité à 100 l/s vidange le casier en 17 jours. Celui-ci correspond au temps de vidange maximale, le débit de fuite pourrait être augmenté en fonction des conditions hydrauliques du Berquigneul aval.

Par rapport au scénario 1, le volume d'eau qui peut être délesté vers le casier est supérieur d'environ 20%, l'étendue inondée est du même ordre de grandeur, et le niveau maximum de submersion est du même ordre (0,60 m de hauteur maximale).

Figure 37 : Fonctionnement du casier « BAm5 » - scénario 2 - T=100 ans

Scénario 2 - T=20ans

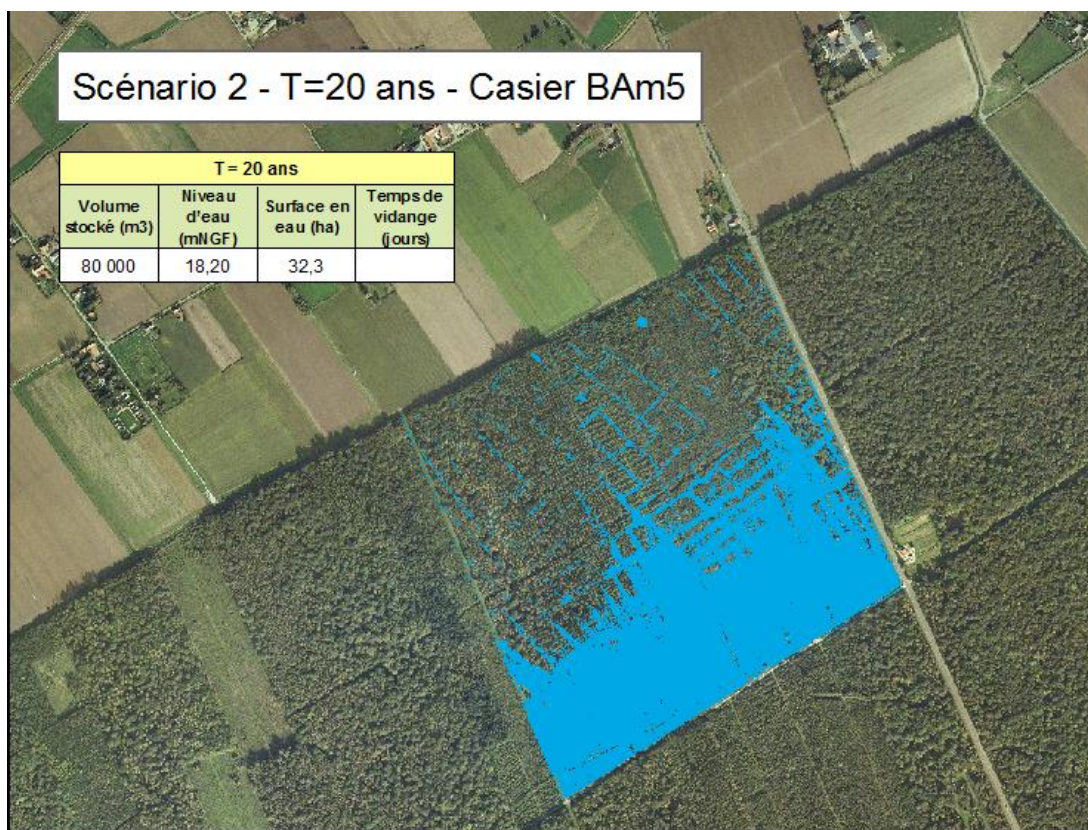
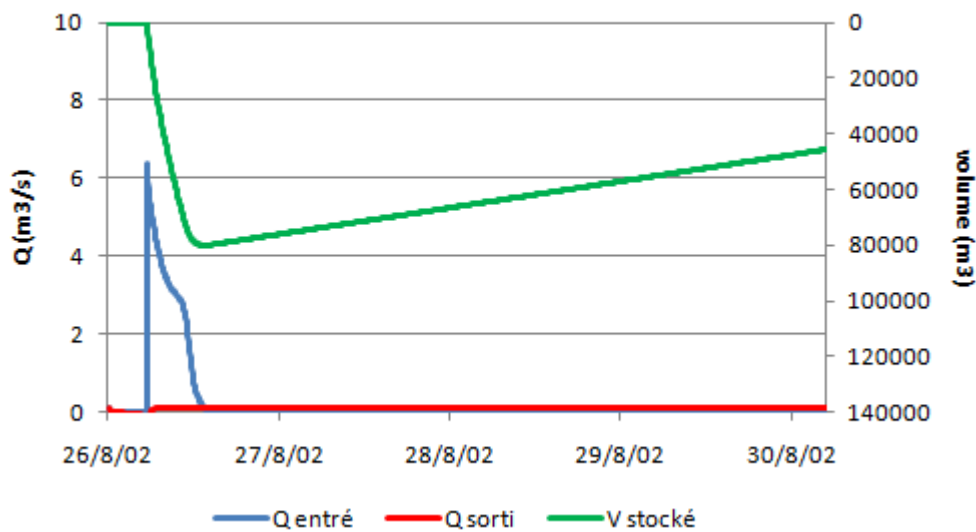


Figure 36 : Fonctionnement du casier « BAm5 » - scénario 2 - T=20 ans

Scénario 2 - T=100ans

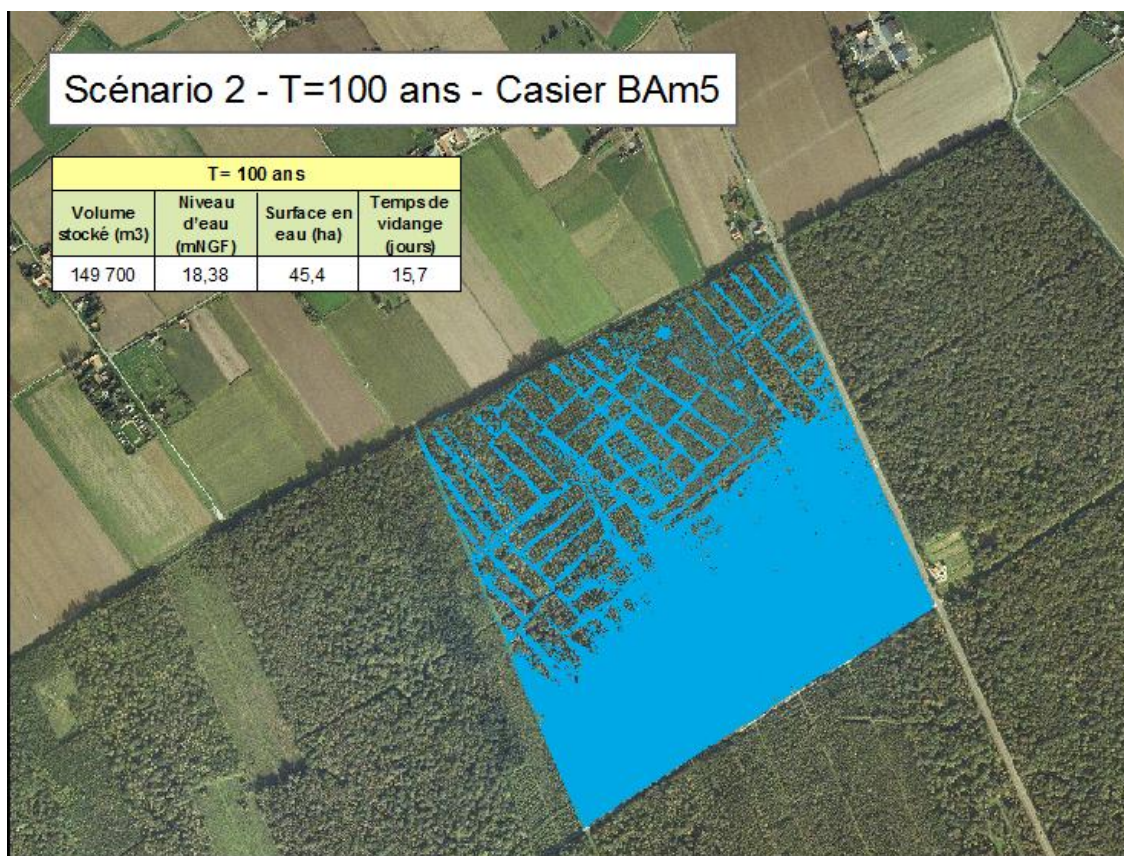
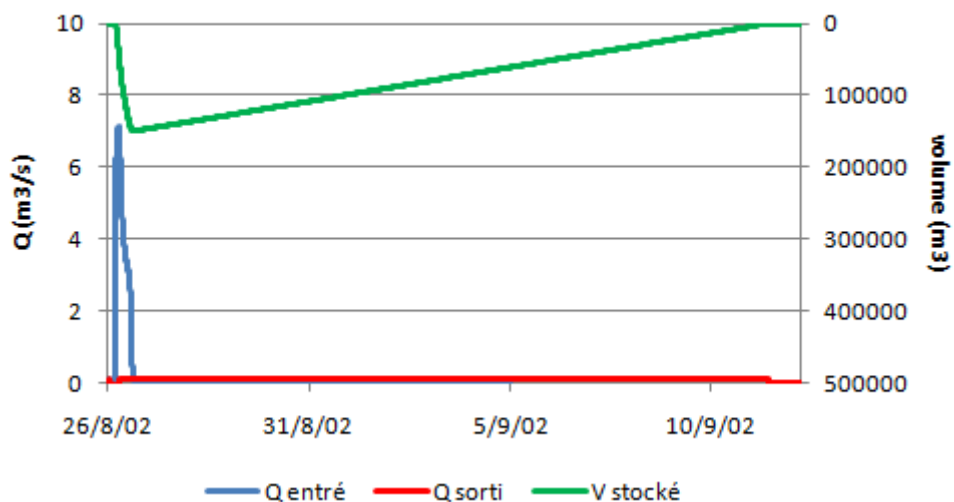


Figure 37 : Fonctionnement du casier « BAm5 » - scénario 2 - T=100 ans

Le **Tableau 38** synthétise le fonctionnement du casier BAm5 pour à un évènement orageux vicennal et centennal.

Tableau 38 – Tableau récapitulatif scénario 2 - casier « BAm5 »

Période de retour	Volume stocké (m ³)	Niveau d'eau atteint (mNGF)	Surface en eau (ha)	Temps de vidange (jours)
T=20 ans	80 000	18,20	32,3	9
T=100 ans	150 000	18,38	45,4	17,5

1.4.3 Etude hydraulique fonctionnelle du scénario 3

Orage T=20 ans

Dans le scénario 3, les eaux du canal de la Nieppe sont délestées vers deux casiers « BAm7 » et « BAm5 ». Le niveau de consigne de l'ouverture des lames basculantes est égal à celui des autres scénarios afin permettre une comparaison.

Le volume global des deux casiers d'environ 88 000 m³, est du même ordre de grandeur que volume stocké dans le casier « BAm5 » du scénario 2, et 54% supérieur par rapport au scénario 1.

Le volume n'est pas stocké uniformément entre les deux casiers ; le casier hydrauliquement le plus à l'aval (BAm7) stocke seulement 20% du volume global.

Les points forts de cette configuration concernent :

- la diminution des temps de vidange des deux casiers : respectivement 1,5 jour pour BAm7 et moins de 8 jours pour BAm5, à comparer avec les 3,5 et 9 jours dans le cas des scénarios avec un seul casier ;
- la diminution des hauteurs de submersion maximales, respectivement inférieures à 0,30 m et 0,40 m pour BAm7 et BAm5 (plus notable pour BAm7, moins sollicité).

Les temps de vidange et les volumes stockés (et niveaux de submersion), pourraient être équilibrés au profit notamment du casier plus sollicité, en définissant à terme 2 niveaux de délestage, un pour chaque casier : cela pourrait permettre également de faire fonctionner les casiers alternativement ou en décalage dans le temps, pour une meilleure gestion, et des crues, et des espaces forestiers humides.

Figure 38 : Fonctionnement des casiers « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 3 - T=20 ans

Orage T=100 ans

En ce qui concerne une période de retour centennale, il est possible de faire les mêmes remarques que pour un évènement vicennal :

- Volume total stocké entre les deux casiers (169 000 m³) légèrement supérieur au volume stocké dans le casier « BAm5 » du scénario 2 (150 000 m³) ;
- Volume reparti d'une façon non homogène (mais plus équilibrée) entre les casiers « BAm5 » et « BAm7 », le premier recueillant 70% du total ;
- Réduction du temps de vidange des casiers (cependant celui-ci reste élevé principalement pour BAm5, avec 14 jours) ;
- Réduction des hauteurs maximales de submersion, qui sont respectivement (environ) de 0,50 m et 0,45 m dans BAm5 et BAm7 ;
- Superficie totale mobilisée de 68 ha environ.

Figure 39 : Fonctionnement des casiers « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 3 - T=100 ans

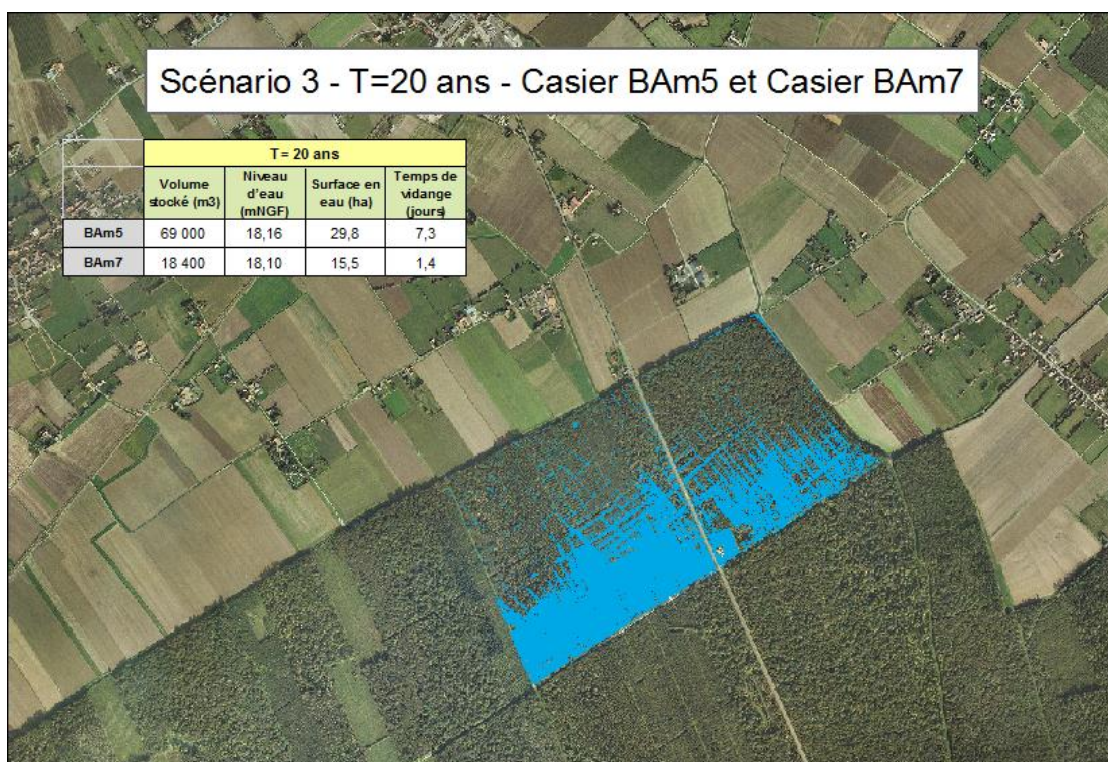
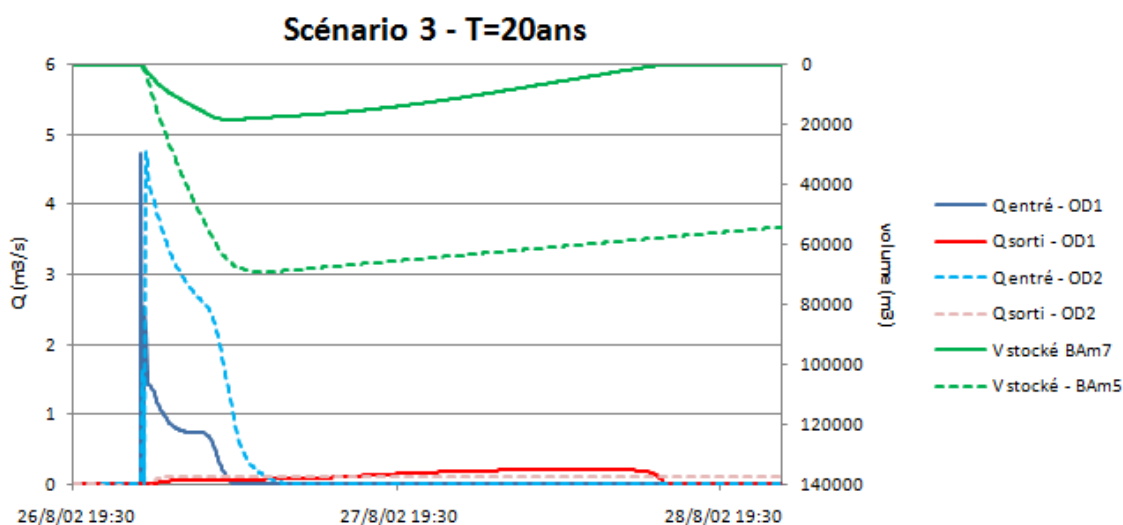


Figure 38 : Fonctionnement des casiers « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 3 - T=20 ans

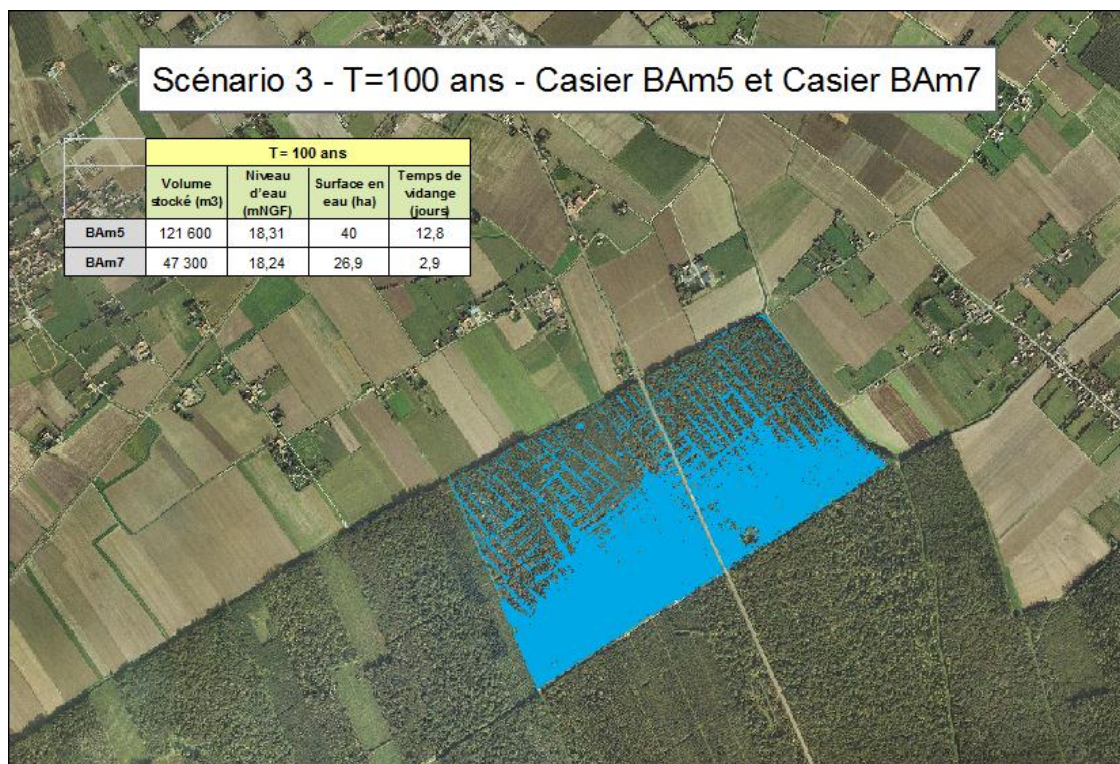
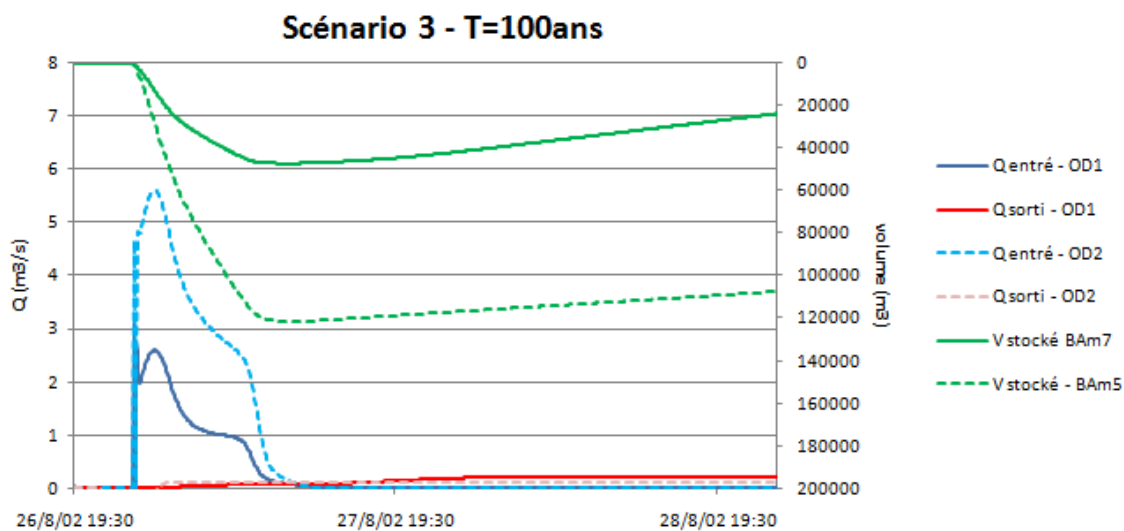


Figure 39 : Fonctionnement des casiers « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 3 - T=100 ans

Le **Tableau 39** synthétise le fonctionnement du casier « BAm5 » et « BAm7 » pour un évènement orageux vicennal et centennal.

Tableau 39 – Tableau récapitulatif scénario 3- casier « BAm5 » et « BAm7 »

Période de retour	Volume stocké « BAm5 » (m3)	Volume stocké « BAm7 » (m3)	Volume total (m3)	Niveau d'eau atteint « BAm5 » (mNGF)	Niveau d'eau atteint « BAm7 » (mNGF)	Temps de vidange « BAm5 » (jours)	Temps de vidange « BAm7 » (jours)
T=20 ans	69 000	18 400	87 400	18,16	18,10	7,3	1,4
T=100 ans	121 600	47 300	168 900	18,31	18,24	14	2,7

1.4.4 Etude hydraulique fonctionnelle du scénario 4

Orage T=20 ans

Le scénario 4 propose un délestage du canal de la Nieppe par six prises d'eau, l'eau se déversant dans quatre casiers sans aucune consigne de niveau d'eau au Pont du Parc, par des prises d'eau à des niveaux constants mais qui peuvent le cas échéant être vannées avec ouvertures manuelles.

Le volume qui est stocké dans l'ensemble des casiers est d'environ 95 000 m³, résultat intermédiaire entre le scénario 1 et 2.

Le volume n'est pas distribué uniformément parmi les casiers, le « BAm5 » est celui plus exploité : ce résultat dépend toutefois des choix de calage des cotes de radier des prises d'eau.

Figure 40 : Fonctionnement des casiers « BAm1 », « BAm2 », « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 4 - T=20 ans

Orage T=100 ans

Les six prises d'eau sur le canal de Nieppe permettent de délester 180 000 m³ ; le volume stocké est le plus élevé parmi les quatre scénarios (l'écart étant de seulement 5% avec le scénario 3, c'est principalement une question de réglage des prises d'eau).

Par rapport à l'évènement vicennal où le casier BAm3 n'est pas trop sollicité, celui centennal exploite plus la capacité de stockage de ce casier.

On note, ce qui est logique au plan hydrographique puisque ces casiers sont situés plutôt en aval des principaux apports au canal, que les 2 casiers BAm5 et BAm7, sont beaucoup plus sollicités que les casiers amont.

Figure 41 : Fonctionnement des casiers « BAm1 », « BAm2 », « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 4 - T=100 ans

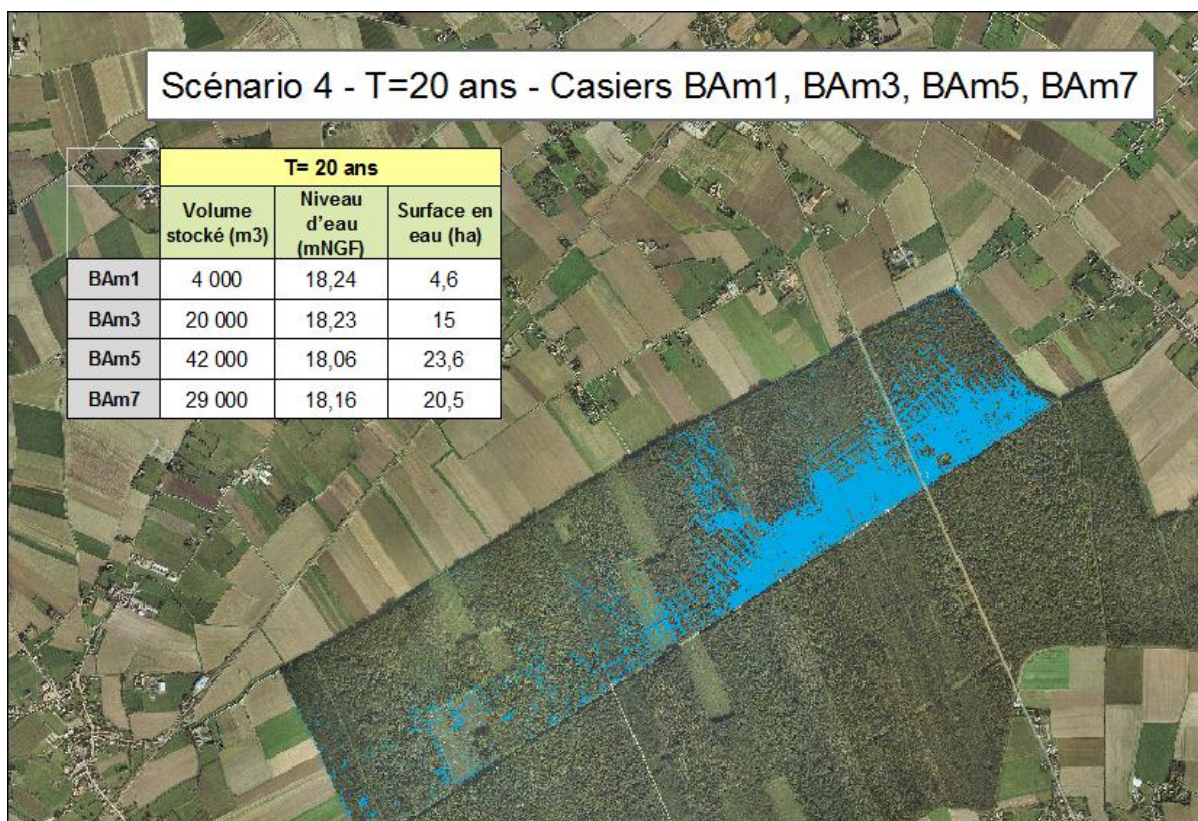
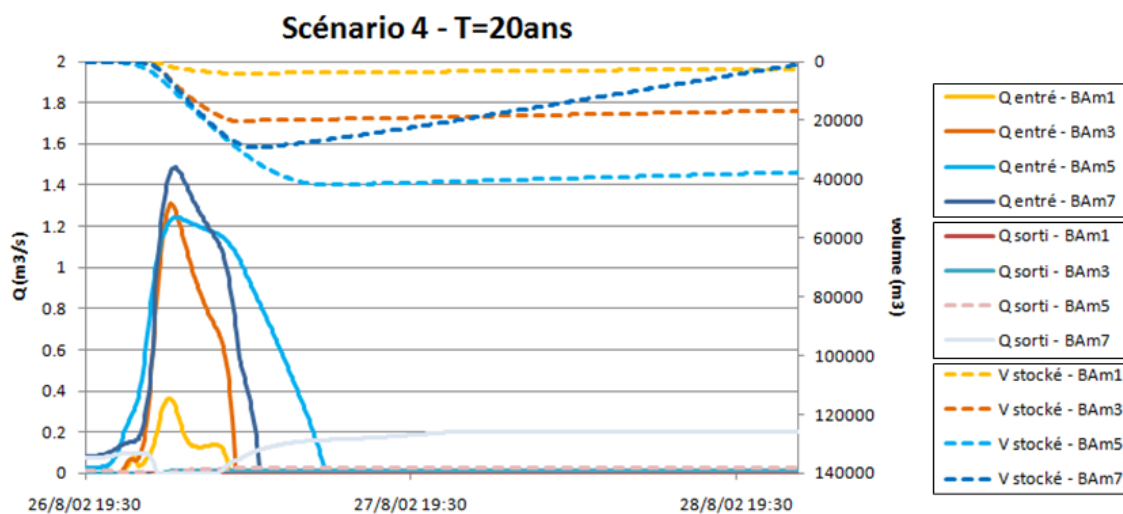


Figure 40 : Fonctionnement des casiers « BAm1 », « BAm2 », « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 4 - T=20 ans

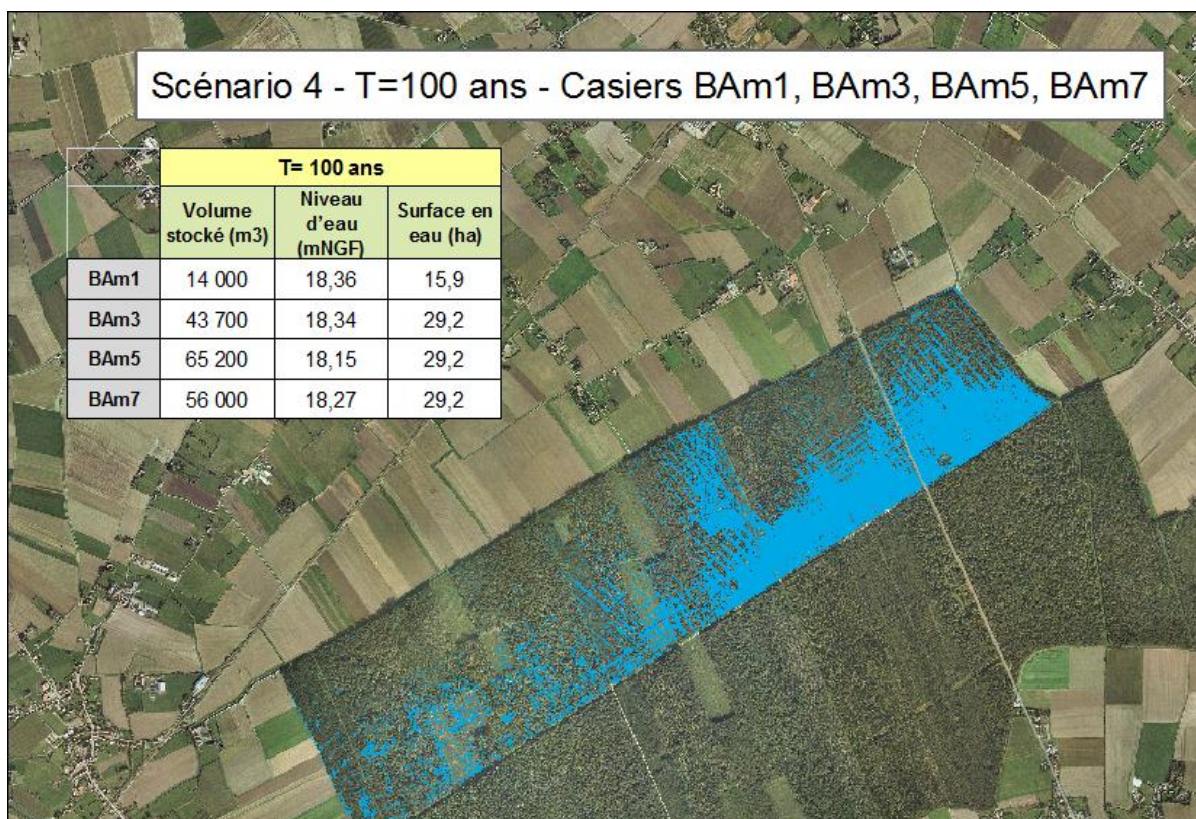
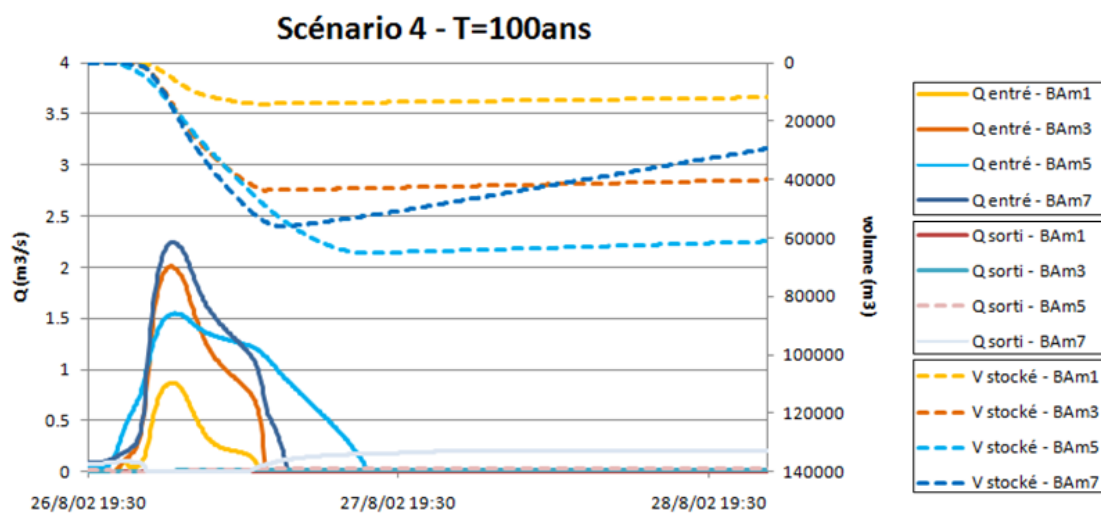


Figure 41 : Fonctionnement des casiers « BAm1 », « BAm2 », « BAm5 » et « BAm7 » - scénario 4 - T=100 ans

2 Efficacité hydraulique des aménagements au droit des secteurs d'enjeux

2.1 Efficacité au scénario 1: comparaison situation actuelle/situation aménagée – T=20 ans et T=100 ans

2.1.1 Comparaison des hydrogrammes aux principaux nœuds du réseau

L'efficacité du délestage du canal de la Nieppe suite à un événement orageux occasionnel (T=20 ans) et exceptionnel (T= 100 ans) est :

- très significative vis-à-vis de la protection rapprochée des zones d'enjeux locales (voir [Erreur ! Source du renvoi introuvable.](#)) ;
- significative dans la contribution à la gestion des crues du bassin versant.

Le **Tableau 40** synthétise les effets de l'aménagement en termes d'abattement du pic de crue pour une crue vicennale et centennale.

Tableau 40 – Abattement du débit (%) – Scénario 1

Période de retour	Pont du Parc (canal de Nieppe)	Ecluse de la Motte au Bois	Cappel-Boom (Bourre)
T= 20 ans	34	6	1
T= 100 ans	42	10	3

L'abattement du pic de crue s'atténue de l'amont vers l'aval : de 34% sur le canal de la Nieppe, on descend à 6% après la confluence du canal d'Hazebrouck sur le canal du Pré à Vin pour arriver à 1% sur la Bourre. Dans ce dernier point sensible, l'effet de l'aménagement est plus remarquable sur la décrue que sur le pic pour les scénarios analysés (voir [Figure 45](#)).

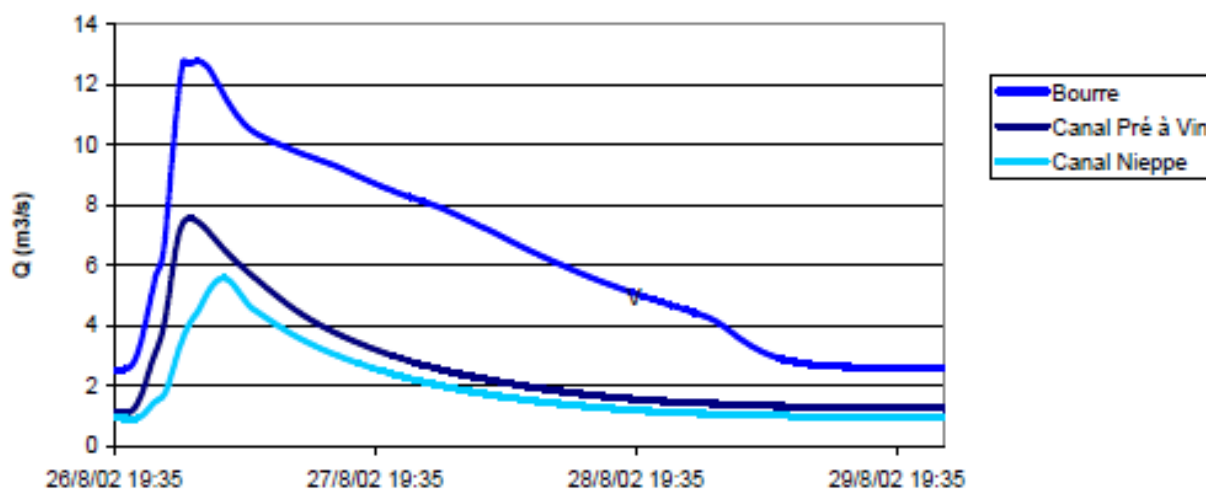


Figure 42 : Hydrogrammes en situation actuelle T=20 ans, canal Nieppe, canal Pré à vin et Bourre

Les résultats sont explicables en regardant l'évolution des hydrogrammes des principales entrées-sorties du système, du canal de la Nieppe vers l'aval, en état actuel, représentée sur la **Figure 42** :

- le débit de pointe du canal de la Nieppe n'atteint que 40% du débit de pointe de la Bourre aval, même s'il représente 75% de l'alimentation du canal du Pré à Vin ;
- l'hydrogramme global du canal de la Nieppe, en volume, représente moins du quart de l'hydrogramme cumulé de la Bourre, dont les crues, même orageuses, sont alimentées par tout le bassin amont (Borre Becque, Föene Becque, Plate Becque).

D'autre part, les effets pour un évènement exceptionnel (100 ans) sont relativement plus élevés que pour un orage vicennal :

- l'écrêtement du débit centennal au Parc atteint 40%, alors qu'il est de 33% sur le débit vicennal ;
- à la Motte au Bois, l'écrêtement du canal du Pré à Vin est de proportions presque semblables entre les 2 périodes de retour, en faveur de la récurrence centennale encore (11% et 9%) ;
- à Cappel Boom, l'aménagement produit un écrêtement résiduel en crête pour 100 ans, et plutôt un amortissement en décrue pour 20 ans.

La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, la Figure 44 et la Figure 45 illustrent les hydrogrammes en situations actuelle et aménagée pour chaque évènement, extraits des trois points sensibles du bassin versant :

- Le lieu-dit « Le Parc » sur le canal de la Nieppe ;
- Au droit de l'écluse de la Motte au Bois, sur le canal du Pré à Vin ;
- Au lieu-dit « Cappel Boom » sur la Bourre.

La réduction des débits n'étant que le moyen de réduire les débordements dommageables, l'efficacité de l'aménagement a été évaluée, par rapport aux volumes débordés en amont du Pont du Parc sur le canal de la Nieppe et sur la Bourre à Cappel Boom :

- Le délestage du canal vers le casier Bam7 résoudrait tous les désordres hydrauliques par débordement dans le secteur riverain du canal au Parc, y compris pour T=100 ans (orageux) ;
- En revanche, le volume débordé ne baissera que d'environ 5% par rapport à la situation actuelle (i.e. = comprenant en fait les effets des ZEC de Borre, considérées comme l'état actuel afin de déterminer l'efficacité intrinsèque d'aménagements dans la forêt de Nieppe).

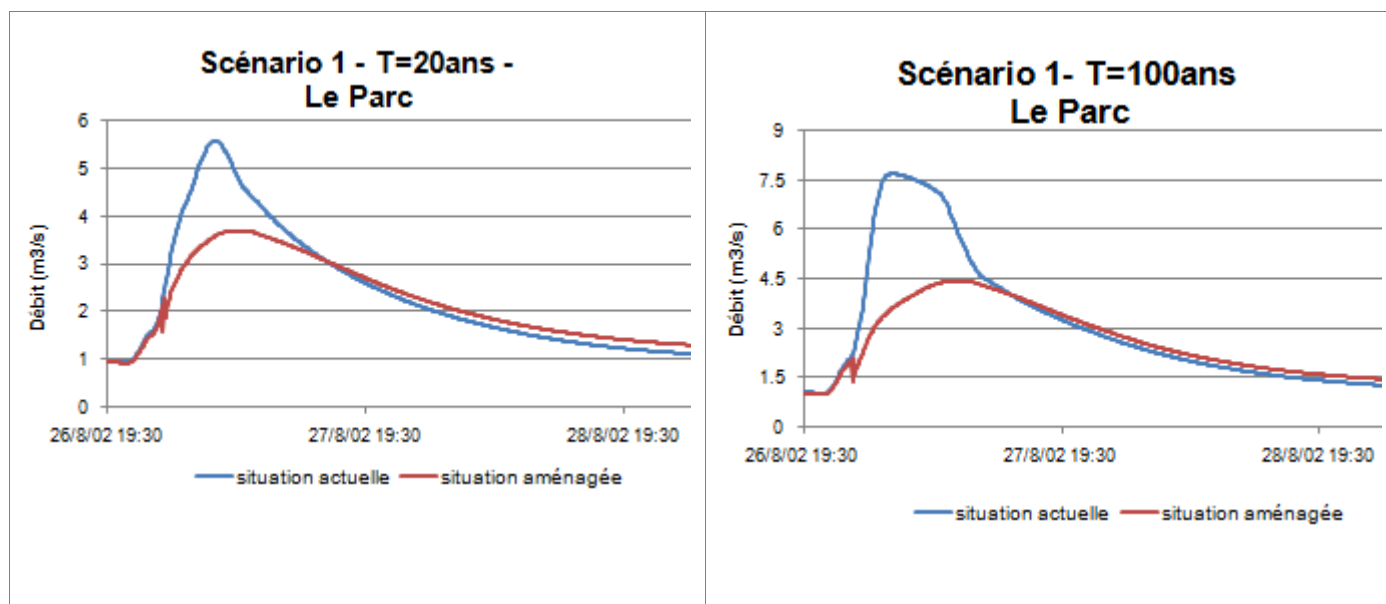


Figure 43 : Scénario 1 – Ecrêtement du débit au lieu-dit « Le Parc » – T= 20ans et T=100 ans

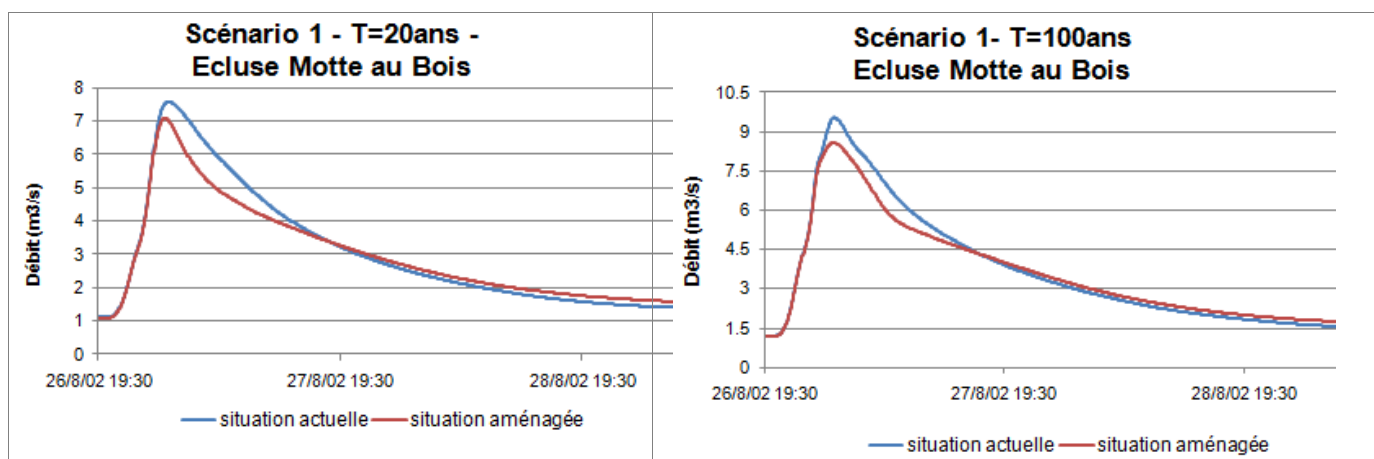


Figure 44 : Scénario 1 – Ecrêtement du débit au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20ans et T=100 ans

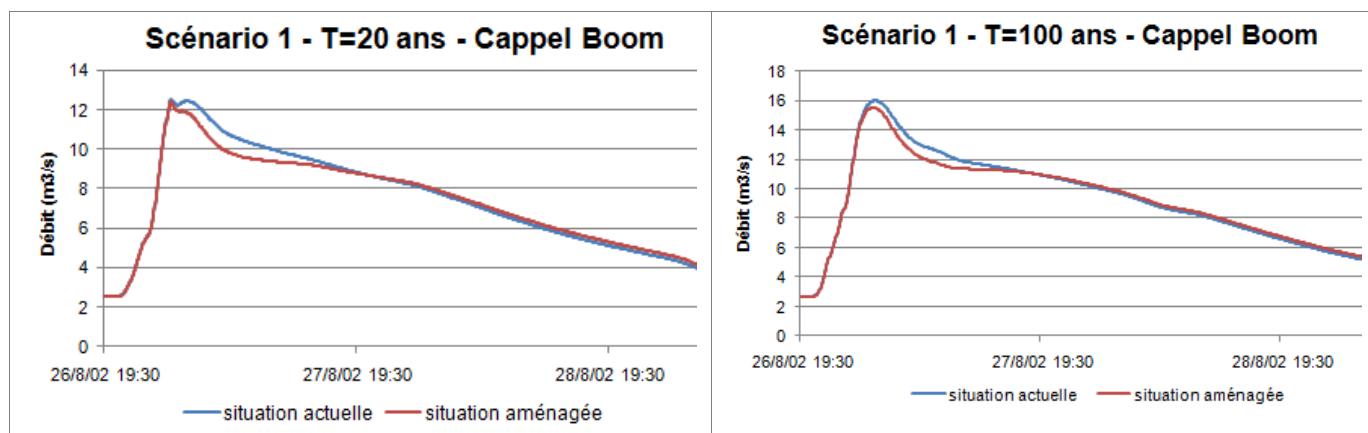


Figure 45 : Scénario 1 – Ecrêtement du débit de la Bourre à « Cappel Boom » – T= 20ans et T=100 ans

2.1.2 Comparaison des limnigrammes (ligne d'eau) dans les zones d'enjeux

L'aménagement du site potentiel BAm7 engendre un abattement de la ligne d'eau qui s'atténue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'aménagement :

- Ainsi si au droit du pont du Parc sur le canal de la Nieppe, la ligne d'eau baisse d'environ 27 cm, ce qui est un gain considérable dans un secteur aussi plat ; le gain demeure proche de 18 cm en situation centennale.
- L'abaissement reste significatif sur le Pré à Vin.
- Sur la Bourre, à près de 6 km à l'aval, l'abattement est réduit à 2 cm pour un évènement vicennal.

Le **Tableau 41** synthétise les effets de l'aménagement en termes d'abattement du pic de la ligne d'eau pour une crue vicennale et centennale.

Tableau 41 – Abattement de la ligne d'eau (cm) – Scénario 1

Période de retour	Pont du Parc (Canal de Nieppe)	Ecluse de la Motte au Bois	Cappel-Boom (Bourre)
T= 20 ans	27	7	2
T= 100 ans	18	14	2

La Figure 46, la Figure 47 et la Figure 48 illustrent les limnigrammes (évolution de la hauteur d'eau dans le temps) en situation actuelle et aménagée pour chaque évènement, extraits des trois points sensibles du bassin versant de la Bourre et de ses canaux :

- Le lieu-dit « Le Parc » sur le canal de la Nieppe ;
- Au droit de l'écluse de la Motte au Bois, sur le canal du Pré à Vin ;
- Au lieu-dit « Cappel Boom » sur la Bourre.

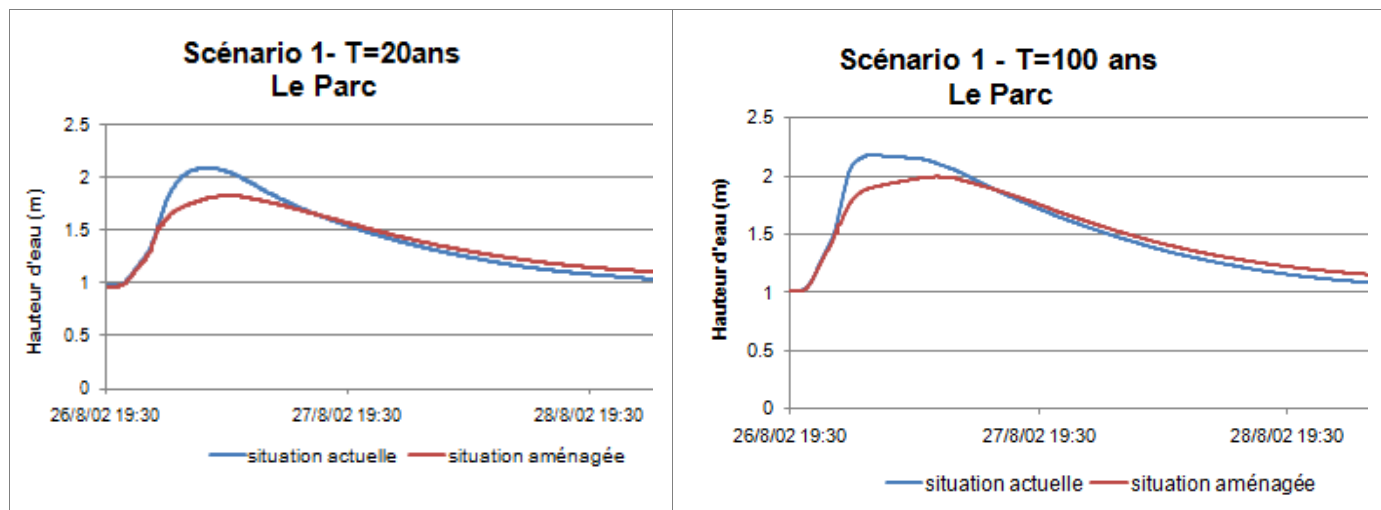


Figure 46 : Scénario 1 – Abaissement de la ligne d'eau sur le canal de la Nieppe – T= 20 et T=100 ans

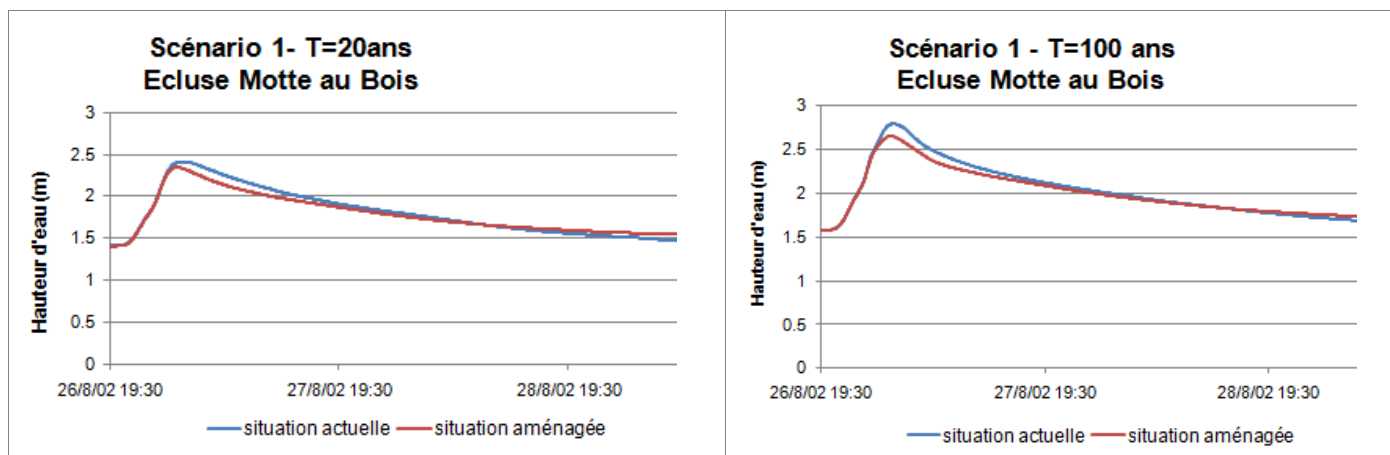


Figure 47 : Scénario 1 – Abaissement de la ligne d'eau au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20 et T=100 ans

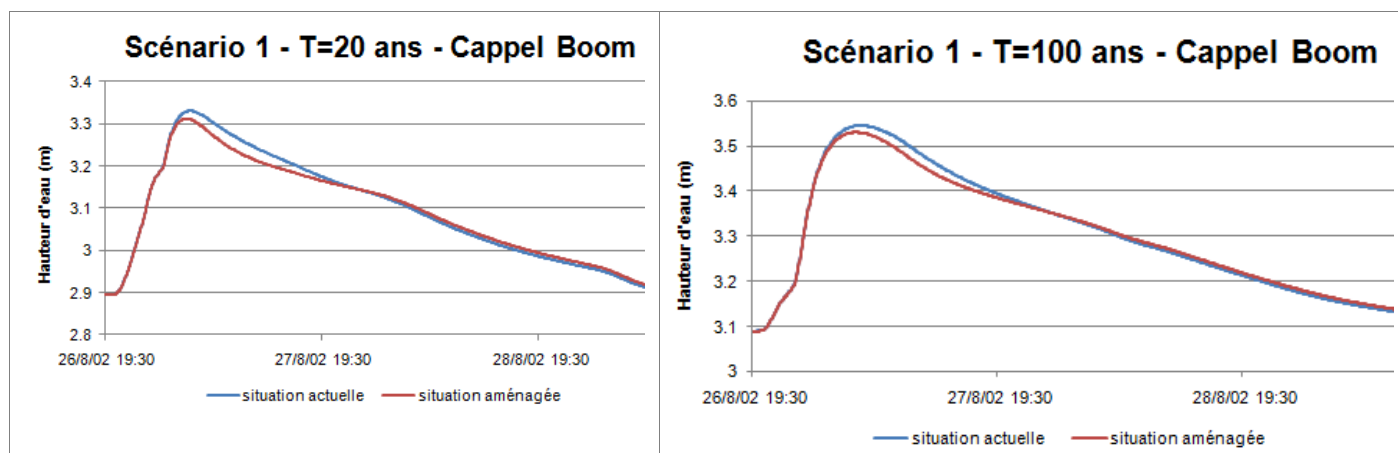


Figure 48 : Scénario 1 – Abaissement de la ligne d'eau sur la Bourre – T= 20 et T=100 ans

2.2 Efficacité su scénario 2: comparaison situation actuelle/situation aménagée – T=20 ans et T=100 ans

2.2.1 Comparaison des hydrogrammes aux principaux nœuds du réseau

Le **Tableau 42** synthétise les effets en termes d'abattement du pic de crue pour une crue vicennale et centennale.

Tableau 42 – Abattement du débit (%) – Scénario 2

Période de retour	Pont du Parc (canal de Nieppe)	Ecluse de la Motte au Bois	Cappel-Boom (Bourre)
T= 20 ans	44	7	1
T= 100 ans	50	10	3

L'efficacité de l'aménagement se réduit en allant de l'amont vers l'aval.

Comme pour le premier scénario, le délestage du canal de la Nieppe vers le casier Bam5 engendre des bons résultats, un abattement du pic de crue qui dépasse 40% et atteint le 50% se vérifiant au lieu-dit « Le parc » suite à un évènement respectivement vicennal et centennal.

Cependant, l'efficacité de l'aménagement sur la Bourre est nettement inférieure, le canal de Nieppe étant un affluent indirect de la Bourre et son débit de pointe en crue centennial étant la moitié de celui de la Bourre.

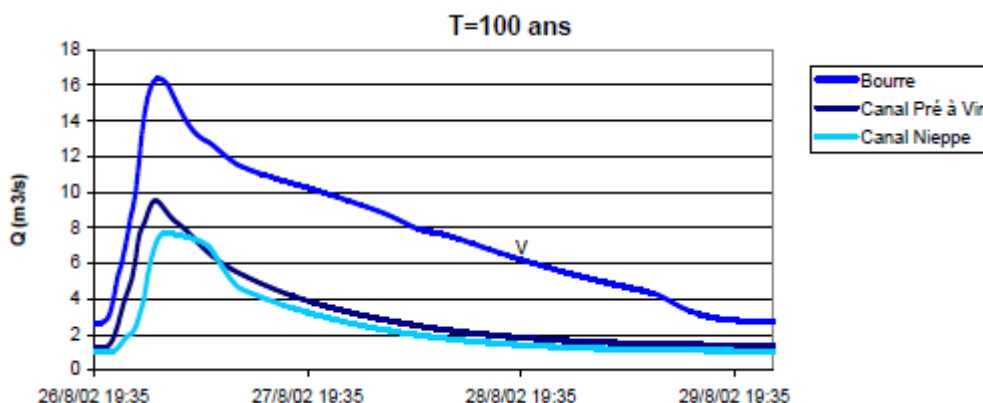


Figure 49 : Comparaison des hydrogrammes en situation actuelle sur le Canal de Nieppe, Canal du Pré à Vin et la Bourre - T=100 ans

Comme pour le premier scénario, les effets du deuxième scénario sont remarquables sur la décrue des hydrogrammes, notamment à Cappel Boom.

La Figure 50, la Figure 51 et la Figure 52 illustrent les hydrogrammes en situation actuelle et aménagée pour un évènement vicennal et centennial, extraits respectivement :

- Au lieu-dit « Le Parc » sur le canal de la Nieppe ;
- Au droit de l'écluse de la Motte au Bois, sur le canal du Pré à Vin ;
- Au lieu-dit « Cappel Boom » sur la Bourre.

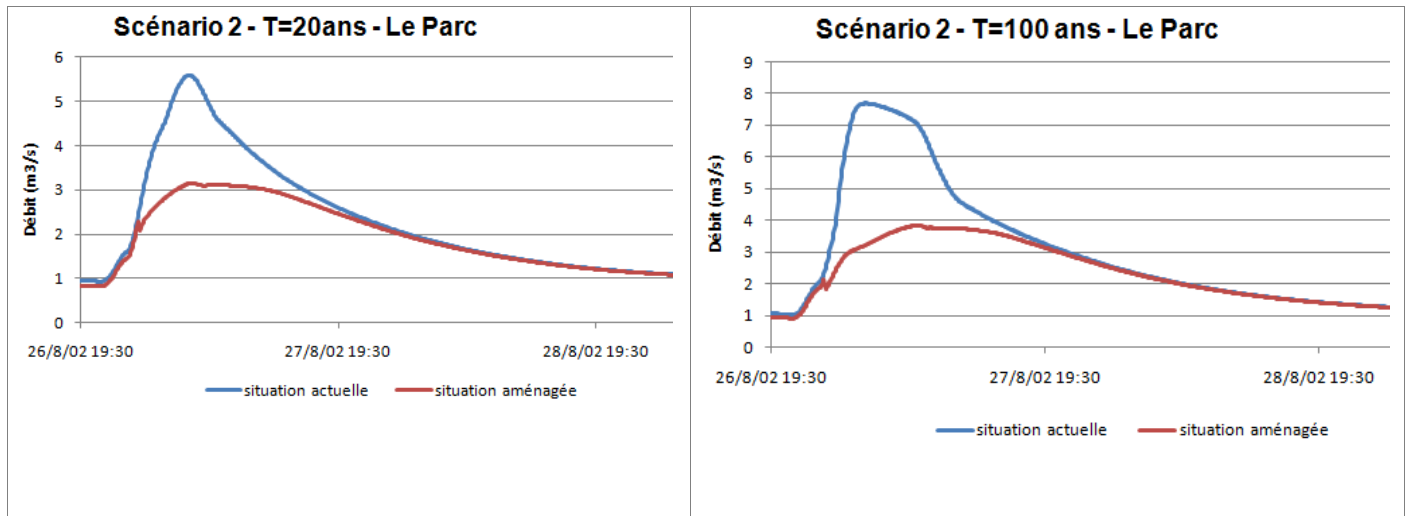


Figure 50 : Scénario 2 – Ecrêtement du débit au Parc – T= 20ans et T=100 ans

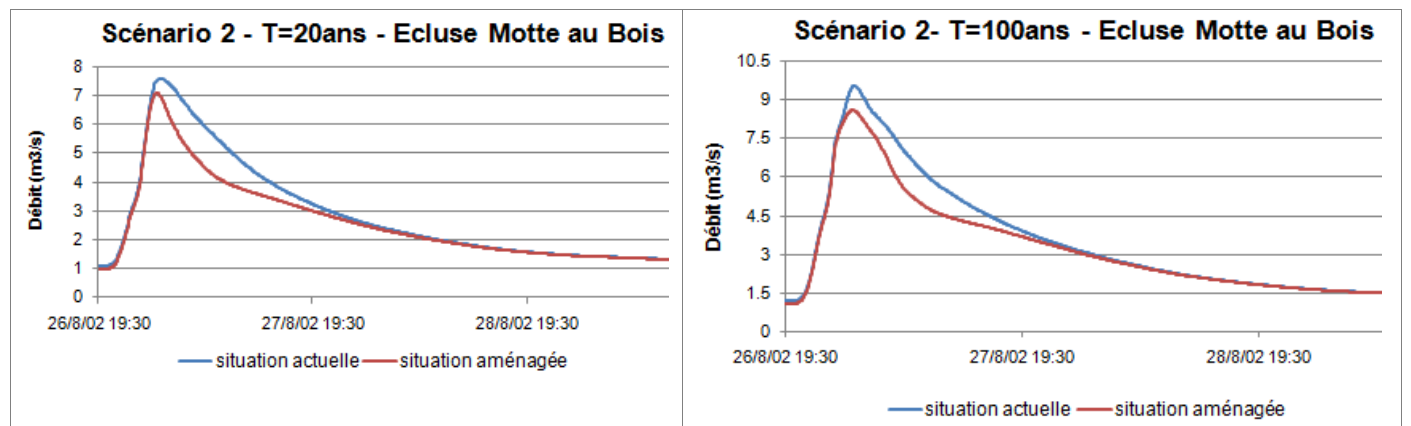


Figure 51 : Scénario 2 – Ecrêtement du débit au droit de l’écluse de la Motte au Bois – T= 20ans et T=100 ans

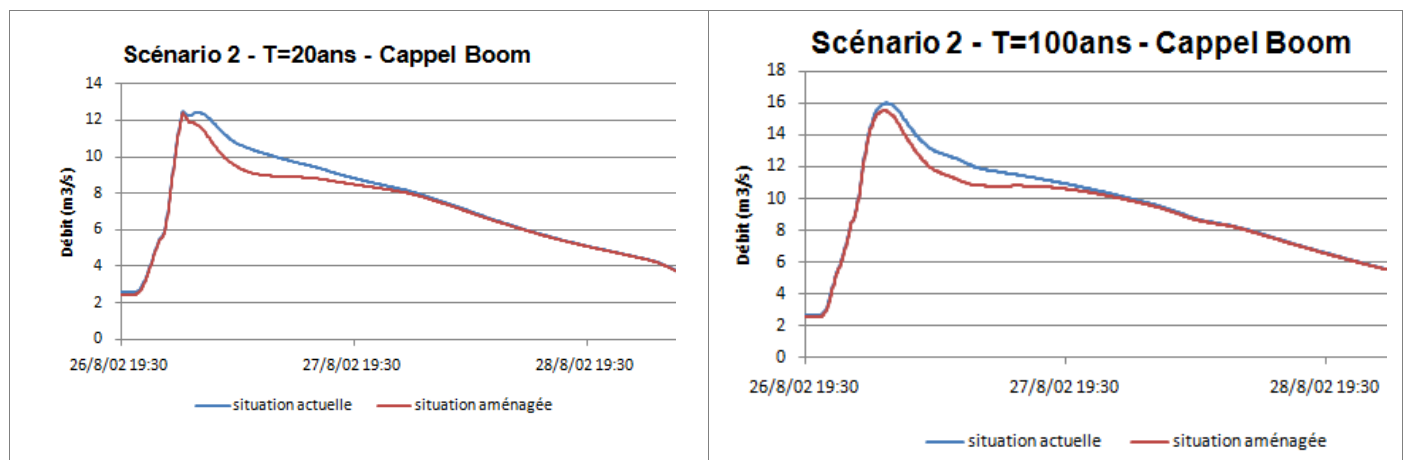


Figure 52 : Scénario 2 – Ecrêtement du débit de la Bourre à « Cappel Boom » – T= 20ans et T=100 ans

2.2.2 Comparaison des limnigrammes (ligne d'eau) dans les zones d'enjeux

Le **Tableau 43** synthétise les effets de l'aménagement en termes d'abattement du pic de la ligne d'eau pour une crue vicennale et centennale.

Tableau 43 – Abattement de la ligne d'eau (cm) – Scénario 2

Période de retour	Pont du Parc (Canal de Nieppe)	Ecluse de la Motte au Bois	Cappel-Boom (Bourre)
T= 20 ans	39	7	2
T= 100 ans	31	14	2

La Figure 53, la Figure 54 et la Figure 55 illustrent les limnigrammes (évolution de la ligne d'eau dans le temps) en situation actuelle et aménagée pour chaque évènement, extraits des trois points sensibles du bassin versant de la Bourre et de ses canaux :

- Le lieu-dit « Le Parc » sur le canal de la Nieppe ;
- Au droit de l'écluse de la Motte au Bois sur le canal du Pré à Vin ;
- Au lieu-dit « Cappel Boom » sur la Bourre.

Par rapport au scénario 1, le scénario 2 engendre un abattement de la ligne d'eau supérieure au Pont du Parc, l'écart entre les deux scénarios étant supérieur à 10 cm.

Ceci vient du fait que, suite à un évènement vicennal, 80 000 m³ sont stockés dans le casier BAm5 (scénario 2) alors que pour le même évènement 59 000 dans le casier BAm7 (scénario 1).

L'abattement de la ligne d'eau aux deux autres points sensibles (Ecluse de la Motte au Bois et Cappel Boom) est égal au scénario 1.

En termes de volume de débordement, l'efficacité, comme attendu, est totale au Pont du Parc, alors qu'à Cappel Boom est réduite à 7% par rapport à la situation actuelle, deux points en plus en regard du scénario 1.

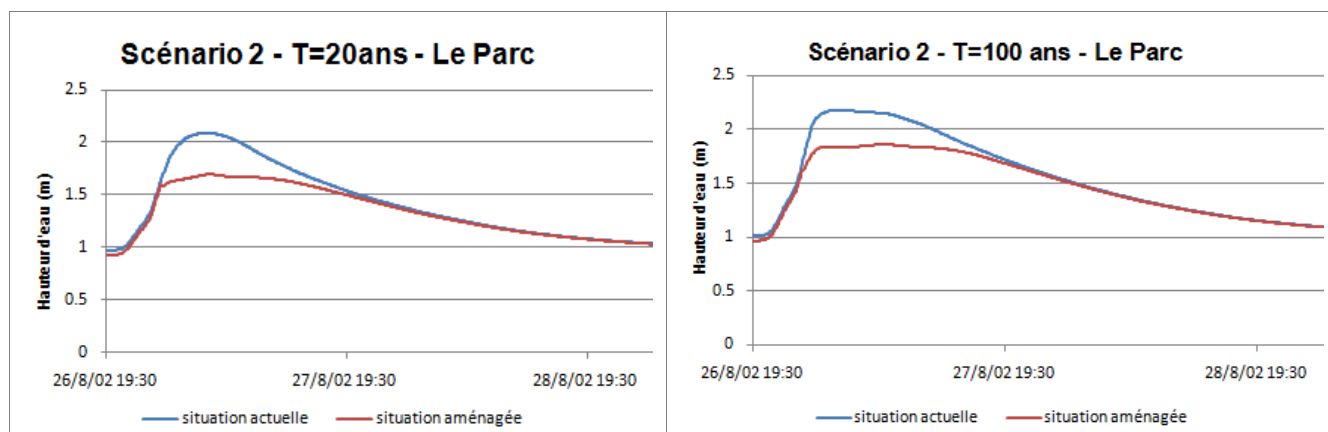


Figure 53 : Scénario 2 – Abaissement de la ligne d'eau sur le canal de la Nieppe au Parc – T= 20 et T=100 ans

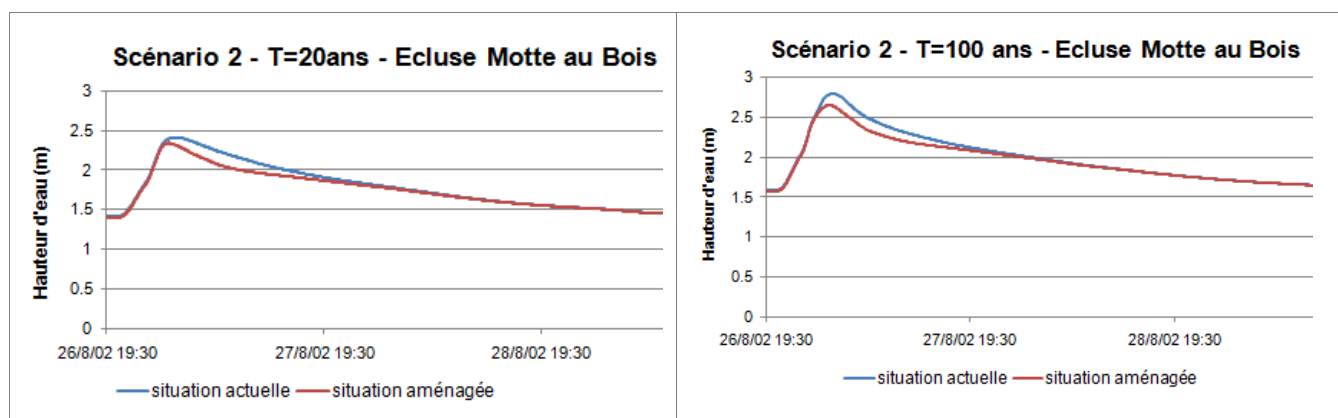


Figure 54 : Scénario 2 – Abaissement de la ligne d'eau au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20 et T=100 ans

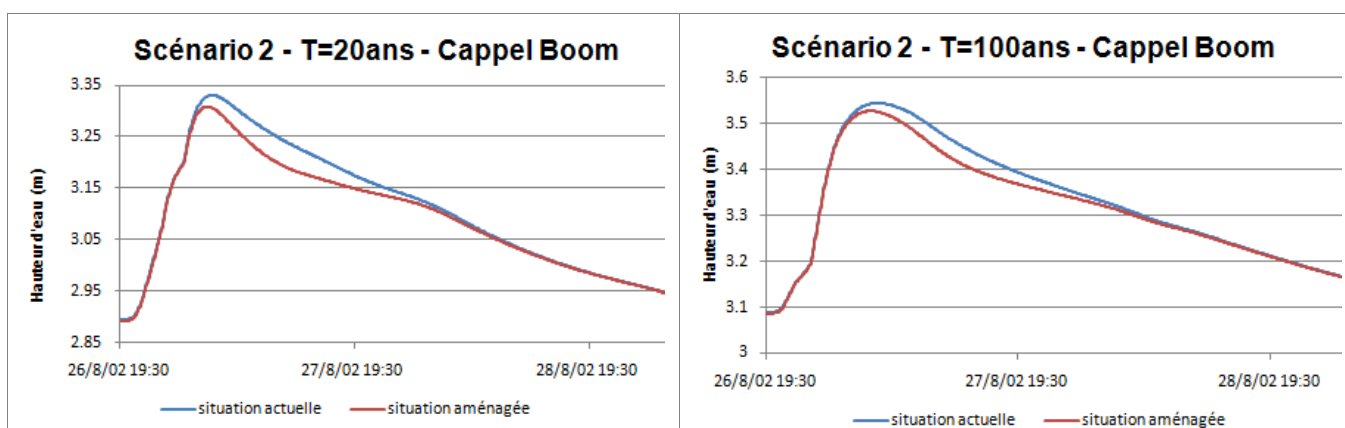


Figure 55 : Scénario 2 – Abaissement de la ligne d'eau sur la Bourre – T= 20 et T=100 ans

2.3 Efficacité du scénario 3: comparaison situation actuelle/situation aménagée – T=20 ans et T=100 ans

2.3.1 Comparaison des hydrogrammes aux principaux nœuds du réseau

Le **Tableau 44** synthétise les effets en termes d'abattement du pic de crue pour une crue vicennale et centennale.

Tableau 44 – Abattement du débit (%) – Scénario 3

Période de retour	Pont du Parc (Canal de Nieppe)	Ecluse de la Motte au Bois	Cappel-Boom (Bourre)
T= 20 ans	46	8	1
T= 100 ans	54	13	4

La Figure 56, la Figure 57 et la Figure 58 illustrent les hydrogrammes en situation actuelle et aménagée pour un événement orageux vicennal et centennal, extraits au droit des trois points sensibles du bassin versant :

- Le lieu-dit « Le Parc » sur le canal de la Nieppe ;
- L'écluse de la Motte au Bois, sur le Canal du Pré à Vin ;
- Au lieu-dit « Cappel Boom » sur la Bourre.

Remarque :

- Comme le scénario 3 résulte de la fusion des scénarios 1 et 2, les effets d'abattement du pic de crue sont plus significatifs.
- Comme pour les autres cas analysés, l'efficacité est supérieure pour un événement centennal que pour un événement vicennal et se réduit progressivement en allant de l'amont vers l'aval.
- Le délestage du canal de Nieppe vers les deux casiers BAm7 et BAm5 produit sur la Bourre un effet plus considérable sur le décre de l'hydrogramme que sur l'abattement du pic de crue (1% pour T=20 ans et 4% pour T=100ans).

Le gain en termes de volume de débordement à Cappel Boom atteint 7% pour une crue de récurrence vicennale et centennale, légèrement plus significatif, donc, par rapport au scénario 2 (+1%) et par rapport au scénario 1 (+2%).

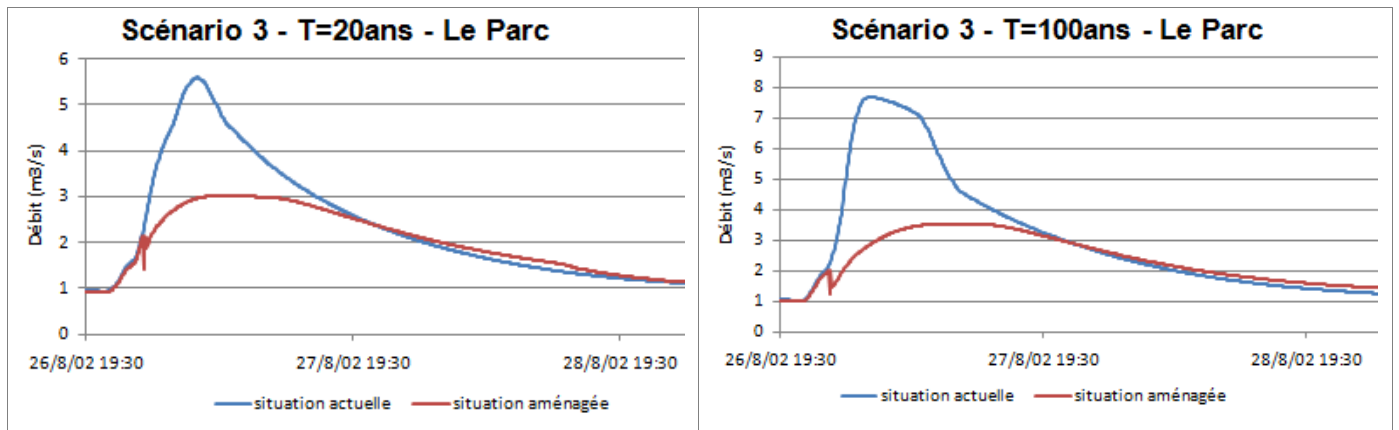


Figure 56 : Scénario 3 – Ecrêtement du débit au Parc – T= 20ans et T=100 ans

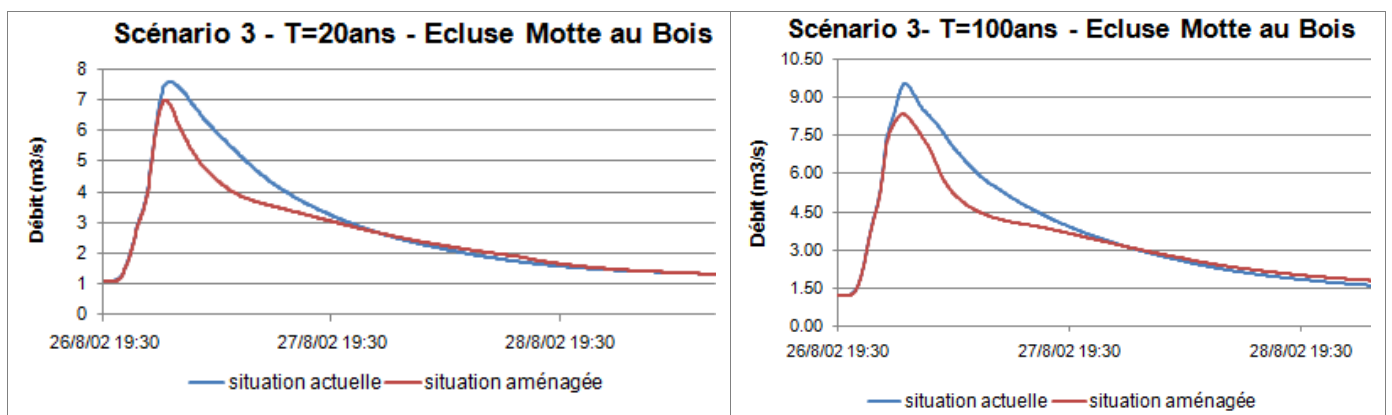


Figure 57 : Scénario 3 – Ecrêtement du débit au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20ans et T=100 ans

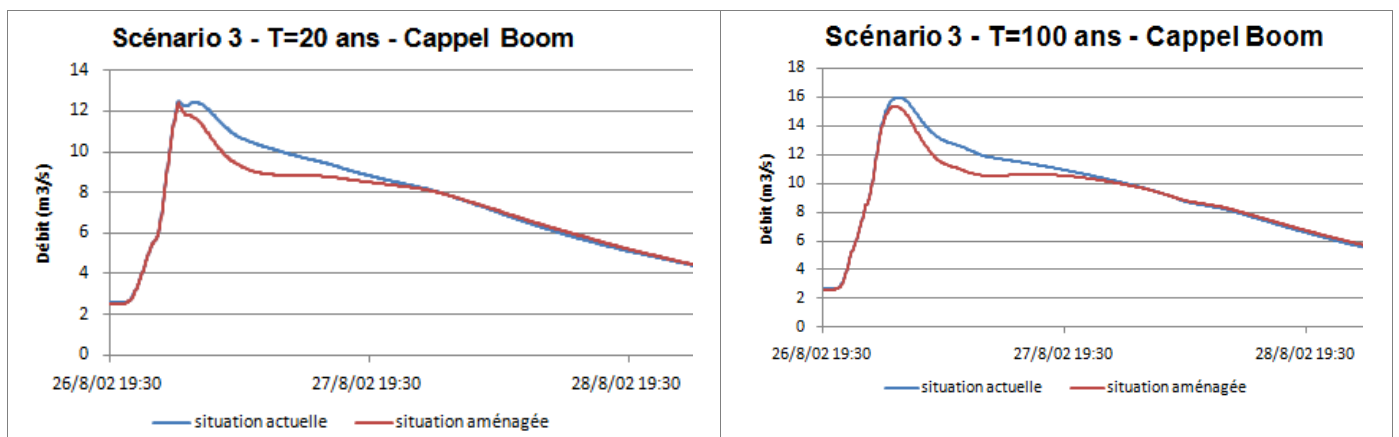


Figure 58 : Scénario 3 – Ecrêtement du débit de la Bourre à « Cappel Boom » – T= 20ans et T=100 ans

2.3.2 Comparaison des limnigrammes (ligne d'eau) dans les zones d'enjeux

Le **Tableau 45** synthétise les effets de l'aménagement en termes d'abattement du pic de la ligne d'eau pour une crue vicennale et centennale.

Tableau 45 – Abattement de la ligne d'eau (cm) – Scénario 3

Période de retour	Pont du Parc (Canal de Nieppe)	Ecluse de la Motte au Bois	Cappel-Boom (Bourre)
T= 20 ans	44	8	2
T= 100 ans	39	18	2

La Figure 59, la Figure 60 et la Figure 61 illustrent les limnigrammes (évolution de la ligne d'eau dans le temps) en situation actuelle et aménagée pour un événement orageux vicennal et centennal, extraits des trois points sensibles du bassin versant de la Bourre et de ses canaux :

- Le lieu-dit « Le Parc » sur le canal de la Nieppe ;
- Au droit de l'écluse de la Motte au Bois, canal du Pré à Vin ;
- Au lieu-dit « Cappel Boom » sur la Bourre.

Remarques :

- Comme le scénario 3 résulte de la fusion des scénarios 1 et 2, les effets de l'abattement de la ligne d'eau sont plus significatifs au Pont du Parc et sur le canal du Pré à Vin : l'abaissement de la ligne d'eau atteint encore près de 40 cm et 20 cm, respectivement au Parc et sur le Pré à Vin, pour T=100 ans.
- En revanche, à Cappel Boom, on ne constate pas une amélioration notable par rapport aux autres scénarios.
- Comme pour les autres cas analysés, l'efficacité se réduit progressivement en allant de l'amont vers l'aval.
- Le délestage du canal de Nieppe vers les deux casiers BAm7 et BAm5 produit sur la Bourre un effet assez durable sur le décreu du limnigramme, avec un gain de 6 cm sur la ligne d'eau durant toute cette phase sensible.

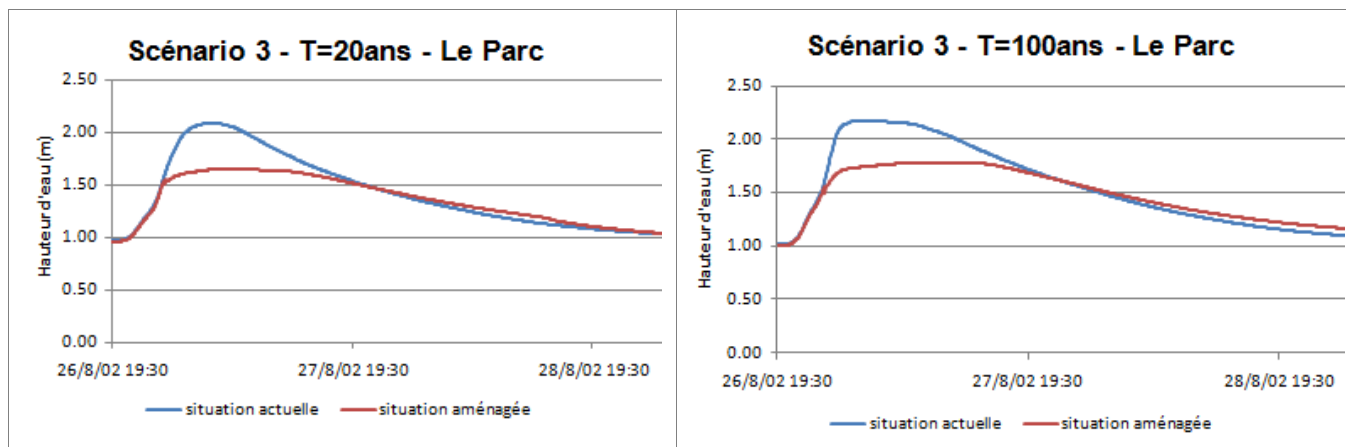


Figure 59 : Scénario 3 – Abaissement de la ligne d'eau sur le canal de la Nieppe – T= 20 et T=100 ans

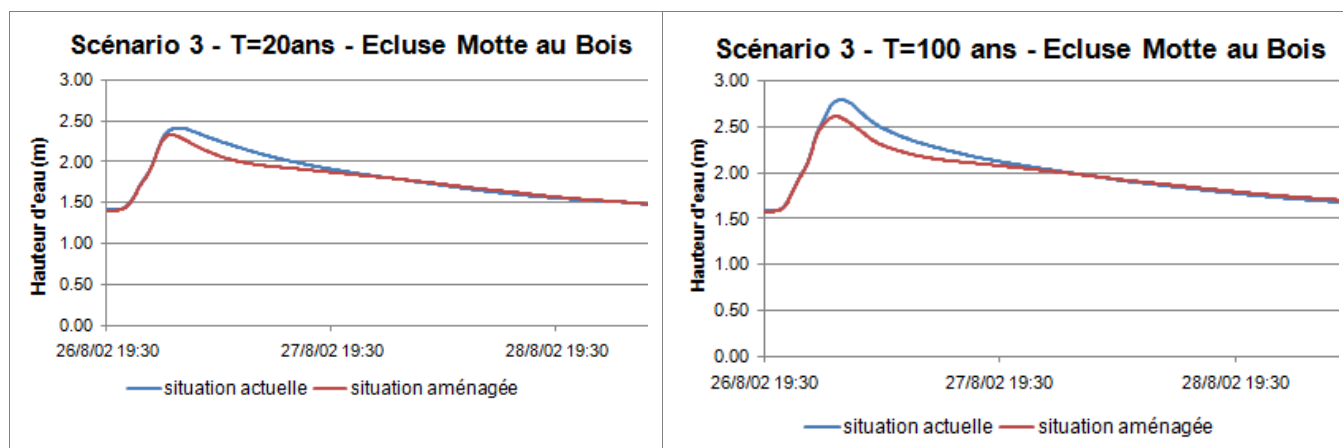


Figure 60 : Scénario 3 – Abaissement de la ligne d'eau au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20 ans et T=100 ans

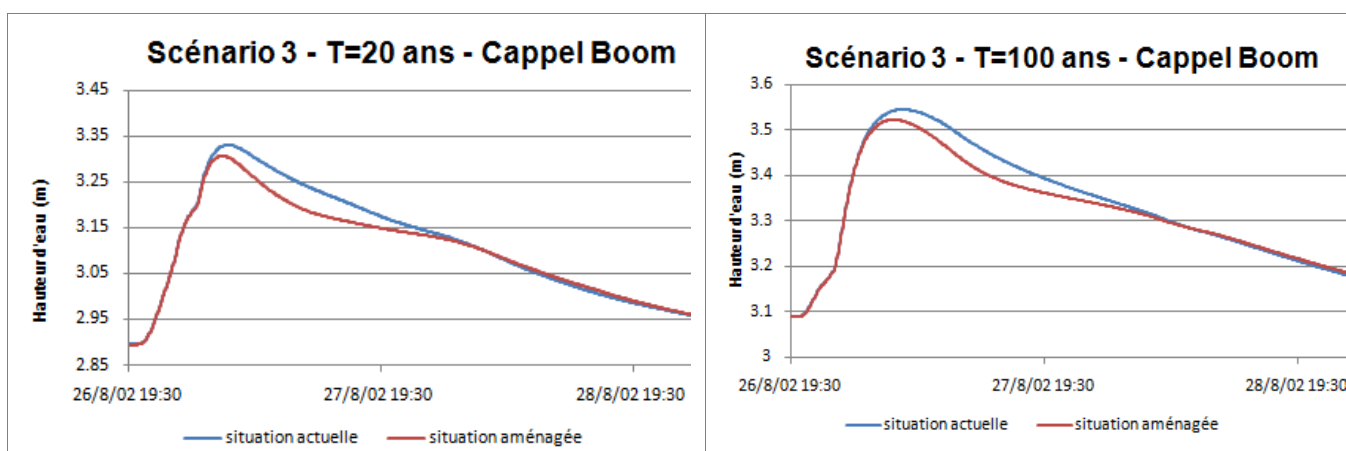


Figure 61 : Scénario 3 – Abaissement de la ligne d'eau sur la Bourre – T= 20 et T=100 ans

2.4 Efficacité du scénario 4: comparaison situation actuelle/situation aménagée – T=20 ans et T=100 ans

2.4.1 Comparaison des hydrogrammes aux principaux nœuds du réseau

Le **Tableau 46** synthétise les effets en termes d'abattement du pic de crue pour une crue vicennale et centennale.

Tableau 46 – Abattement du débit (%) – Scénario 4

Période de retour	Pont du Parc (canal de Nieppe)	Ecluse de la Motte au Bois	Cappel-Boom (Bourre)
T= 20 ans	43	7	2
T= 100 ans	53	10	3

La Figure 62, la Figure 63 et la Figure 64 illustrent les hydrogrammes en situation actuelle et aménagée pour chaque évènement, extraits des trois points sensibles du bassin versant :

- Le lieu-dit « Le Parc » sur le canal de la Nieppe ;
- Au droit de l'écluse de la Motte au Bois sur le canal du Pré à Vin ;
- Au lieu-dit « Cappel Boom » sur la Bourre.

Le délestage du canal de la Nieppe par prises d'eau installées le long du canal engendre des effets comparables au scénario 2.

L'abattement du pic de crue en situation aménagée dépasse 40% pour un évènement vicennal et 50% pour un orage centennal.

En revanche sur le canal du Pré à vin (la Motte au Bois), l'abattement est de l'ordre de 10% et sur la Bourre, à Cappel Boom de 2-3%.

Comme les autres scénarios :

- les débordements au lieu-dit « Le Parc » sont résorbés pour les évènements simulés,
- l'abattement du volume débordant à Cappel Boom est d'environ 7% pour T=20 ans et 6% pour T=100ans.

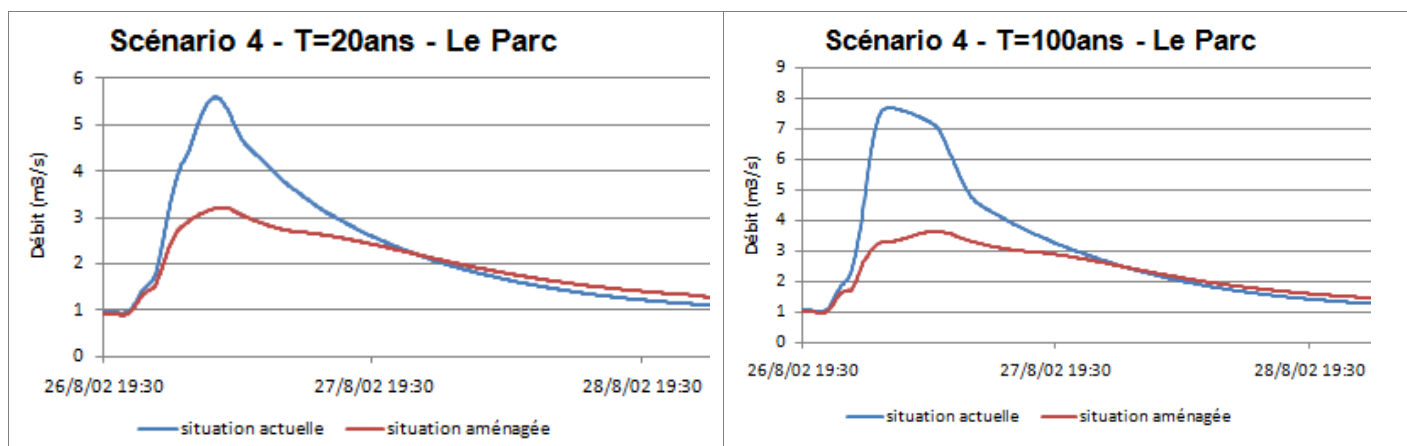


Figure 62 : Scénario 4 – Ecrêtement du débit au Parc – T= 20ans et T=100 ans

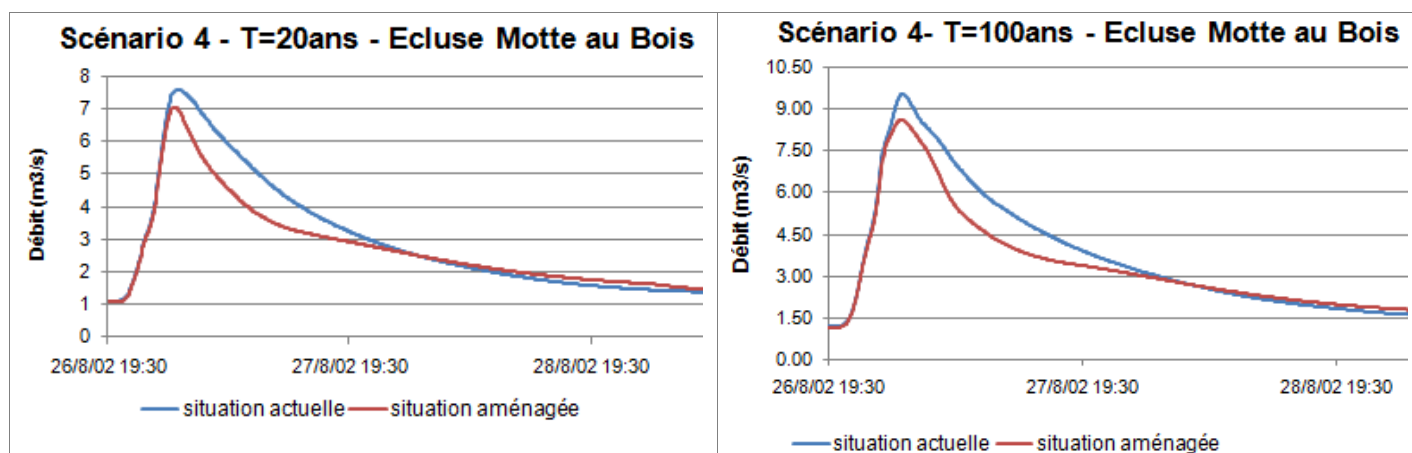


Figure 63 : Scénario 4 – Ecrêtement du débit au droit de l’écluse de la Motte au Bois – T= 20ans et T=100 ans

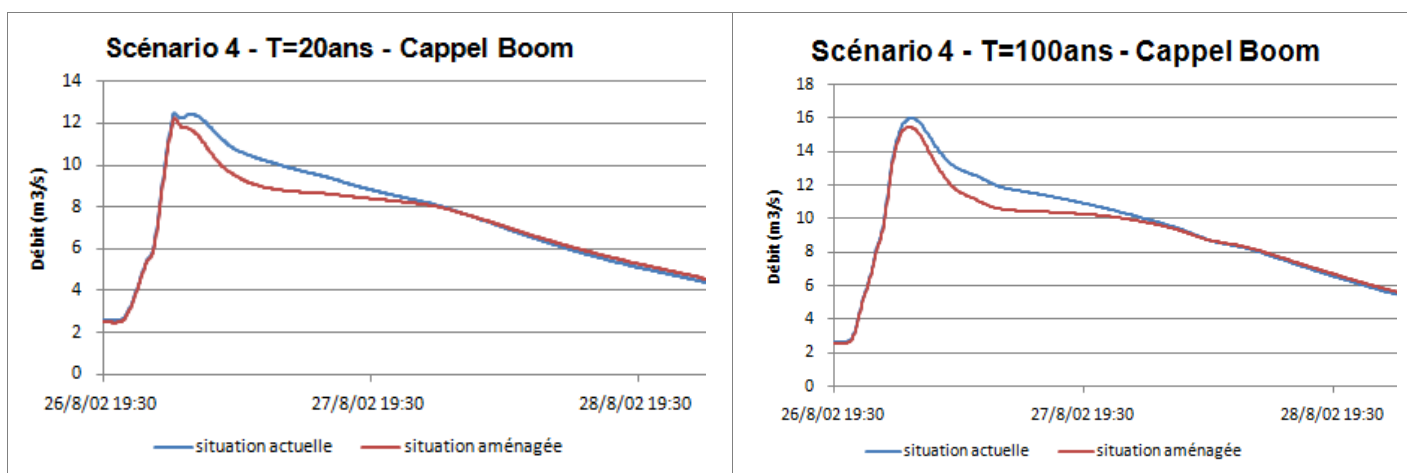


Figure 64 : Scénario 4 – Ecrêtement du débit de la Bourre à « Cappel Boom » – T= 20ans et T=100 ans

2.4.2 Comparaison des limnigrammes (ligne d'eau) dans les zones d'enjeux

Le **Tableau 47** synthétise les effets de l'aménagement en termes d'abattement du pic de la ligne d'eau pour une crue vicennale et centennale.

Tableau 47 – Abattement de la ligne d'eau (cm) – Scénario 4

Période de retour	Pont du Parc (canal de Nieppe)	Ecluse de la Motte au Bois	Cappel-Boom (Bourre)
T= 20 ans	38	7	2
T= 100 ans	31	14	2

La Figure 65, la Figure 66 et la Figure 67 illustrent les limnigrammes en situation actuelle et aménagée pour chaque évènement, extrait des trois points sensibles du bassin versant de la Bourre et de ses canaux :

- Le lieu-dit « Le Parc » sur le canal de la Nieppe ;
- Au droit de l'écluse de la Motte au Bois sur le Canal du Pré à Vin ;
- Au lieu-dit « Cappel Boom » sur la Bourre.

Le délestage du canal de la Nieppe par des prises d'eau régulièrement installées le long du canal qui sollicitent les quatre casiers BAm1, BAm3, BAm5 et BAm7, engendre des effets comparables au scénario 2, et donc légèrement inférieurs au scénario 3.

L'abattement de la ligne d'eau en situation aménagée dépasse 30 cm au Parc, y compris en centennale. En revanche sur le canal du Pré à Vin, l'abattement est compris entre 7 et 14 cm et sur la Bourre, à Cappel Boom de 2 cm.

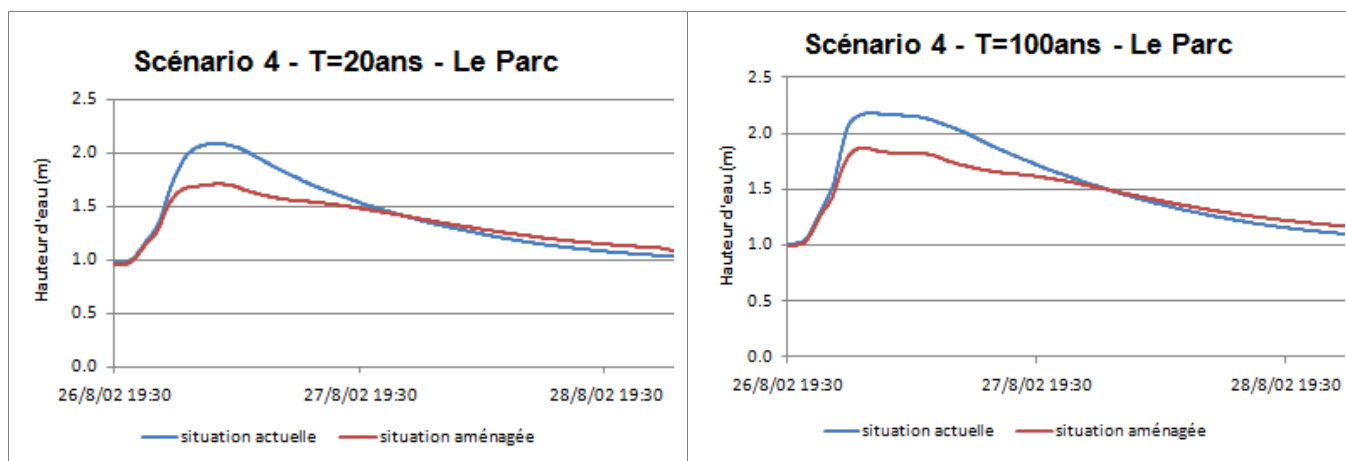


Figure 65 : Scénario 4 – Abaissement de la ligne d'eau sur le canal de la Nieppe – T= 20 et T=100 ans

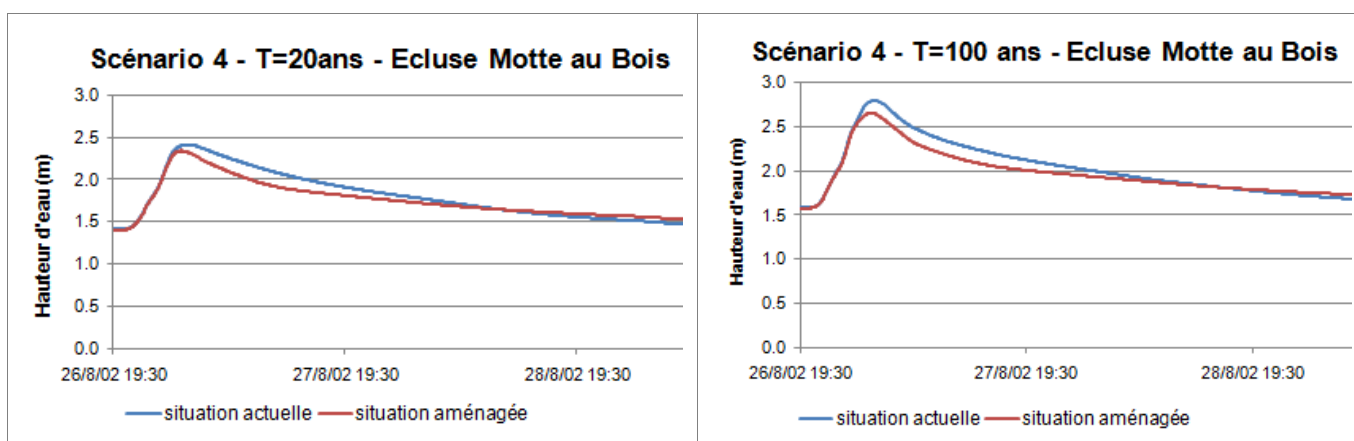


Figure 66 : Scénario 4 – Abaissement de la ligne d'eau au droit de l'écluse de la Motte au Bois – T= 20 et T=100 ans

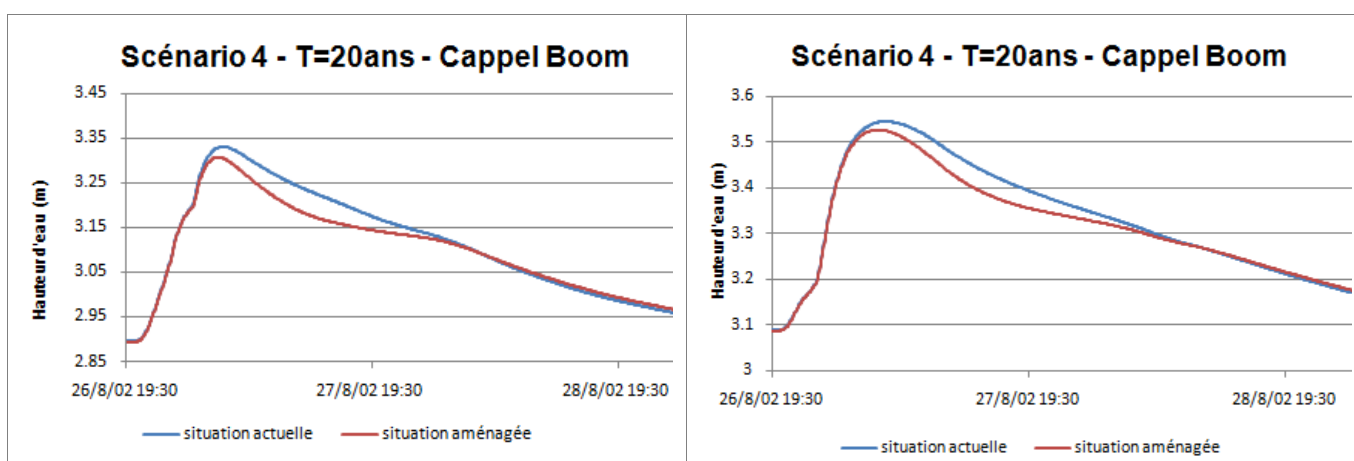


Figure 67 : Scénario 4 – Abaissement de la ligne d'eau sur la Bourre – T= 20 et T=100 ans

2.5 Synthèse et conclusion sur l'efficacité des scénarios

Tableau 48 – Synthèse comparative des efficacités des scénarios

Période de retour	Pont du Parc (canal de Nieppe)	Ecluse de la Motte au Bois	Cappel-Boom (Bourre)
Scénario 1 – abaissement des débits de pointe en %			
T= 20 ans	34%	6%	1%
T= 100 ans	42%	10%	3%
Scénario 1 – abaissement des lignes d'eau en cm			
T= 20 ans	27 cm	7 cm	2 cm
T= 100 ans	18 cm	14 cm	2 cm
Scénario 2 – abaissement des débits de pointe en %			
T= 20 ans	44%	7%	1%
T= 100 ans	50%	10%	3%
Scénario 2 – abaissement des lignes d'eau en cm			
T= 20 ans	39 cm	7 cm	2 cm
T= 100 ans	31 cm	14 cm	2 cm
Scénario 3 – abaissement des débits de pointe en %			
T= 20 ans	46%	8%	1%
T= 100 ans	54%	13%	4%
Scénario 3 – abaissement des lignes d'eau en cm			
T= 20 ans	44 cm	8 cm	2 cm
T= 100 ans	39 cm	18 cm	2 cm
Scénario 4 – abaissement des débits de pointe en %			
T= 20 ans	43%	7%	2%
T= 100 ans	53%	10%	3%
Scénario 4 – abaissement des lignes d'eau en cm			
T= 20 ans	38 cm	7 cm	2 cm
T= 100 ans	31 cm	14 cm	2 cm

Les quatre scénarios de délestage du canal de la Nieppe, vers le bois d'amont, se montrent efficaces à soulager, et même résorber (pour les événements orageux exceptionnels simulés), les désordres hydrauliques dommageables dans le secteur « le Parc » :

- L'écrêtement est très significatif (de 1/3 à plus de 50% des débits issus notamment des Steenbecque) ;
- L'abaissement de la ligne d'eau, est également remarquable, de 0,20 m à plus de 0,40 m selon les scénarios ;
- L'efficacité s'étend à la récurrence 100 ans.

Plus en aval, la contribution de l'aménagement demeure moins lisible :

- L'écrêtement, et en corollaire l'abaissement de la ligne d'eau, demeure significatif sur le canal du Pré à Vin (10% sur le débit en centennale, et de 15 à 20 cm sur la ligne d'eau), la réduction des apports du canal de la Nieppe semblant avoir un effet « d'appel hydraulique », facilitant l'évacuation des eaux du canal d'Hazebrouck, ce qui est tout de même un facteur positif pour la Motte au Bois ;
- En aval, sur la Bourre à Cappel Boom, les effets d'écrêtement et d'abaissement de la ligne d'eau redeviennent assez marginaux, bien que tendanciellement favorables (abaissement de 2 cm de la ligne d'eau, réduction des débits en décru) ; il faut aussi rappeler qu'à l'aval du bassin versant de la Bourre, les études menées en parallèle sur l'efficacité des ZEC de Borre et de ZEC plus en amont, a montré que chaque cm d'abaissement de la ligne d'eau était durement acquis, c'est-à-dire que les volumes d'écrêtement pour gagner quelques cm sont considérables⁷.

Au plan de la stricte évaluation efficacité/coût, il faudra donc considérer l'aménagement de la forêt de Nieppe, pour ce qui est de l'orientation étudiée du délestage du canal de la Nieppe vers le, bois d'amont, comme un aménagement de protection locale contre les inondations dans le secteur du Parc.

Au regard de cette problématique de protection immédiate, les scénarios testés sont d'une remarquable efficacité, notamment les scénarios 2, 3 et 4 qui apportent un gain de 30 cm (au moins) et résorbent les débordements, au moins jusqu'à T=100 ans.

Au plan de la comparaison des scénarios :

- Le scénario 3, qui mobilise de manière combinée et coordonnée (et évolutive), 2 casiers du bois d'Amont (BAm5 et BAm7), via 2 ouvrages de délestage et 2 ouvrages de vidange régulée, se détache assez nettement avec des gains sur les lignes d'eau, supérieurs de 5 cm au moins à ceux des autres scénarios et quelle que soit la période de retour ;
- Les scénarios 2 et 4, qui ont des orientations assez opposées (1 seul casier mobilisé, avec un gros ouvrage de délestage, ou 4 casiers, avec 6 petites prises d'eau), ont pour autant des résultats très comparables : indubitablement, d'autres contraintes et critères (simplicité de gestion, fiabilité, investissements, exploitation forestière) devront les départager si le scénario 3 ne devait pas être retenu, in fine ;
- Le scénario 1 qui lui aussi ne mobilise qu'un casier, dont le potentiel n'est pas le meilleur, reste efficace mais offre cependant beaucoup moins de garanties que les 3 autres, et beaucoup moins de perspectives d'évolutivité et d'optimisation.

Le scénario 3 fera l'objet de l'AVP en dernière partie de cette étude : à ce stade les scénarios 2 (qui d'ailleurs pourrait constituer une « 1^{ère} tranche » de l'aménagement plus complet du scénario 3), ou 4, ne peuvent être exclus des réflexions ultérieures.

⁷ A cet égard, tous les résultats des études depuis 2002 sont cohérents, puisque l'étude de PGGEEC, et son modèle global simplifié, avait déjà laissé pressentir cette difficulté issue du contraste très important entre la productivité hydrologique du bassin versant, et la rupture topographique qui se produit en plaine, avec des pentes extrêmement faibles. De facto, le scénario soumis au COPIL, recensait plus de 2 Mm3 de stockage pour obtenir des gains très remarquables à l'entrée de Merville : même avec l'ensemble des ZEC actuellement en projet ou à l'étude, y compris en forêt de Nieppe, ce compte est loin d'être atteint.

Synthèse générale - Conclusions

La présente étude avait pour objet :

- De vérifier ou d'infirmer, sur la base d'une étude simplifiée des sols, le caractère naturel de zone humide, pour tout ou partie de la forêt de Nieppe ;
- De déterminer les potentialités d'utilisation de la forêt de Nieppe dans la lutte contre les inondations : volumes d'expansion des crues disponibles, identification des secteurs les plus appropriés, opportunités de délestage et de rétention par rapport au réseau hydrographique interférant et aux enjeux ;
- D'estimer le rôle joué par la forêt de Nieppe dans l'éventuelle apparition de désordres aux exutoires de ses émissaires (les Berquigneuls), compte tenu de l'important réseau de fossés de drainage qui la parcourt ;
- De décrire et d'évaluer des scénarios d'aménagements au regard des analyses précédentes.

1) La forêt de Nieppe : zone humide ?

Sur la base d'une étude pédologique ayant comporté 42 sondages à travers toutes les parties de la forêt de Nieppe, ce qui demeure une densité certes relativement faible, mais cependant représentative d'une tendance générale, il s'avère que tous les sondages réalisés, sans la moindre exception, peuvent se répartir en 5 unités de sols, qui sont toutes caractéristiques de zones humides, au regard des classifications établies. A l'échelle macroscopique et de façon totalement uniforme, la forêt de Nieppe est donc un périmètre fondamentalement de zone humide au regard des sols, même si cela n'exclut pas, localement, que des densités de sondages plus importantes, puissent mettre en évidence des îlots de « zones non humides » au regard de ce critère.

2) La forêt de Nieppe : une zone d'expansion des crues, potentiellement majeure ?

Sur la base d'analyses très détaillées et exhaustives de la topographie et de l'hydrographie, la seconde partie de l'étude a confirmé le potentiel considérable de stockage par submersion, et un potentiel de stockage par seule mobilisation des fossés et abords immédiats et des zones très basses, certes non négligeable, mais moins remarquable. On peut retenir seulement 5 chiffres :

- A considérer l'intégralité des réseaux de drainage (naturels et artificiels) sur toute la forêt, le volume de stockage « linéaire » serait de l'ordre de **200.000 m³**, répartis probablement sur plus de 100 km de fossés ; cela concerne environ **5% de l'emprise forestière**.
- A considérer les fossés et cours d'eau, leurs abords immédiats (berges « inondables », zones très basses, demeurées quasiment marécageuses), le volume disponible à l'échelle de l'ensemble de la forêt est estimé à près de **450.000 m³** ; cela concerne environ **10% de l'emprise forestière**.
- A considérer une submersion généralisée provoquée, avec des hauteurs de submersion maximales, dans chacun des 26 casiers délimités, de **20-25 cm**, le volume total disponible serait d'environ **1.000.000 m³** ; cela concernerait environ **25% de l'emprise** de la forêt de Nieppe.

- A considérer une submersion plus concentrée, pouvant atteindre des hauteurs maximales de **50 à 60 cm** dans les casiers considérés, le volume disponible atteindrait **1.200.000 m³** en mobilisant seulement 9 secteurs (3 secteurs du bois d'amont, 3 secteurs du bois moyen, 1 secteur du bois d'aval, bois Bramsart, bois Flamingue), pour **20% de l'emprise forestière** (un peu plus de 500 ha).
- A considérer seulement 10 cm de submersion maximale supplémentaire (60-70 cm), dans un nombre encore plus limité de secteurs (BAm5 au bois d'Amont, BM3 au bois Moyen, BBr et BAv1 aux bois Bramsart / bois d'Aval), le volume disponible dépasse **700.000 m³**, pour plus de 270 ha concernés soit environ **11% de l'emprise**.

Ces quelques éléments démontrent :

- Qu'il serait possible de mobiliser, en des secteurs relativement opportuns de la forêt, par rapport au réseau hydrographique, par des aménagements réalistes et avec des hauteurs de submersion maximales raisonnables, de 500.000 à 700.000 m³ de volumes d'expansion des crues, dont environ 80%, a priori peu mobilisés en état actuel ;
- Qu'à cela s'ajoute, à l'échelle de l'ensemble de la forêt, la possibilité de retenir dans son réseau, de l'ordre de 200.000 m³ (par exemple, par un grand nombre de vannes – au moins une cinquantaine – appuyées sur les principales drèves) en stockage linéaire, principalement utiles à la gestion des eaux produites par la forêt elle-même (ce volume représente 8mm de pluie nette à l'échelle de tout le massif).

A l'aune de toutes nos analyses morphologiques qui ont tenu compte, et de la bathymétrie pour des hauteurs de submersion « raisonnées », et des différentes contraintes du réseau hydrographique et des avoisinants, cette étude vient confirmer que le potentiel de la forêt de Nieppe, pour jouer un rôle dans la rétention des eaux, est énorme : il équivaudrait, en ne considérant qu'une mobilisation très partielle du territoire, comprise entre 10 et 15% des espaces, au cumul de tous les autres aménagements en cours de réalisation ou envisagés, sur le bassin versant.

Par une simple reconfiguration de la gestion hydraulique de son réseau de drainage en revanche, elle ne saurait jouer un rôle significatif d'écrêtement.

3) La forêt de Nieppe : une fauteuse de désordres hydrauliques par son drainage ?

Il est à noter que, fautes de données hydrométriques fiables, mais compte tenu de la nature des sols de la forêt et de sa topographie, nous n'avons pas pu démontrer ou infirmer, que la forêt était susceptible de générer, via ses émissaires et notamment le Berquigneul du bois d'amont, des débits très élevés et donc des désordres : il est cependant exact que la pente des Berquigneul est si faible qu'à l'apparition de la moindre contrainte aval imposée par la Lys si le niveau dépasse le NNN, les capacités de ces derniers sont extrêmement réduites.

Toutefois selon les hypothèses les plus pénalisantes, le bois d'amont, dans sa partie drainée par le Berquigneul, ne semble pas devoir générer des débits de pointe excédant 1 m³/s (soit déjà, 2 l/s/ha, ce qui est supérieur au débit spécifique de la Bourre elle-même lors d'une crue centennale) : en admettant que ce débit soit approchant de la réalité, voire un peu supérieur, l'aménagement du réseau de drainage, pour un volume utile compris entre 20.000 et 40.000 m³.

Nous ne pensons pas que le drainage forestier génère des afflux très conséquents et très brutaux, mais les configurations très particulières et contraintes aux exutoires, font que ces apports peuvent suffire à provoquer quelques désordres. Compte tenu de la topographie et des sols, sans drainage, les émissions seraient négligeables (situation naturelle initiale de marécage).

4) Des perspectives concrètes d'aménagements

Le nombre de « scénarios », « variantes » et « orientations stratégiques » possibles, s'avérant très élevé compte tenu des casiers présentant des perspectives intéressantes, nous avons proposé le principe d'étudier une action « pilote » ou « prioritaire », déterminée par :

- L'existence d'enjeux locaux à protéger : le secteur du Parc, riverain du canal de la Nieppe et enclavé entre « bois d'Amont », « bois Moyen » et « bois des Vaches » ;
- Le fait que, alors que la Bourre elle-même et ses affluents « d'amont » (Borre Becque et Föene Becque), ainsi que la canal du Pré à Vin, ont déjà fait l'objet ou feront prochainement l'objet d'aménagements (réhabilitation des écluses, ZEC de Borre, et perspectives de ZEC amont), le canal de la Nieppe, affluent « d'aval » et émissaire notamment de la Grande et de la Petite Steenbecque, n'est pour l'heure concerné que par des projets moins ambitieux et plus en amont, destinés exclusivement ou presque à la protection d'enjeux locaux ;
- La proximité de « casiers » (appellation hydraulique des secteurs de la forêt) par rapport au cours d'eau, et si possible non ou peu mobilisé en situation actuelle.

Le choix s'est donc porté sur le délestage du canal de Nieppe en amont du Parc, vers le bois d'Amont.

Quatre scénarios ont été étudiés :

- Deux scénarios portant sur une mobilisation concentrée d'un seul casier, respectivement BAm7 (situé entre le RD916, la drève du milieu et le canal), ou BAm5 (délimité par le canal, 2 drèves et la RD916 en aval), la différence portant essentiellement sur l'exutoire de vidange (canal ou Berquigneul) ; dans les 2 cas, deux ouvrages (délestage-alimentation/vidange) seraient à réaliser ainsi que des rehausses de drèves.
- Un scénario combinant ces 2 secteurs, avec les aménagements issus des 2 scénarios « mono-casier », donc 4 ouvrages au total.
- Un scénario moins concentré mobilisant 4 casiers du bois d'Amont (entre le canal et la drève du Milieu), avec plusieurs prises d'eau moins importantes.

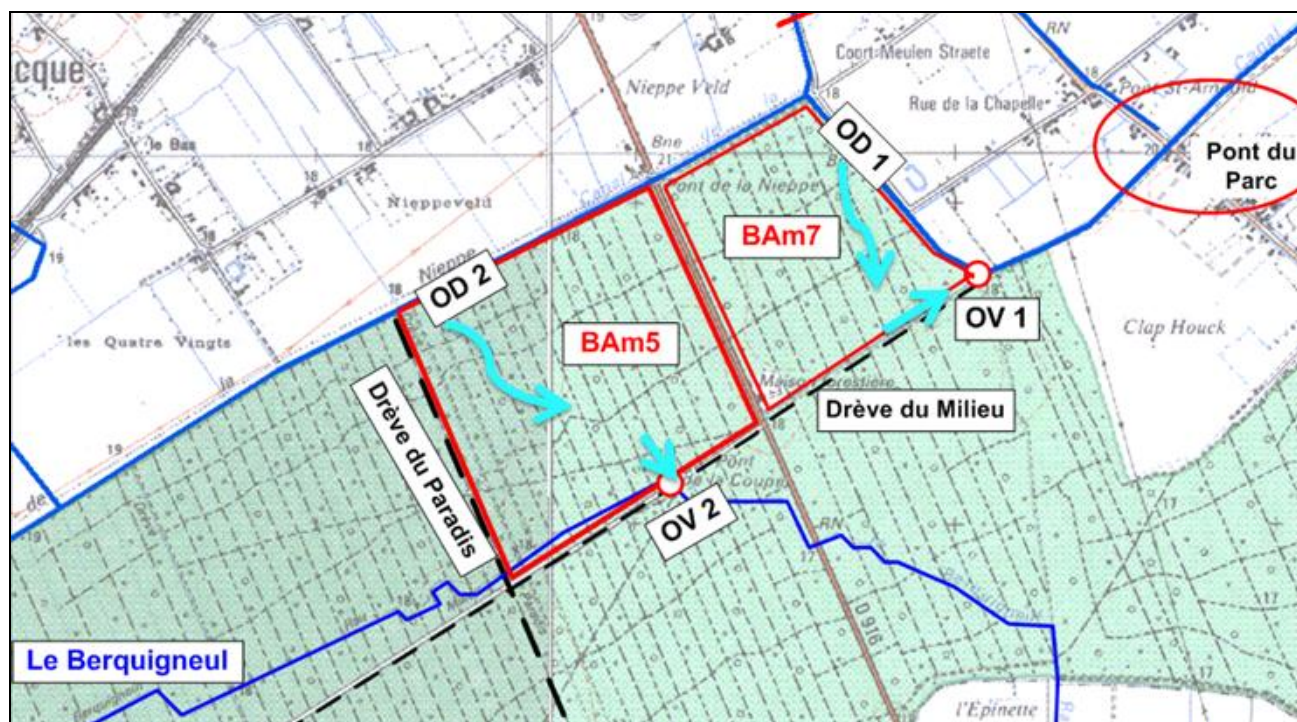
L'étude hydraulique (par un modèle détaillé interconnecté avec le modèle général Bourre) a démontré :

- L'efficacité de ces 4 scénarios à protéger le secteur du Parc contre des crues orageuses exceptionnelles (T=100 ans), mais avec des effets plus notables et donc une meilleure sécurité pour le scénario 3 (2 casiers, 4 ouvrages) notamment, et dans une moindre mesure les scénarios 2 et 4 ;
- Des effets peu visibles sur la Bourre en sortie du Grand Dam, de l'ordre de quelques cm d'abaissement supplémentaire de la ligne d'eau, par rapport à une situation « initiale » où les ZEC de Borre seraient opérationnelles ;
- Que, même dans le cas de mobilisation d'un unique casier et de zones de submersion concentrées, les niveaux maximums de submersion ne dépassent pas 60 cm au plus profond des zones forestières inondées.

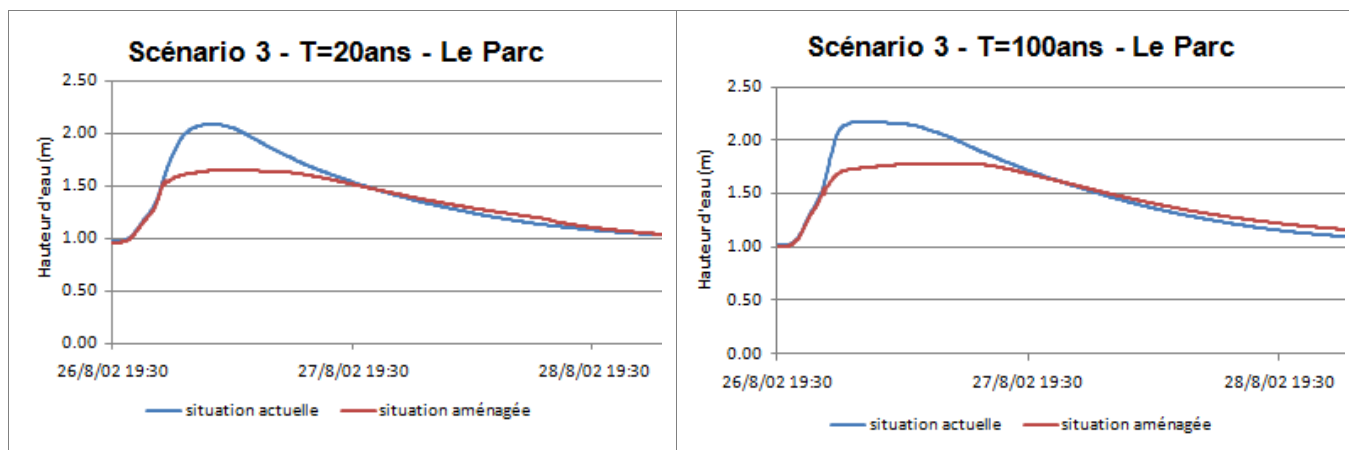
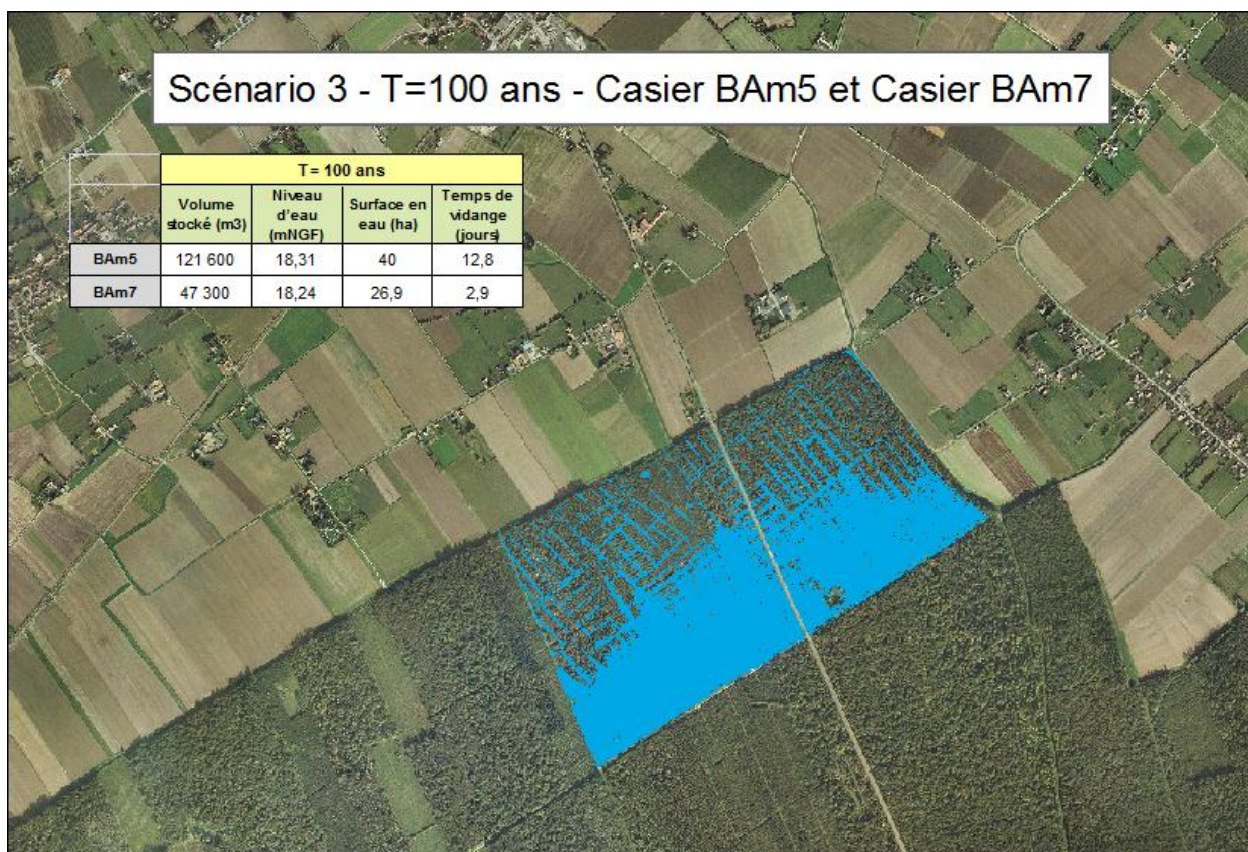
In fine, compte tenu d'avantages techniques tels qu'une plus grande souplesse de gestion (mobilisations successives, alternées ou décalées, des 2 casiers), d'un phasage favorable des éventuels travaux d'aménagements (2 tranches possibles), une efficacité hydraulique supérieure aux autres scénarios grâce à un volume de stockage cumulé supérieur, c'est le scénario 3 (BAm5+BAm7), synthétisé page suivante, qui a été retenu pour un AVP (rapport annexe + plans).

5) Le scénario proposé : délestage du canal de la Nieppe vers 2 casiers du bois d'amont

- Le canal de Nieppe est délesté vers les deux casiers « Bam7 » (amont RD916) et « Bam5 » (aval RD916) indépendants entre eux grâce à deux ouvrages de délestage (respectivement OD1 et OD2) installés en rive droite.
- Deux ouvrages, respectivement OV1 et OV2, permettent la vidange des casiers :
 - Les réseaux récepteurs des débits de fuite sont respectivement le canal de Nieppe et le Berquigneul ;
 - le débit est limité respectivement à 200l/s vers le canal pour la vidange de Bam7, et 100 l/s pour la vidange de Bam5 vers le Berquigneul ;
 - la consigne de délestage est le niveau d'eau atteint au droit du pont du Parc.
- Le volume de stockage mobilisé est de 170.000 m³, pour une emprise inondée totale inférieure à 70 ha et des hauteurs de submersion maximales inférieures à 0,55 (le volume mobilisable utile est de 200.000 m³ environ).
- Le coût global de l'aménagement est estimé (niveau AVP) à 880.000 €HT (montant Travaux + imprévus + honoraires), soit 750.000 €HT (travaux, y compris imprévus 20%), soit un ratio de 4 €/m³ utile environ.



Période de retour	Volume stocké « Bam5 » (m3)	Volume stocké « Bam7 » (m3)	Volume total (m3)	Niveau d'eau atteint « Bam5 » (mNGF)	Niveau d'eau atteint « Bam7 » (mNGF)	Temps de vidange « Bam5 » (jours)	Temps de vidange « Bam7 » (jours)
T=20 ans	69 000	18 400	87 400	18,16	18,10	7,3	1,4
T=100 ans	121 600	47 300	168 900	18,31	18,24	14	2,7



Période de retour	Pont du Parc (Canal de Nieppe)	Ecluse de la Motte au Bois	Cappel-Boom (Bourre)
T= 20 ans	44	8	2
T= 100 ans	39	18	2