



Entente
Oise-Aisne

Complément à la demande d'autorisation environnementale
Opération d'aménagement de deux ouvrages écrêteurs de crue de la
Verse

Numéro d'enregistrement : 60-2019-00049

23 octobre 2019



Entente
Oise-Aisne

Table des matières

1.	Enjeux écologiques de préservation des cours d'eau et zones humides	2
1.1.	Zone humide.....	2
1.2.	Profil en long et tirants d'eau	3
1.3.	Continuité écologique au droit des ouvrages	4
1.3.1.	Ouvrage de Beaugies-sous-Bois	4
1.3.2.	Ouvrage de Berlancourt.....	7
1.4.	Dispositif anti embâcles	10
1.5.	Fosse de dissipation de l'énergie	12
1.5.1.	Ouvrage de Beaugies-sous-Bois	12
1.5.2.	Ouvrage de Berlancourt.....	14
1.6.	Zone d'installation en phase chantier	15
1.6.1.	Beaugies-sous-Bois	16
1.6.2.	Berlancourt	18
1.7.	Suivi de la qualité physico-chimique de la Verse et des habitats, de la faune et de la flore ..	19
	Evaluation des points de raccordements, érosion et franchissabilité piscicole.	19
2.	Risques hydrauliques	20
2.1.	Demande 1 : Compétence Prévention de Inondations	20
2.2.	Demande 2 : Axe 7 du PAPI de la Verse	20
2.2.1.	Action 7-1 : Protections rapprochées à Noyon (action initialement prévue au PAPI)....	20
2.2.2.	Action 7-2 Protections rapprochées à Muirancourt	21
2.3.	Demande sans réf. – Compléments d'investigations	22
2.4.	Demande 3 : Aléa remontée de nappe.....	22
2.5.	Demande 4 : Aléa retrait gonflement des argiles	23
2.5.1.	Complément de caractérisation de l'aléa :	23
2.5.2.	Caractérisation de la compressibilité des sols	24
2.6.	Demande 5 : Vérification sismique	24
2.7.	Demande 6 : Vérification du non poinçonnement.....	26
2.7.1.	Ouvrage de Beaugies-sous-Bois :.....	26
2.7.2.	Ouvrage de Berlancourt :.....	27
2.8.	Demande 7 : Vérification des tassements.....	28
2.9.	Demande 8 : Vérification des glissements.....	30



Entente Oise-Aisne

2.10.	Demandes 9,10 et 11 : Erosion interne, externe et pression interstitielle.....	33
2.11.	Demande 12 : Vérification de la hauteur de revanche	33
2.12.	Demande 13 : Sur hauteur pour prise en compte des tassements.....	34
2.13.	Demande 14 : Clarification des ouvertures des organes de régulation	35
2.14.	Demande 15 : Evacuateurs de crue	35
2.15.	Demande 16 : Dispositif de drainage	35
2.16.	Demande 17 : Dispositif d'auscultation	35
Annexes	36

Table des Figures

Figure 1	Extrait du rapport pro, ouvrage de Beaugies-sous-Bois sur fond cadastrale et localisation approximative de la mare	2
Figure 2:	Ouvrage de Beaugies-sous-Bois zone de retenue des eaux et mare	3
Figure 3 :	Ouvrage de Beaugies-sous-Bois bue de dessus.....	5
Figure 4 :	Ouvrage de Beaugie-sous-Bois coupe en travers.....	6
Figure 5 :	Ouvrage de Berlancourt vue de dessus.....	8
Figure 6 :	ouvrage de Berlancourt coupe en travers.....	9
Figure 7 :	Photo du dispositif anti embâcles sur le site de Montigny sous Marle, phase travaux (Aisne)	11
Figure 8:	Zoom sur le déversoir et la fosse de dissipation de l'ouvrage de Beaugies-sous-Bois	13
Figure 9 :	Zoom sur le déversoir et la fosse de dissipation de l'ouvrage de Berlancourt	15
Figure 10 :	Extrait d PPRi de la Verse, zone inondable à proximité du projet de Beaugies-sous-Bois....	16
Figure 11 :	Etude Faune et Flore sur le bassin versant de la Verse.	17
Figure 12 :	Extrait de PPRi de la Verse, zone inondable à proximité du projet de Berlancourt	18
Figure 13 :	Localisation initiale de la protection rapprochée du quartier Saint Blaise à Noyon.....	21
Figure 14 :	Extrait du tableau SYNTEC pour la densité d'investigations à mettre en œuvre, selon la nature des ouvrages.....	22
Figure 15 :	Géométrie type – calcul de portance.....	27

Table des Tableaux

Tableau 1 :	vitesse d'écoulement dans les ouvrages	3
Tableau 2 :	Tableau récapitulatif des dimensions de l'ouvrage de Beaugies-sous-Bois au droit de la Verse	7
Tableau 3 :	Tableau récapitulatif des dimensions de l'ouvrage de Berlancourt au droit de la Verse....	10
Tableau 4	Ouvrage de Beaugies-sous-Bois dimension de la fosse de dissipation et du raccordement .	13
Tableau 5 :	Ouvrage de Berlancourt dimension de la fosse de dissipation et du raccordement	14
Tableau 6 :	caractéristiques géométriques retenues pour le calcul de portance	28
Tableau 7 :	Durées de sur-inondation en amont des digues.....	33



Entente
Oise-Aisne



Introduction

L'Entente Oise Aisne est un syndicat mixte ouvert, Etablissement Public Territorial de Bassin conformément aux dispositions de l'article L213-12 du Code de l'environnement.

Elle est compétente sur l'ensemble du bassin versant de l'Oise, de l'Aisne et de leurs affluents, soit 16 900 km². Elle exerce des compétences à la carte sur les problématiques de risques naturels (inondation par débordement de cours d'eau, ruissellement et coulées de boue) et de qualité des milieux aquatiques. Par ses actions d'aménagement et de gestion des cours d'eau, elle contribue principalement à la lutte contre les inondations.

A ce titre, l'Entente porte le Programme d'Actions et de Prévention des Inondations (PAPI) du bassin de la Verse qui inclut le projet d'aménagement d'ouvrages écrêteurs de crues objet de la présente demande. A sa création, ce projet portait sur trois sites : Beaugies-sous-Bois, Berlancourt et Muirancourt. Cependant, une épaisseur importante de tourbe a été identifiée sous l'ouvrage de Muirancourt. Les difficultés d'adaptations nécessaires pour assurer la stabilité de l'ouvrage et leurs impacts financiers ont poussé le maître d'ouvrage à abandonner l'ouvrage de Muirancourt.

Un dossier de demande de DUP, servitudes de sur-inondation, DIG et d'autorisation loi sur l'eau a été déposé en DDT le 19 mars 2019 (numéro d'enregistrement : 60-2019-00049). Une première demande de complément a été transmise par courrier à l'Entente le 03 mai 2019 portant sur des compléments à la demande de dérogation concernant les espèces protégées. L'Entente Oise Aisne a répondu à cette demande le 21 mai 2019.

Suite à l'examen du dossier le service instructeur a fait parvenir à l'Entente Oise Aisne une deuxième demande de complément le 16 Juillet 2019. Cette demande porte sur deux thématiques distinctes : les **risques hydrauliques** et les **enjeux écologiques de prévention des cours d'eau et zones humides**. Le présent dossier apporte les compléments pour ces deux thématiques.



Entente
Oise-Aisne

1. Enjeux écologiques de préservation des cours d'eau et zones humides

Au regard des enjeux écologiques de préservation des cours d'eau et des zones humides, les services instructeurs ont formulé plusieurs demandes de compléments. Cette partie s'attachera à répondre à chacune d'entre elles.

1.1. Zone humide

Comme le montre les plans du dossier, la seule zone fléchée lors du diagnostic écologique comme étant une zone humide est la mare au nord de l'ouvrage en rive droite de la Verse pour laquelle l'ouvrage n'a pas d'impact. Au vu de la topographie des lieux, la mare étant située en hauteur par rapport à la zone de surinondation, cette dernière n'aura pas d'impact sur le fonctionnement de cette mare.

Cette mare est clairement délimitée, l'ouvrage de Beaugies-sous-Bois est prévu juste à l'amont de celle-ci.

Il est proposé de baliser cette zone pendant les travaux afin d'éviter tout impact pendant la phase chantier.

Il est rappelé ici que la zone sur inondée se trouve à l'amont de l'ouvrage et n'impactera donc pas la mare (figure 1 et 2). C'est pourquoi aucune mesure compensatoire n'a été proposée dans le dossier.

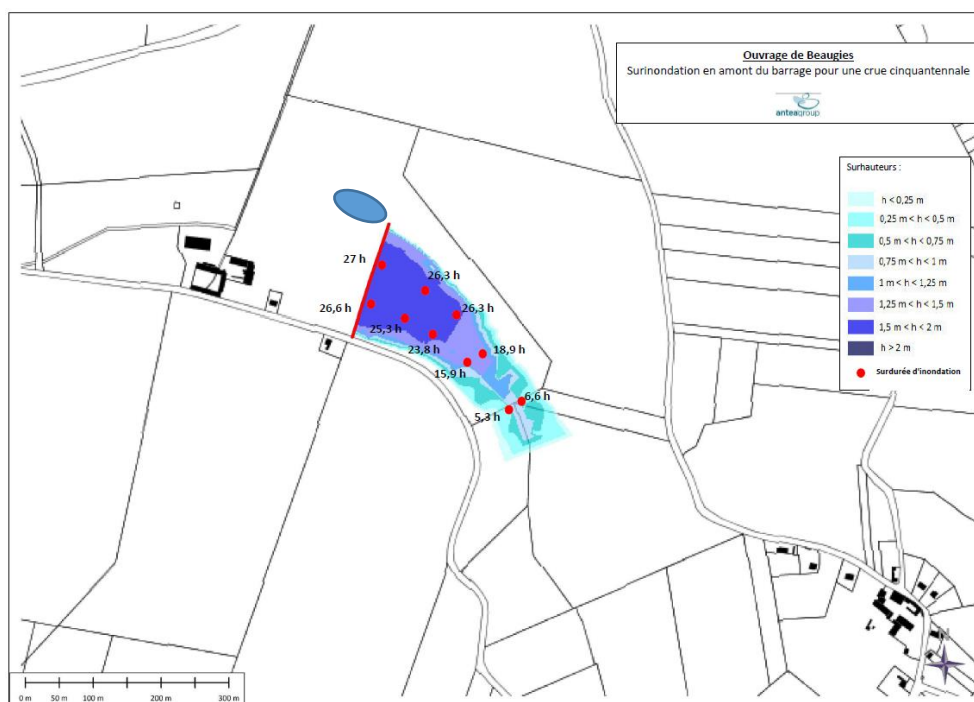


Figure 1 Extrait du rapport pro, ouvrage de Beaugies-sous-Bois sur fond cadastrale et localisation approximative de la mare.

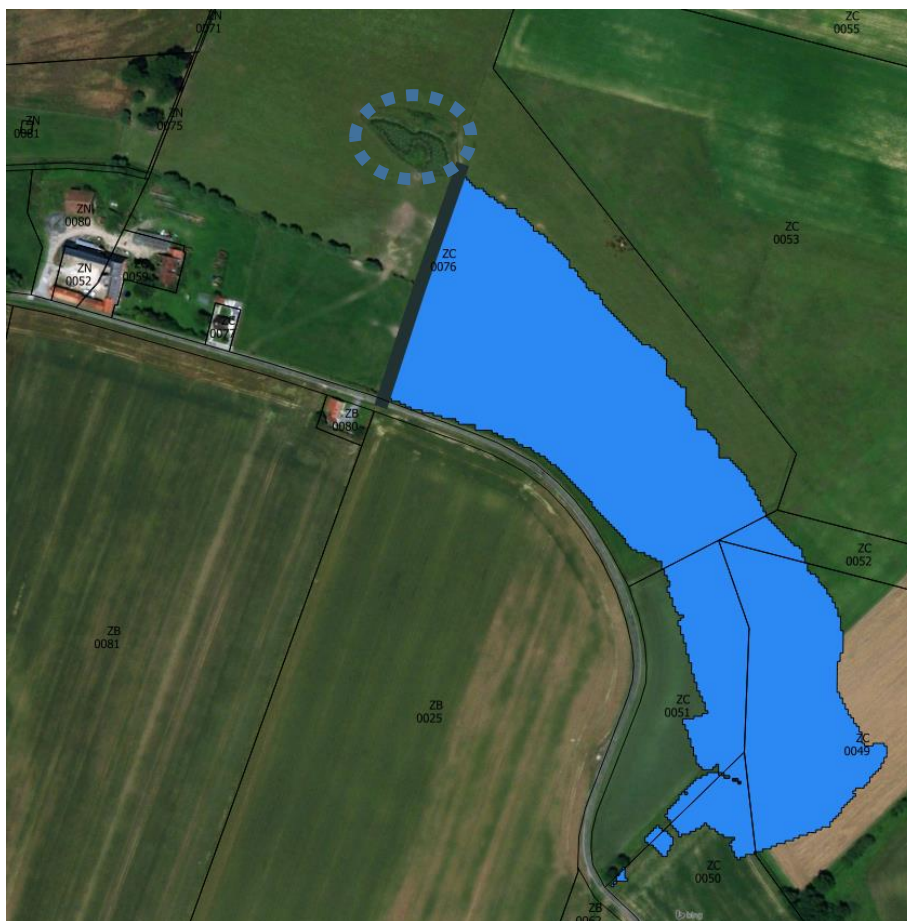


Figure 2: Ouvrage de Beaugies-sous-Bois zone de retenue des eaux et mare

1.2. Profil en long et tirants d'eau

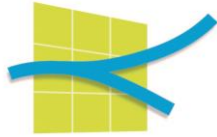
Les profils en long et en travers côtés du fond du lit sont en annexes du document. Les tirants d'eau pour Q_{MNA5} , module et $Q2$ sont fournis sur les profils en travers.

Les profils en long pour Q_{mna5} , le module et $Q2$ sont disponibles en annexes.

Les vitesses d'écoulement maximales dans les ouvrages limitants sont les suivantes :

Tableau 1 : vitesse d'écoulement dans les ouvrages

	Q_{MNA5}	module	$Q2$
Berlancourt	0,853 m/s	1,07 m/s	4,313 m/s
Beaugies-sous-Bois	0,695 m/s	0,891 m/s	2,46 m/s



Entente
Oise-Aisne

1.3. Continuité écologique au droit des ouvrages

1.3.1. Ouvrage de Beaugies-sous-Bois

Au droit de la Verse, la largeur de l'ouvrage est de 24 m pour une hauteur maximale de 4m. La largeur du lit de la Verse dans l'ouvrage de régulation **conservera les dimensions actuelles** donc une largeur de 1,90m. La Verse sera couverte uniquement au niveau du passage du chemin de service c'est-à-dire sur une largeur d'environ 3,80m. A l'aval de la vanne, la partie couverte a les dimensions suivantes : 1,90 m de large sur 3,80 m de longueur. Le fond du lit ne comportera pas de seuil.

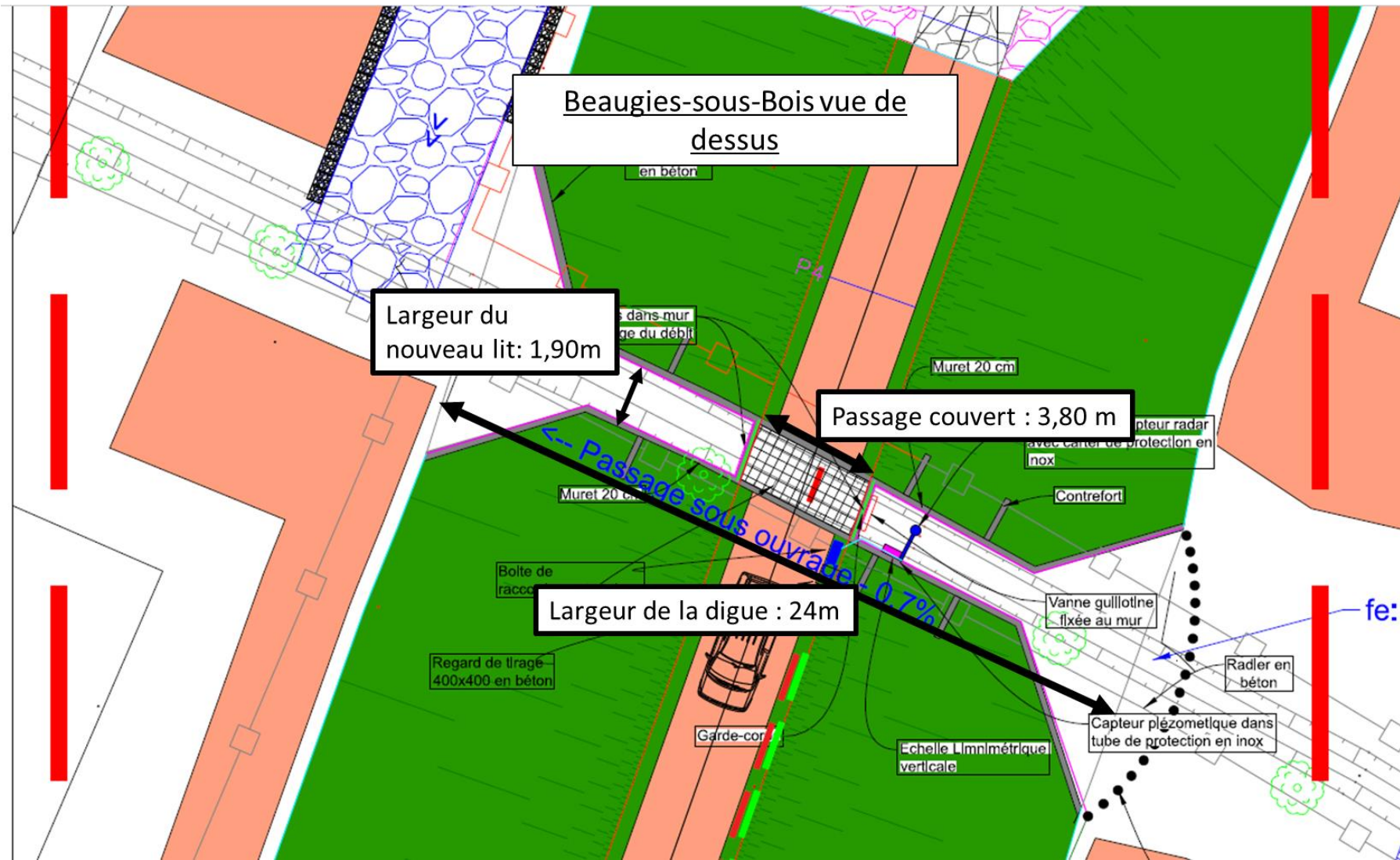


Figure 3 : Ouvrage de Beaugies-sous-Bois vue de dessus

Berlancourt coupe en travers

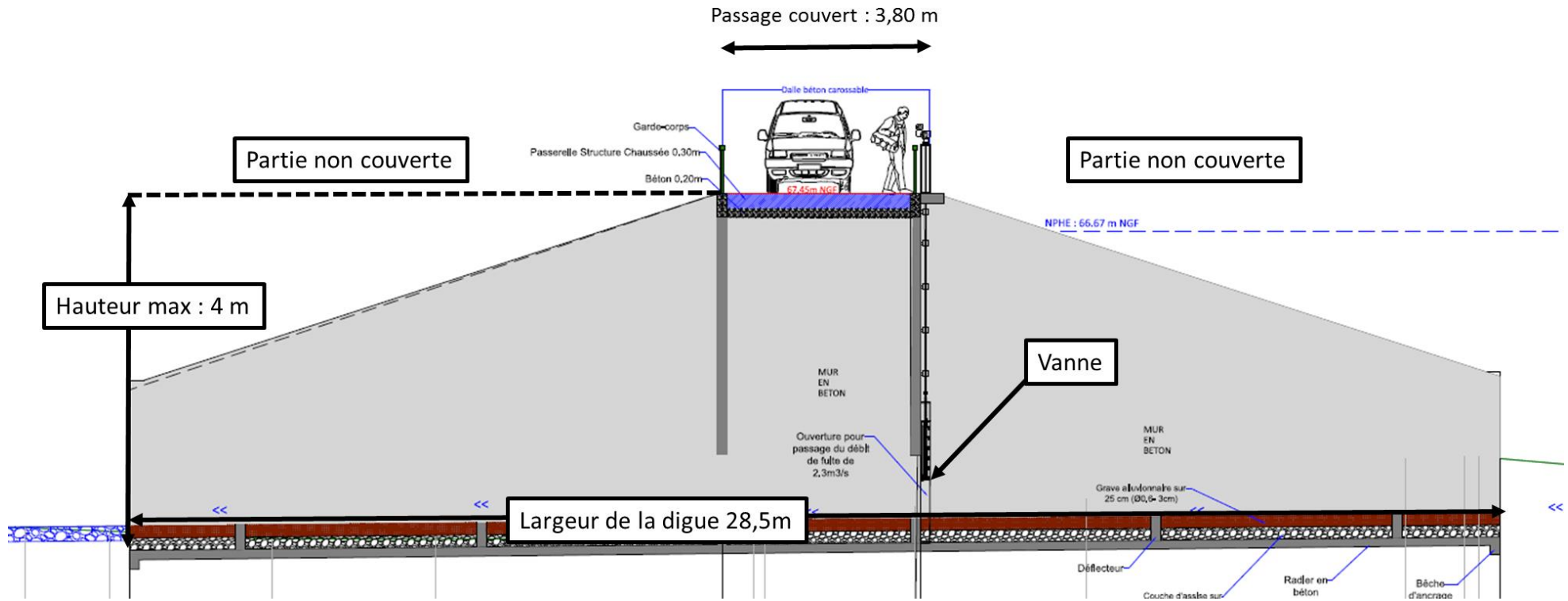


Figure 4 : Ouvrage de Beaugie-sous-Bois coupe en travers

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des dimensions de l'ouvrage de Beaugies-sous-Bois au droit de la Verse

Dimension de l'ouvrage de Beaugies-sous-Bois au droit de la Verse (en m)	
Hauteur de la digue	4
Largeur du nouveau lit	1,90
Longueur totale du nouveau lit	24
Longueur de nouveau lit couvert	3,8

Le nouveau fond du lit aura la même pente que le lit naturel de la Verse (0,53%) Le rapport de phase PRO proposait une couche de 25 cm de grave alluvionnaire. Le maître d'ouvrage n'est pas opposé à augmenter cette épaisseur à 30 cm. Le diamètre de cette grave pourra être précisément choisi une fois l'entreprise chantier sélectionnée, en accord avec le service instructeur. En l'état actuel, il est proposé de rester sur une gamme large de diamètre telle que proposée dans le rapport PRO : 0,6 cm à 3 cm.

Afin de créer un chenal préférentiel d'écoulement en période d'étiage, le maître d'ouvrage propose que la grave soit modelée de manière à former un lit le plus similaire possible à celui de la Verse actuelle. Des déflecteurs positionnés environ tous les 5 m seront placés dans le lit de la Verse et permettront de maintenir la grave en place.

1.3.2. Ouvrage de Berlancourt

Au droit de la Verse, la largeur de l'ouvrage est de 28,5 m pour une hauteur maximale de 4m. La largeur du lit de la Verse dans l'ouvrage de régulation **conservera les dimensions actuelles** et aura donc une largeur de 1,90 m. La Verse sera couverte uniquement au niveau du passage du chemin de service c'est-à-dire sur une largeur d'environ 3,80m. La vanne conservera à minima cette ouverture que ce soit en crue ou hors crue. A l'aval de la vanne, la partie couverte a les dimensions suivantes : 1 m de large sur 3,80 m de longueur. Le fond du lit ne comportera pas de seuil.

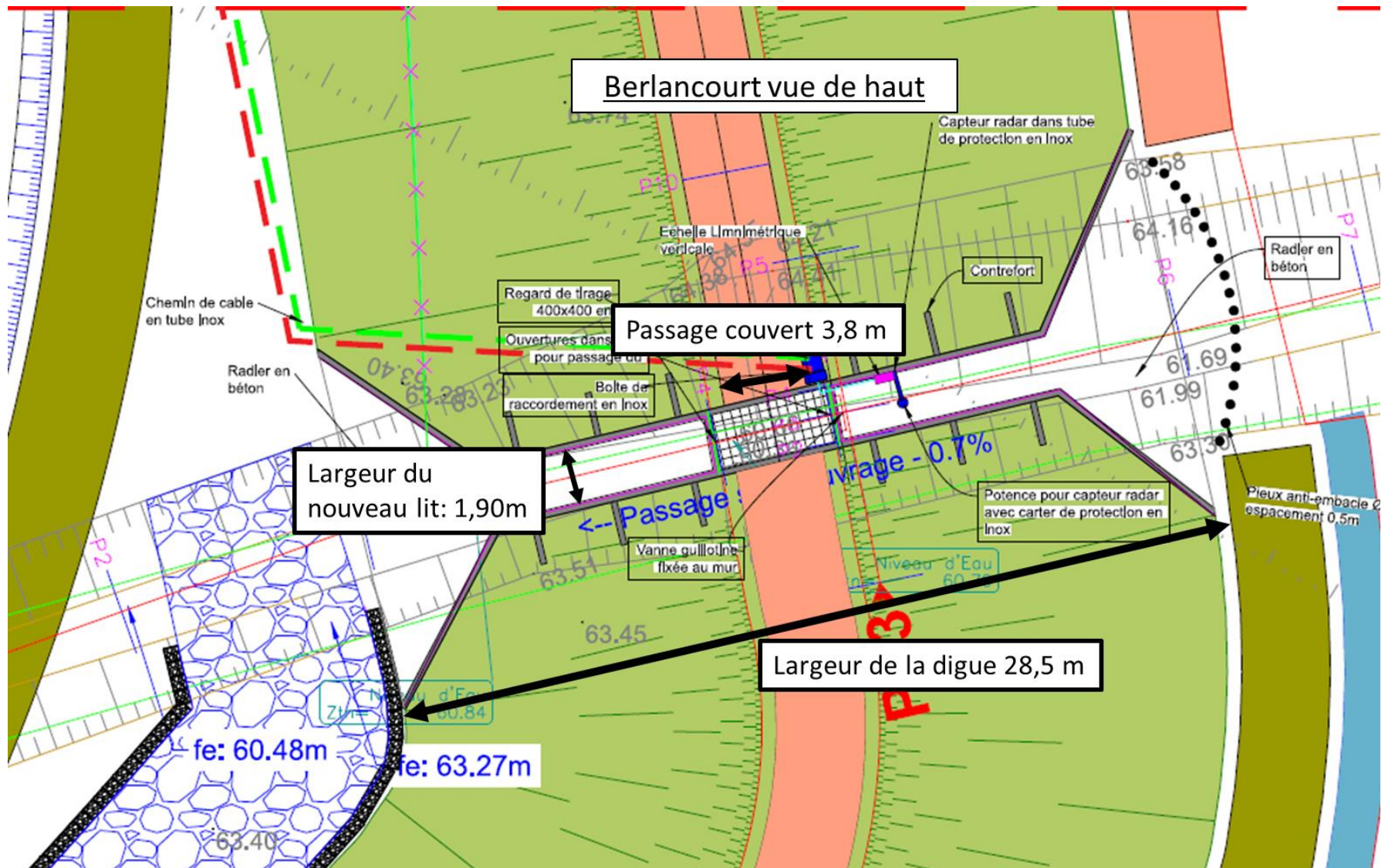


Figure 5 : Ouvrage de Berlancourt vue de dessus

Berlancourt coupe en travers

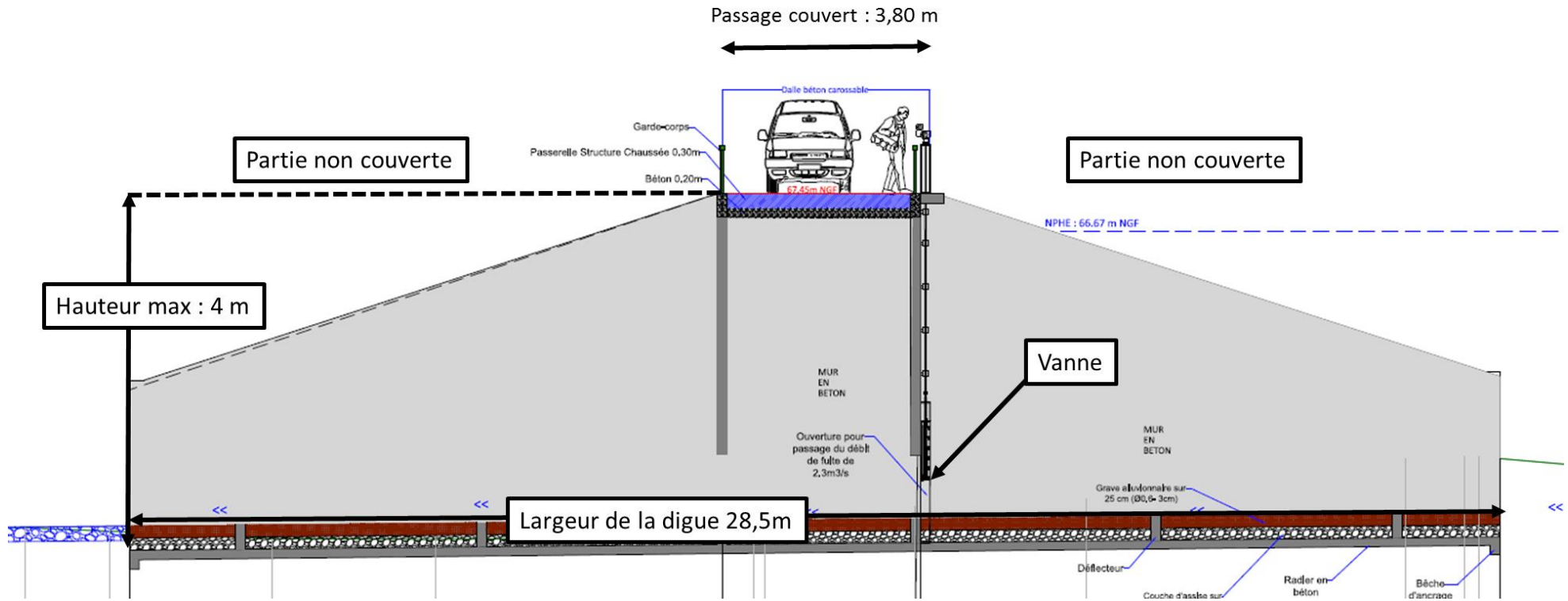


Figure 6 : ouvrage de Berlancourt coupe en travers

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des dimensions de l'ouvrage de Berlancourt au droit de la Verse

Dimension de l'ouvrage de Berlancourt au droit de la Verse (en m)	
Hauteur de la digue	4
Largeur du nouveau lit	1,90
Longueur totale du nouveau lit	28,5
Longueur de nouveau lit couvert	3,8

Le nouveau fond du lit aura la même pente que le lit naturel de la Verse (0,37%). Le rapport pro proposait une couche de 25 cm de grave alluvionnaire. Le maître d'ouvrage n'est pas opposé à augmenter cette épaisseur à 30 cm. Le diamètre de cette grave pourra être précisément choisi une fois l'entreprise chantier sélectionnée, en accord avec le service instructeur. En l'état actuel, il est proposé de rester sur une gamme large de diamètre telle que proposée dans le rapport PRO : 0,6 cm à 3 cm.

Afin de créer un chenal préférentiel d'écoulement en période d'étiage, le maître d'ouvrage propose que la grave soit modelée de manière à former un lit le plus similaire possible à celui de la Verse actuelle. Des déflecteurs seront positionnés environ tous les 5 m dans le nouveau lit de la Verse et permettront de maintenir la grave en place.

1.4. Dispositif anti embâcles

Un dispositif anti-embâcles est nécessaire à la sécurité de l'ouvrage. Il vise à éviter l'obstruction complète du passage sous la digue par un amoncellement important de végétation ou autres déchets pouvant être transportés durant une crue. Les pieux permettent de stopper les embâcles en amont de la vanne ce qui facilite leur retrait et évite un risque de détérioration de l'ouvrage. Les poteaux seront positionnés sur deux rangées et auront un espacement de 50 cm les uns des autres pour ne retenir que les objets/végétaux de taille importante.

L'Entente Oise-Aisne, en tant que gestionnaire de l'ouvrage, assurera l'entretien régulier du dispositif.

Par ailleurs, le même système de protection anti embâcles a été installé sur un de nos sites dans le département de l'Aisne (arrêté d'autorisation pris en décembre 2014).



Entente
Oise-Aisne



Figure 7 : Photo du dispositif anti embâcles sur le site de Montigny sous Marle, phase travaux (Aisne)



Entente
Oise-Aisne

1.5. Fosse de dissipation de l'énergie

Pour les ouvrages de Beaugies-sous-Bois et Berlancourt, les déversoirs sont prévus en gabions, et sont prolongés d'une fosse de dissipation de l'énergie qui mène jusqu'à la Verse. L'installation de la fosse de dissipation sur 50 m au pied du déversoir permet une dissipation de l'énergie maximale avant que l'écoulement n'arrive dans la Verse. Le chenal de raccordement entre la fosse et la Verse aura les mêmes caractéristiques (matelas gabions) que la fosse et assurera ainsi une dissipation complémentaire de l'énergie.

La fosse de dissipation (en bleu sur le plan) longe le déversoir (en rose sur le plan) et l'ouvrage puis rejoint la Verse. Le renforcement du lit de la Verse au niveau de la sortie de la fosse de dissipation est prévu afin de ne pas déstabiliser la berge opposée ni le fond du lit. La fosse de dissipation est installée le long de l'ouvrage pour limiter l'emprise des aménagements. Les déversoirs et fosses de dissipation associés ne seront mis en fonctionnement qu'en cas de crue supérieure à la crue centennale.

Les fossés situés en pied de parement amont des ouvrages serviront à guider l'écoulement pluvial vers la Verse hors période de crue et à limiter le temps de ressuyage des terrains après une crue.

1.5.1. Ouvrage de Beaugies-sous-Bois

Le déversoir de l'ouvrage de Beaugies-sous-Bois est dimensionné pour fonctionner au-delà d'une crue centennale. Le sommet du déversoir est à une altitude de 72,1 m NGF.



Entente
Oise-Aisne

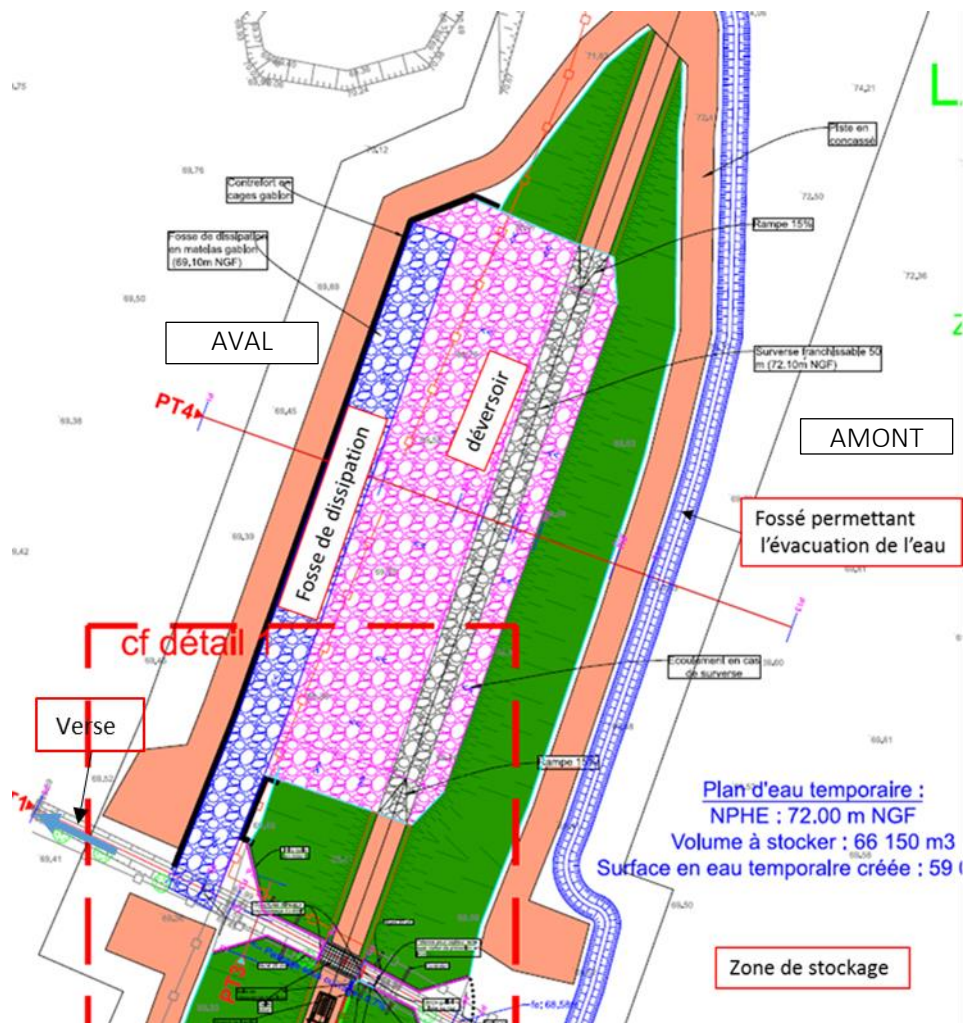


Figure 8: Zoom sur le déversoir et la fosse de dissipation de l'ouvrage de Beaugies-sous-Bois

Tableau 4 Ouvrage de Beaugies-sous-Bois dimension de la fosse de dissipation et du raccordement

Dimensions (en m) de la fosse de dissipation et du raccordement avec le cours d'eau de l'ouvrage de Beaugies-sous-Bois	
Longueur de la fosse	50
Largeur de la fosse	4,50
Profondeur	0,3<profondeur<0,5
Pente	2%
Longueur du chenal de raccordement	18



Entente
Oise-Aisne

1.5.2. Ouvrage de Berlancourt

Le déversoir de l'ouvrage de Berlancourt est dimensionné pour fonctionner au-delà d'une crue centennale. Le sommet du déversoir est à une altitude de 66,7 m NGF.

Tableau 5 : Ouvrage de Berlancourt dimension de la fosse de dissipation et du raccordement

Dimensions (en m) de la fosse de dissipation et du raccordement avec le cours d'eau de l'ouvrage de Berlancourt	
Longueur de la fosse	50,5
Largeur de la fosse	6,50
Profondeur	0,3<profondeur<1
Pente	2%
Longueur du chenal de raccordement	12

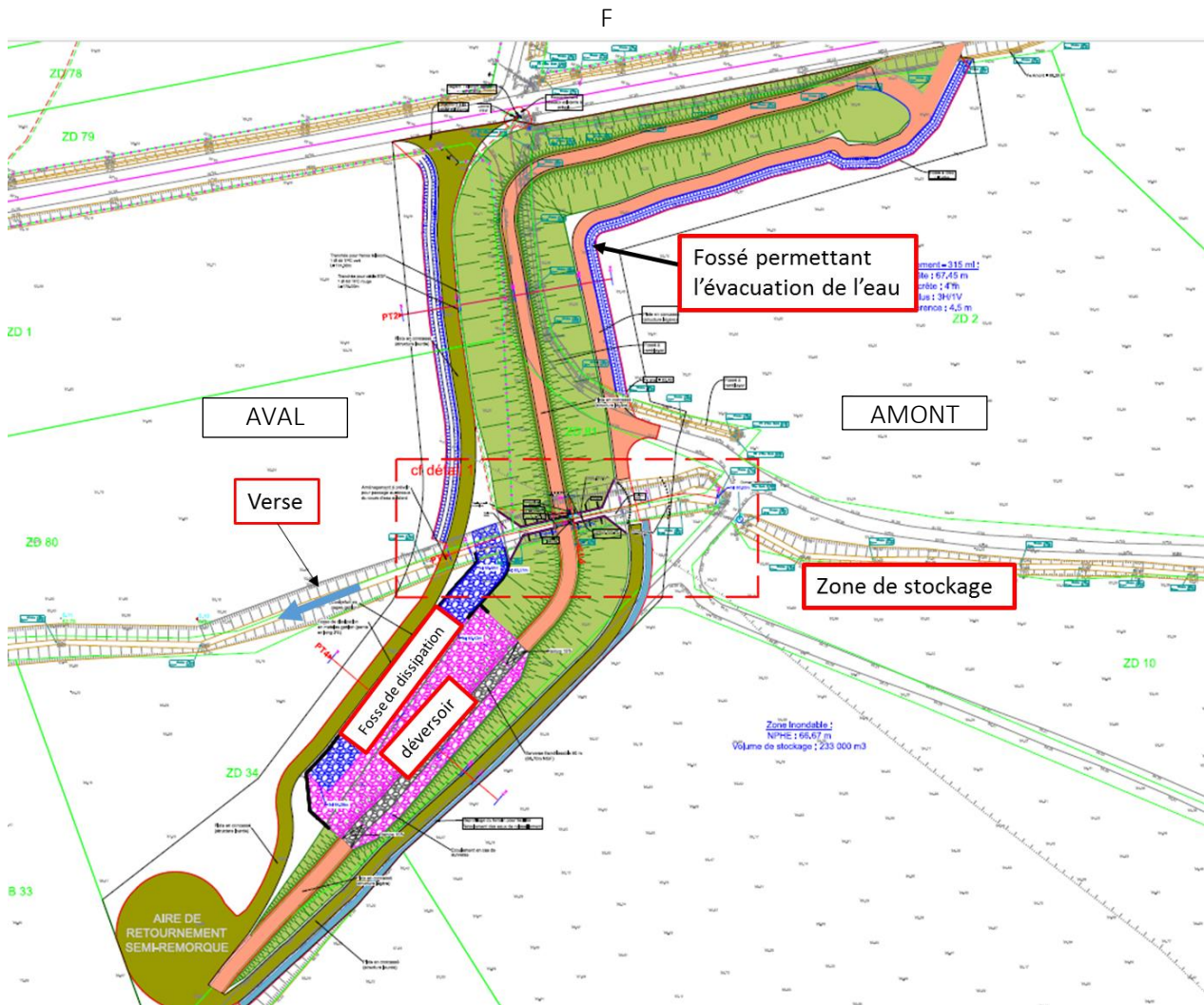


Figure 9 : Zoom sur le déversoir et la fosse de dissipation de l'ouvrage de Berlaucourt

1.6. Zone d'installation en phase chantier

Pour les deux ouvrages, les zones de chantiers (stockage, base de vie...) n'ont pas encore été précisément identifiées à ce stade. Il appartiendra aux entreprises travaux de définir les zones les plus fonctionnelles suivant des préconisations qui leurs seront imposées dans le cahier des charges. Notamment, les zones inondables ou à forte valeur écologique seront exclues des zones potentielles de stockage ou pour les plateformes de chantier.

Ces zones de chantier seront placées à proximité immédiates des voies d'accès et au plus proche des sites. Ainsi, nous pouvons dès à présent proposer plusieurs secteurs potentiels.

En cas d'export des déblais, un plan de gestion et de suivi de ces déchets sera établi et consultable par les services de contrôle.



Entente
Oise-Aisne

1.6.1. Beaugies-sous-Bois

Selon le PPRi du bassin versant de la Verse, approuvé le 01/09/2017, les zones inondables autour du projet de Beaugies-Sous-Bois sont les suivantes :

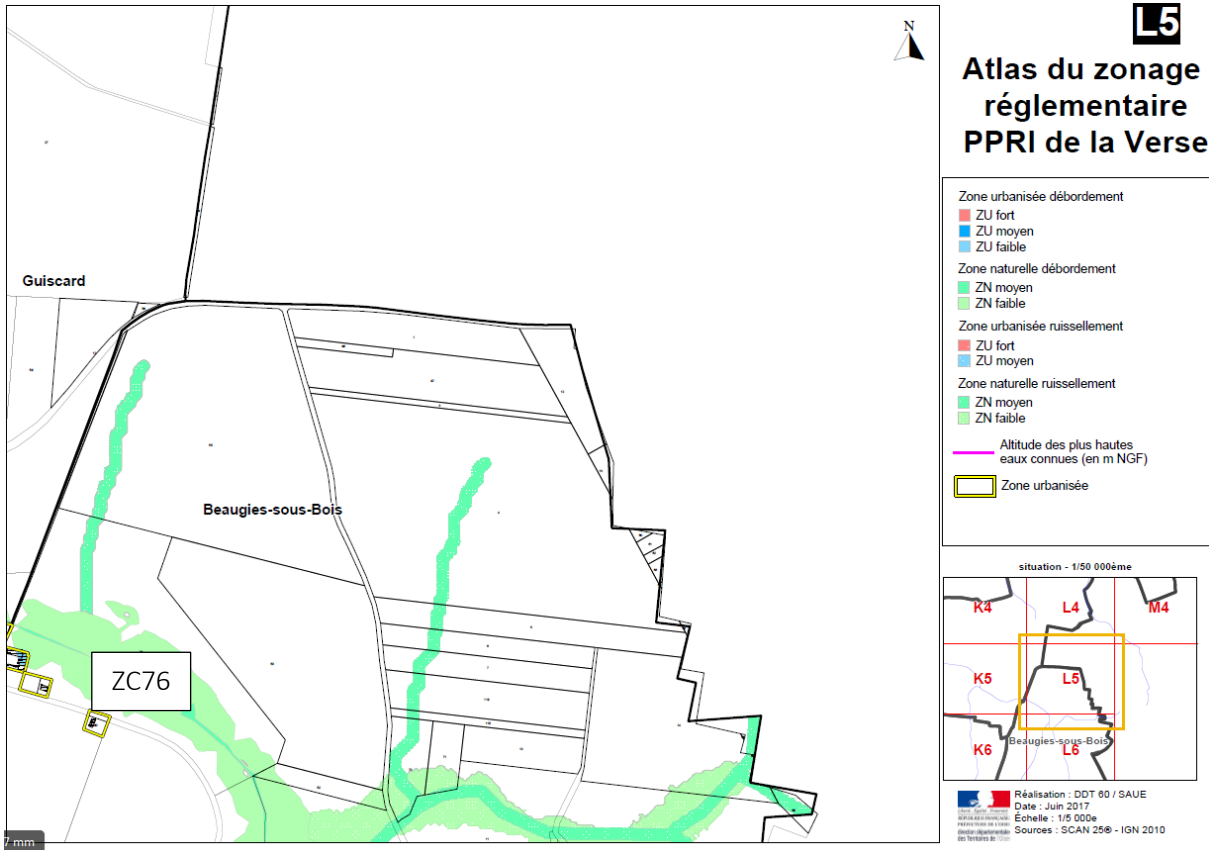


Figure 10 : Extrait d PPRi de la Verse, zone inondable à proximité du projet de Beaugies-sous-Bois



Entente
Oise-Aisne

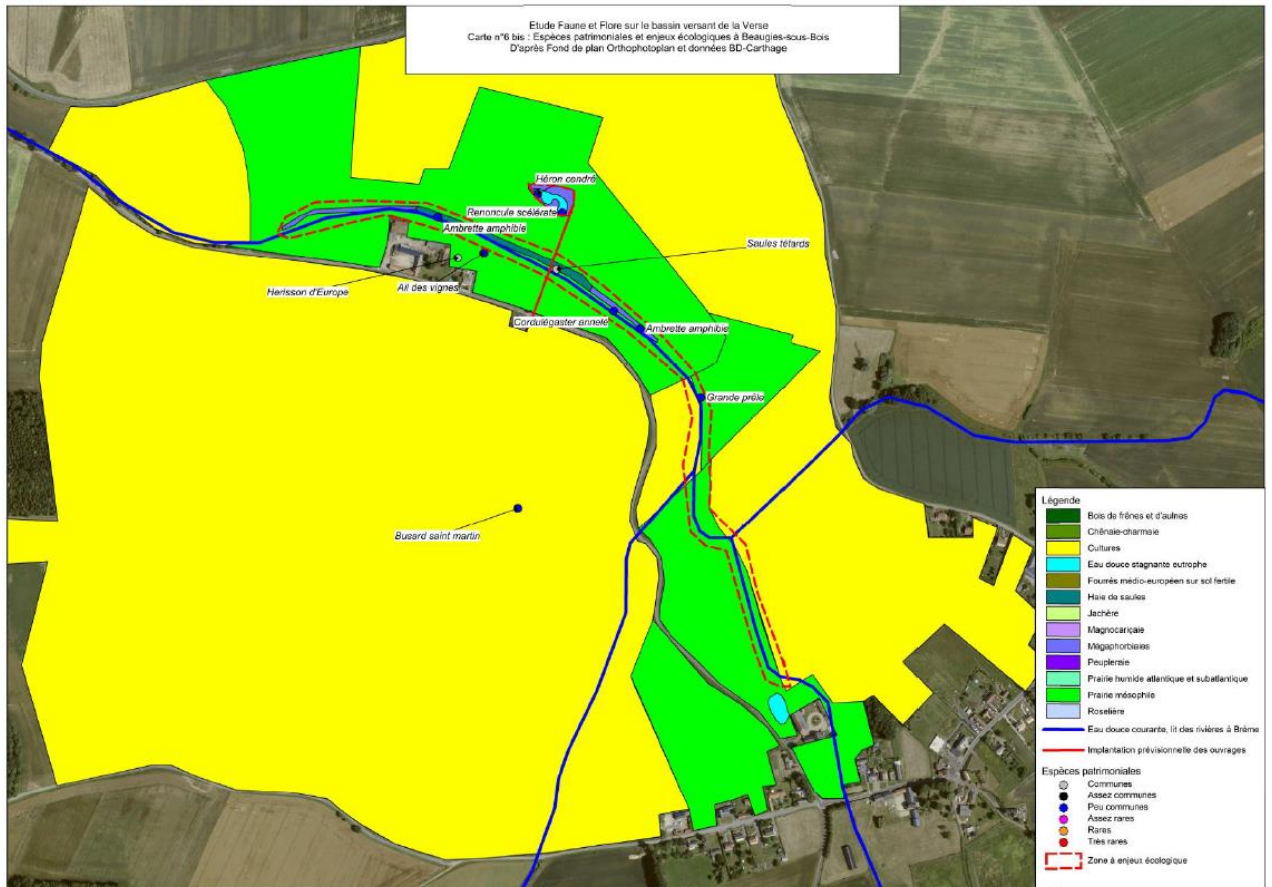


Figure 11 : Etude Faune et Flore sur le bassin versant de la Verse.

La parcelle ZC 76 (sur laquelle l'ouvrage est prévu), a été identifiée comme prairie mésophile, de plus, elle est en grande partie inondable. Les zones de stockage et de base de vie seront situées à proximité du chantier, de préférence proche des accès existants et en dehors des zones à fort enjeux écologiques et des zones inondables.



Entente
Oise-Aisne

1.6.2. Berlancourt

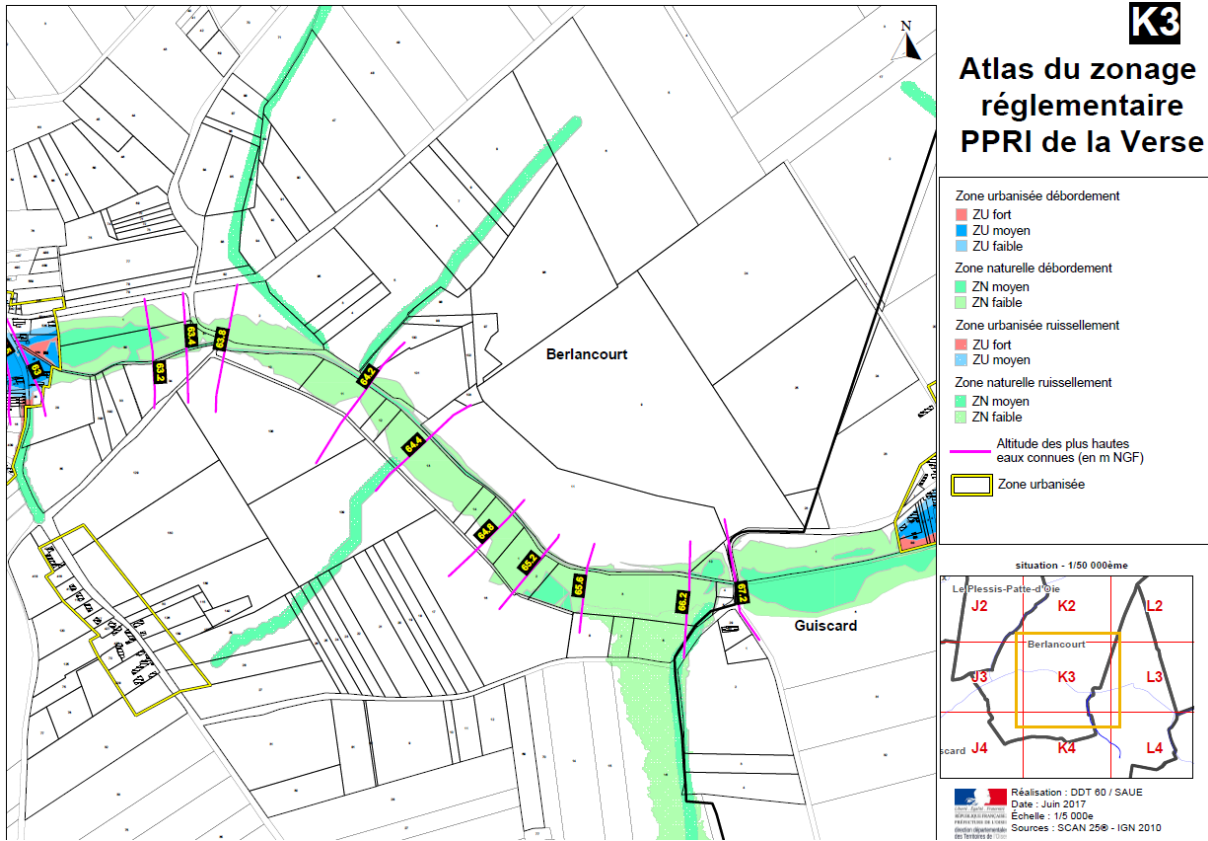
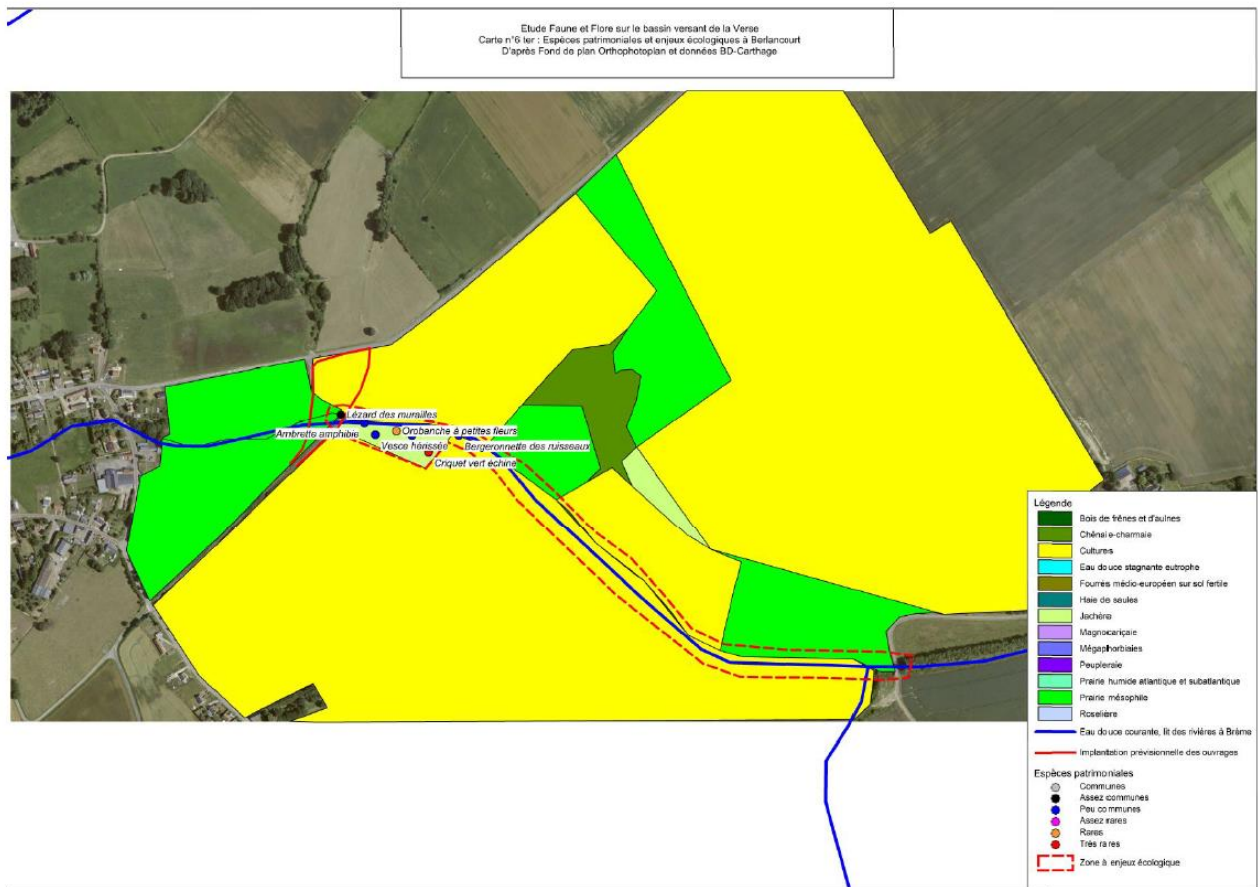


Figure 12 : Extrait de PPRI de la Verse, zone inondable à proximité du projet de Berlancourt



Entente
Oise-Aisne



Sur Berlancourt, plusieurs parcelles agricoles se trouvent à proximité de la zone de construction, il appartiendra donc à l'entreprise travaux d'identifier la ou les parcelles qui paraissent les plus adaptées au chantier suivant les préconisations du cahier des charges. Comme pour Beaugies les zones de stockage et de base de vie seront situées à proximité du chantier, de préférence proche des accès existants et en dehors des zones à fort enjeux écologiques et des zones inondables.

1.7. Suivi de la qualité physico-chimique de la Verse et des habitats, de la faune et de la flore

Comme indiqué dans la partie V Mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) de l'étude d'impact, nous proposons de réaliser un suivi de la qualité des eaux de la Verse en phase chantier (qualité de l'eau, suivi biologique et pêche de sauvegarde si besoin).

En ce qui concerne les habitats, la faune et la flore, nous proposons de réaliser un suivi pendant les travaux par un écologue ainsi qu'un suivi les années n+1 et n+5.

Evaluation des points de raccordements, érosion et franchissabilité piscicole.

Ces ouvrages sont classés C au titre de l'article R214-112 du code de l'environnement. L'Entente Oise Aisne a réalisé un règlement d'eau pour chacun des ouvrages, ceux-ci précisent que des inspections générales seront réalisées à minima tous les trimestres. Il est proposé ici que l'agent qui réalise les visites



Entente
Oise-Aisne

évalue annuellement les potentialités d'érosion régressive et progressive, l'état du substrat dans l'ouvrage ainsi que la franchissabilité piscicole.

2. Risques hydrauliques

2.1. Demande 1 : Compétence Prévention de Inondations

La Communauté de Communes de Pays du Noyonnais a délibéré le 4 Juillet 2019 pour son adhésion à l'Entente Oise Aisne. Cette adhésion prendra effet à partir du 1^{er} janvier 2020. Ainsi l'Entente Oise-Aisne portera les travaux de construction des aménagements sous sa maîtrise d'ouvrage via le transfert de la compétence de prévention des inondations (item 5 du L211-7 du code de l'environnement par la communauté de communes.

2.2. Demande 2 : Axe 7 du PAPI de la Verse

A la suite de l'avenant n°2 à la convention cadre du PAPI, 2 actions sont prévues à l'axe 7.

2.2.1. Action 7-1 : Protections rapprochées à Noyon (action initialement prévue au PAPI)

Réalisation d'un muret (d'une hauteur de 40 cm par rapport au terrain naturel) en fond de jardin des propriétés privées pour la protection des logements du quartier Saint Blaise à Noyon.

Cet aménagement a pour objectif de réduire la vulnérabilité des enjeux face aux inondations de la Verse et de l'Oise. Il a pour vocation de mettre hors d'eau une dizaine d'habitation pour une crue quinquennale. Au vu du faible nombre de personnes protégées (moins de 30) et sous réserve de modifications de la réglementation, le muret ne sera pas classé en tant que système d'endiguement.

Cette action a une échéance de réalisation portée par l'avenant n° 2 à 2020. Cette action n'est pas liée directement aux ouvrages de régulation des crues.



Entente
Oise-Aisne

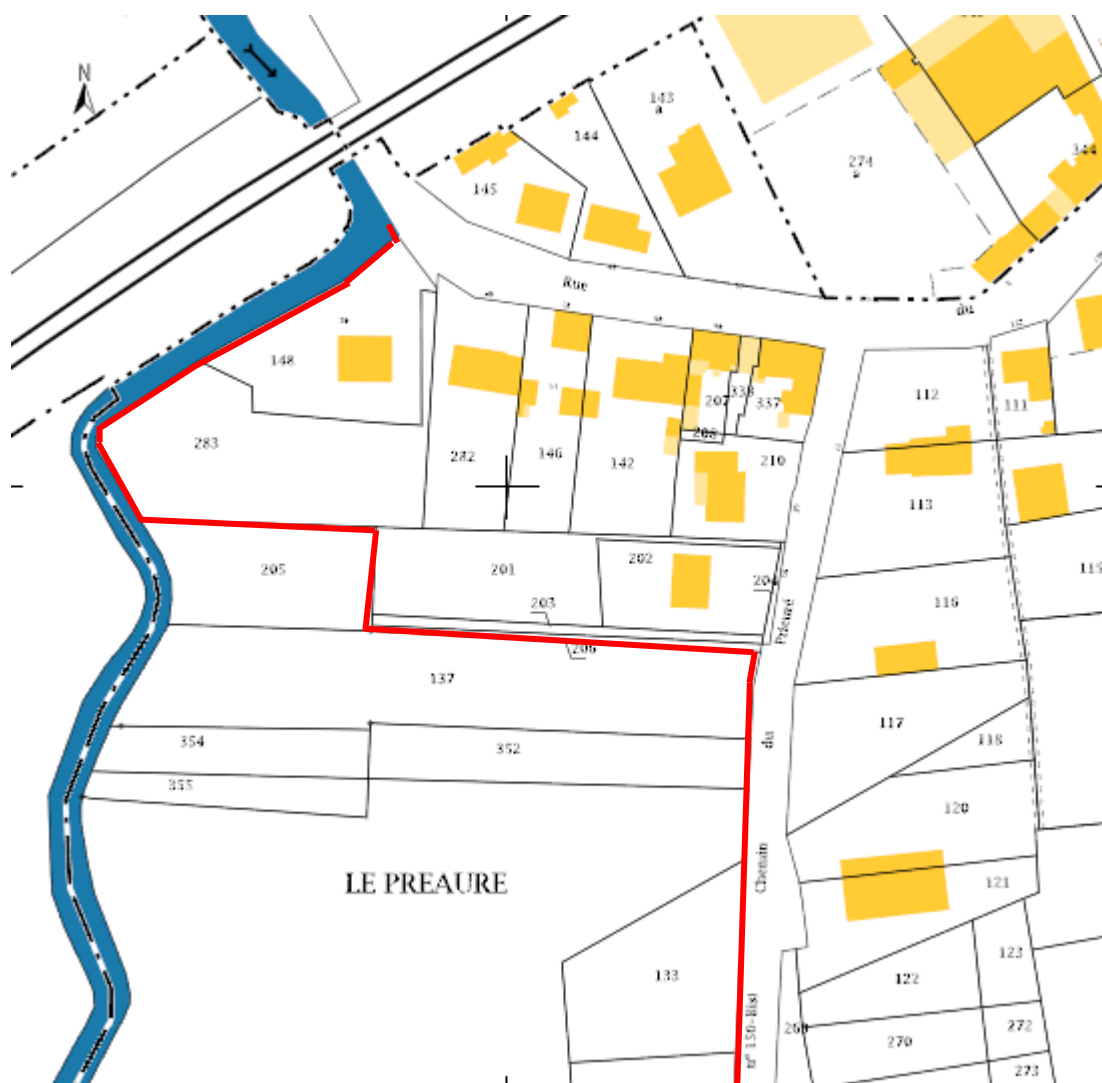


Figure 13 : Localisation initiale de la protection rapprochée du quartier Saint Blaise à Noyon

2.2.2. Action 7-2 Protections rapprochées à Muirancourt

Suite à l'abandon de la remise à ciel ouvert du Ru de la Fontaine Caboche (action 6-2), des protections rapprochées ont été proposées à Muirancourt. En particulier, un muret de protection contre le débordement du ru de la Fontaine Caboche, un affluent de la Verse, est à l'étude. Les caractéristiques de ces protections ne sont pas encore arrêtées. Le niveau de la protection n'est pas lié à la réalisation des ouvrages de Beaugies-sous-Bois et Berlancourt.

Au vu du faible nombre de personnes protégées (moins de 30) et sous réserve de modifications de la réglementation, le muret ne sera pas classé en système d'endiguement.



Entente
Oise-Aisne

2.3. Demande sans réf. – Compléments d’investigations

Pour l’ouvrage de Beaugies-sous-Bois, 6 sondages ont été réalisés pour un linéaire de 180 m et une hauteur moyenne de 3,20 m.

Pour l’ouvrage de Berlancourt, 14 sondages ont été réalisés pour un linéaire de 315m et une hauteur de 3,70m.

Les préconisations de l’union syndicale de Géotechnique (SYNTEC) pour la consistance des investigations géotechniques pour les études de conception G2 sont les suivantes :

Ouvrage concerné		Programme minimal des investigations géotechniques lors des études géotechniques de conception G2		
		Maille en phase PRO (intégrant reconnaissances des phases et missions précédentes)	Dont Maille en phase AVP	Profondeur
Ouvrages linéaires	Réseaux enterrés	1 point de reconnaissance tous les 100 ml	selon contexte	1 m sous fond de fouille prévu
	Route / Tramway / digue < 3 m	1 point de reconnaissance tous les 100 ml	selon contexte	5 m sous niveau fini, avec 5m minimum sous TN initial
	Autoroute / Ligne ferroviaire	1 point de reconnaissance tous les 100 ml	selon contexte	5 m sous niveau fini, avec 5m minimum sous TN initial
	Quai / Port / digue > 3 m mur soutènement > 3 m	2 points de reconnaissance (profil) tous les 50 ml	selon contexte	5 m dans substratum

Figure 14 : Extrait du tableau SYNTEC pour la densité d’investigations à mettre en œuvre, selon la nature des ouvrages

Les investigations géotechniques ont été quantifiées en accord avec les règles de l’art pour ce type d’ouvrage.

2.4. Demande 3 : Aléa remontée de nappe

Sols d’assise des digues :

Les sols d’assise des digues seront constitués d’alluvions. La perméabilité de ses matériaux a été testée en laboratoire et est de $1,1 \times 10^{-9}$ m/s sur Beaugies-sous-Bois et $1,8 \times 10^{-10}$ m/s sur Berlancourt.

La perméabilité de base de ses matériaux peut donc être considérée comme très faible. Dans ce type de terrain, le phénomène de Renard peut être négligé, celui-ci ayant lieu dans des ouvrages fondés sur des couches relativement perméables.

Toutefois, la présence de lentille de matériaux plus sableux est possible au droit des ouvrages. Afin d’éviter cet aléa, l’assise de l’ensemble des digues sera décapée sur une épaisseur de 50 cm minimum, voire 1 m au centre de celles-ci. Les fonds de fouille feront l’objet d’un point d’arrêt, avec réception du support, pour identifier la présence ou non de lentille sableuse et prévoir des substitutions en cas de besoin. Les substitutions et les décapages seront remblayés avec des matériaux de perméabilité inférieure à 1×10^{-7} m/s. Ces dispositions permettront d’avoir une assise homogène de faible perméabilité.

De plus, sur Berlancourt où des faciès sensiblement plus sableux ont été mis en évidence, nous avons prévu, en cas de besoin, la réalisation de masque en pied du parement aval, afin de réduire l’aléa de circulation préférentielle d’eau provenant de l’amont de l’ouvrage.



Entente
Oise-Aisne

Saturation des matériaux constitutifs de la digue :

La justification est fournie dans la partie 2.10 érosion interne, externe et pression interstitielle.

2.5. Demande 4 : Aléa retrait gonflement des argiles

Le principal risque lié à l'aléa retrait gonflement est le risque de tassement différentiel pouvant à terme générer une fissuration des ouvrages.

2.5.1. Complément de caractérisation de l'aléa :

Retrait gonflement en situation normale

Aucun arrêté de catastrophe naturelle vis-à-vis de l'aléa retrait gonflement n'a été établi pour les communes étudiées.

L'aléa retrait gonflement se caractérise principalement sur la frange superficielle de matériaux argileux gonflants soumis aux éléments. C'est en général le contraste entre les terrains « exposés » en périphérie d'ouvrage et ceux « moins exposés » situés sous les aménagements qui est source de tassements différentiels.

Par ailleurs, la sensibilité à la fissuration d'un ouvrage est plus faible pour un ouvrage en remblai que pour une structure rigide, le matériau pouvant se restructurer sous son poids propre dans le cas d'un remblai. Sur les ouvrages du projet, il n'y aura pas de contraste brutal des conditions hydriques sous l'ouvrage (talus en terre, faibles pentes).

Pour limiter le risque de tassement différentiel entre le dallage de l'ouvrage hydraulique et le remblai de digue, nous avons prévu, quand cela s'avérerait nécessaire, la réalisation d'un préchargement au droit de l'ouvrage hydraulique, par la réalisation, dans un premier temps, d'un remblai au droit de l'ouvrage hydraulique, avec une buse provisoire pour permettre la transparence hydraulique de l'ouvrage, puis le retrait de celui-ci pour la réalisation de l'ouvrage hydraulique, une fois les tassements admissibles atteints (cf. § Caractérisation de la compressibilité des sols).

Retrait gonflement lié à la mise en charge de l'ouvrage

Compte-tenu de la faible perméabilité des matériaux d'assise des digues et la faible durée de remplissage des ouvrages (1 chance sur 100 par an d'être en eau 40,1h), l'impact de la variation de la teneur en eau des matériaux d'assise lié à la mise en eau de ceux-ci est négligeable.

Enfin, le risque est également appréhendé dans les **préconisations de suivi des ouvrages**, le projet prévoyant la mise en place d'inclinomètres et de cibles topographiques pour en réaliser l'auscultation.



Entente Oise-Aisne

2.5.2. Caractérisation de la compressibilité des sols

Beaugies-sous-Bois

L'essai oedométrique réalisé au droit de ce site montre que le paramètre $C_c/(1+e_0) = 0,08$. Or, lorsque $0,015 < C_c/(1+e_0) < 0,05$, les sols sont considérés comme **peu compressibles**.

De plus, les tassements calculés (voir *partie 2.8 Vérification des tassements*) avec des matériaux de perméabilité inférieure sont de l'ordre de 3 cm, soit $< 1\%$ de la hauteur totale du remblai courant, ce qui est admissible selon les recommandations CFBR.

Dans ces conditions, aucun préchargement n'est prévu. Le remblai de la digue et l'ouvrage hydraulique seront réalisés en parallèle.

Berlancourt

Les essais oedométriques réalisés au droit de ce site montrent que le paramètre $C_c/(1+e_0)$ est compris entre 0,017 et 0,14, ce qui correspond à des sols **peu à moyennement compressibles**.

Les tassements estimés au droit de l'ouvrage de Berlancourt sont de l'ordre de 8 cm sous 4,5 m de remblais (voir calcul Foxta).

Dans ce cas, nous prévoyons la réalisation d'un **préchargement** au droit de l'ouvrage hydraulique de la digue, pour atteindre un niveau de tassements acceptables selon les préconisations CFBR (voir *partie 2.8 Vérification des tassements*).

2.6. Demande 5 : Vérification sismique

Les ouvrages de Beaugies-sous-Bois et Berlancourt sont situés en zone de sismicité 1 et sont des ouvrages de classe C.

Dans un premier temps, selon le point 13 du chapitre IV annexe I de l'arrêté du 6 août 2018 :

► Chapitre IV : COMPORTEMENT DU BARRAGE LORS D'UN SÉISME

13. La situation de séisme correspondant à l'occurrence du séisme dit « séisme d'évaluation de la sécurité » (SES) est justifiée comme une situation extrême au sens du chapitre Ier. Cette justification n'est toutefois pas requise pour un barrage localisé dans une zone de sismicité 1 ou 2 ni pour un barrage de classe C localisé en zone de sismicité 3.

14. L'action sismique correspondant au séisme est évaluée au choix par une approche dite « forfaitaire » décrite au 15, ou par une étude spécifique décrite au 16, dans le respect des prescriptions mentionnées aux 17 à 19 du présent chapitre.

15. Le présent article ne s'applique que pour l'approche forfaitaire. Celle-ci consiste à fixer l'action sismique SES selon, d'une part, la classe du barrage et, d'autre part, la zone de sismicité dans laquelle est implanté le barrage, au sens du zonage réglementaire défini par les articles [R.563-4](#) et [D.563-8-1](#) du code de l'environnement.

Le mouvement dû au séisme, à partir duquel le dimensionnement est appliqué, est représenté par un spectre de réponse élastique en accélération, dénommé par la suite « spectre de réponse élastique ».

Ce paragraphe indique qu'en zone de sismicité 1 et 2, la justification SES n'est pas requise.

Dans un second temps, au point 37 du paragraphe IX du même arrêté :

37.- Pour les barrages de classe A dans les zones de sismicité 1 et 2, de classe B dans les zones de sismicité 1 à 3, de classe C dans les zones 1 à 5, l'action sismique est évaluée au choix par une étude spécifique ou par référence à une approche forfaitaire. Dans ce dernier cas, les prescriptions prévues au 15 du chapitre IV de l'annexe I pour l'approche forfaitaire s'appliquent avec les accélérations ci-après :



Entente Oise-Aisne

Pour un barrage de classe C :

Zone de sismicité	Accélérations horizontales pour le SES (en m/s ²)	Accélérations verticales pour le SES (en m/s ²)
1	0,5	0,5
2	0,9	0,8
3	1,4	1,3
4	2,0	1,8
5	3,5	2,8

En cas d'étude probabiliste, le temps de retour est de 5000 ans pour un barrage de classe A, de 2500 ans pour un barrage de classe B et de 1000 ans pour un barrage de classe C.

Pour les barrages de classe A et B, lorsque tout ou partie des conclusions de l'étude spécifique sont moins sévères que l'approche forfaitaire, l'étude spécifique est admissible dans les mêmes limites que celles fixées au 36 ci-avant.

Pour les barrages de classe C, lorsque tout ou partie des conclusions de l'étude spécifique sont moins sévères que l'approche forfaitaire, l'étude spécifique est admissible.

Ce paragraphe indique que pour un barrage de classe C dans les zones 1 à 5, le choix de l'étude de l'action sismique est laissé libre entre une étude spécifique ou une référence à une approche forfaitaire. Pour l'approche forfaitaire, ce paragraphe renvoie au paragraphe IX dans lequel il est indiqué que pour les barrages en zone de sismicité 1 et 2, la justification SES n'est pas requise.

De plus, il est précisé que, pour un barrage de classe C, si la justification a été faite par le biais d'une étude spécifique, si les conclusions sont toutes ou parties moins défavorables que l'approche forfaitaire (qui n'est pas requise en zone de sismicité 1 et 2), l'étude spécifique est admissible.

La première approche, qui est également celle des Eurocode 8, est celle que nous avons présentée précédemment, à savoir qu'en zone de sismicité 1 et 2, la justification au séisme des ouvrages n'est pas requise.

Toutefois, nous avons effectué, dans le cadre de la vérification de la stabilité des ouvrages, des calculs au séisme, avec les hypothèses suivantes :

- Classe de sols E : $S = 1,8$,
- catégorie d'importance : III,
- coefficient d'importance $\gamma_1 = 1,2$,
- accélération horizontale et verticale pour le SES : $0,5 \text{ m/s}^2$.

Les coefficients sismiques horizontal et vertical à prendre en compte dans l'analyse pseudo-statique de stabilité, déterminés suivant l'Eurocode 8 - Partie 5 sont les suivants :

- $k_h = 0,5 \times \frac{a_g}{g} \times S = 0,5 \times \frac{\gamma_1 \times a_{gr}}{10 \text{ m/s}^2} \times S = 0,5 \times \frac{1,2 \times 0,5}{10} \times 1,8 = 0,05$ ($\rightarrow a_h/g$ dans TALREN 5[®]),
- $k_v = k_h = \pm 0,054$ ($\rightarrow a_v/g$ dans TALREN 5[®]).

Les résultats sont fournis dans le chapitre 2.9 Vérification au glissement.



Entente
Oise-Aisne

2.7. Demande 6 : Vérification du non poinçonnement

Etat limite ultime de défaut de portance de la fondation :

Selon le paragraphe 4.6.2 des « Recommandation pour la justification des barrages et des digues en remblai », la méthode de vérification du non-poinçonnement est la suivante :

$$q_u / \gamma_R > \gamma_d q$$

Avec :

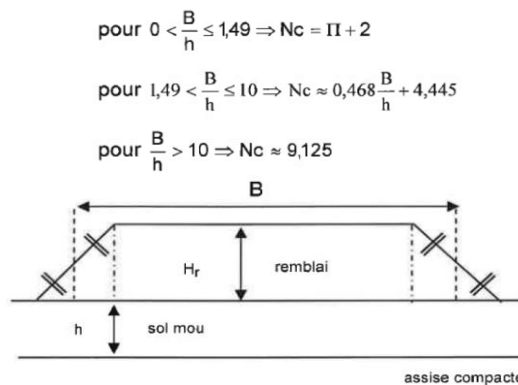
$$q = \gamma_r H_r$$

$$\gamma_r = 1,4$$

$$\gamma_d = 1,2$$

$$q_u = C_u N_c \text{ (méthode de Mandel et Salençon)}$$

N_c fonction de B et h , définis dans le schéma ci-dessous :



Où N_c approximé par $4 + 0,5 B/h$ (la valeur la plus défavorable de N_c sera prise en compte dans le calcul).

2.7.1. Ouvrage de Beaugies-sous-Bois :

$B = 14,5$ m (largeur maximum de la digue = 25 m), $h = 9,6$ m, d'où $N_c = 5,14$ (méthode 1) ou $N_c = 4 + 14,5/9,6 = 5,5$.

$$q = \gamma_r H_r = 20 \times 3,5 = 70 \text{ kPa}$$

C_u : en l'absence d'essais de cisaillement court terme, la cohésion non drainée C_u des formations superficielles lâches (limons +/- argileux et/ou sableux...) a été estimée à partir de la corrélation de AMAR & JEZEQUEL, citée par AMAR & al. [AMAR, 1991] :

$$C_u \approx \frac{Pl}{5,5} \quad \text{lorsque } Pl < 0,3 \text{ MPa} ; C_u \approx \frac{Pl}{10} + 0,025 \quad \text{lorsque } Pl > 0,3 \text{ MPa}$$

De façon sécuritaire, la Pl min des alluvions modernes a été prise en compte dans les calculs, soit 0,24 MPa, on obtient alors une $C_u = 0,24/5,5 = 44$ kPa.

On obtient donc :

$$q_u / \gamma_R > \gamma_d q$$

$$44 \times 5,14 / 1,4 = 161 \text{ kPa} \gg \gg 1,2 \times 20 \times 3,5 = 84 \text{ kPa}$$

Le non poinçonnement des sols d'assise de la digue de Beaugies-sous-Bois est vérifié.

2.7.2. Ouvrage de Berlancourt :

$B = 17 \text{ m}$ (largeur max de la digue = 30 m), $h = 5,4 \text{ m}$, d'où $N_c = 5,9$ (méthode 1) ou $N_c = 4 + 17/5,4 = 7,1$.

$$q = \gamma_r H_r = 20 \times 4,5 = 90 \text{ kPa}$$

C_u : en l'absence d'essais de cisaillement court terme, la cohésion non drainée C_u des formations superficielles lâches (limons +/- argileux et/ou sableux...) a été estimée à partir de la corrélation de AMAR & JEZEQUEL, citée par AMAR & al. [AMAR, 1991] :

$$C_u \approx \frac{PI}{5,5} \text{ lorsque } PI < 0,3 \text{ MPa} ; C_u \approx \frac{PI}{10} + 0,025 \text{ lorsque } PI > 0,3 \text{ MPa}$$

De façon sécuritaire, la PI min des alluvions modernes a été prise en compte dans les calculs, soit 0,26 MPa, on obtient alors une $C_u = 0,26/5,5 = 47 \text{ kPa}$.

On obtient donc :

$$q_u / \gamma_R > \gamma_d q$$

$$47 \times 5,9 / 1,4 = 240 \text{ kPa} \gg \gg 1,2 \times 20 \times 4,5 = 108 \text{ kPa}$$

Le non poinçonnement des sols d'assise de la digue de Berlancourt est vérifié.

Compte-tenu du fait que les cohésions non drainées ne sont que des estimations issues de corrélations empiriques, nous avons également vérifié la portance des terrains à l'aide du logiciel Foxta v3, module FondSup.

Les descentes de charge sont établies selon la géométrie suivante :

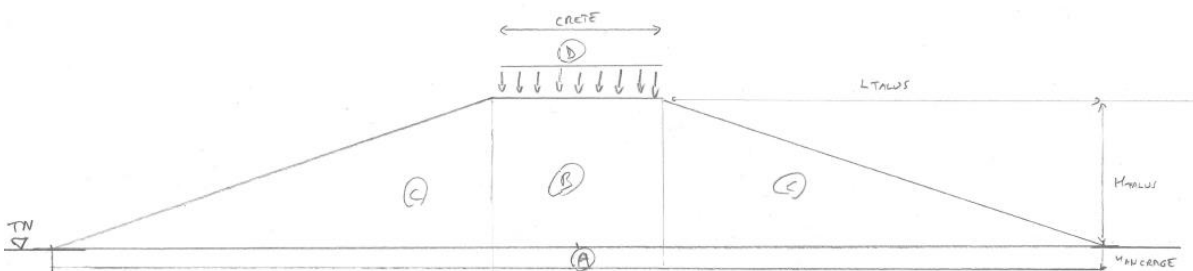


Figure 15 : Géométrie type – calcul de portance

	Beaugies	Berlancourt
H_{talus}	3,5 m	4,5 m
H_{ancrage}	0,5 m	0,5 m
L_{talus}	10,5 m	12 m



Entente
Oise-Aisne

crête	4 m	4 m
Louvrage	180 ml	315 ml
γ_{remblai}	18 kN/m ³	18 kN/m ³
Q_{total}	≈ 210 000 kN	≈ 500 000 kN

Tableau 6 : caractéristiques géométriques retenues pour le calcul de portance

La vérification de la portance est faite à l'ELU, conformément aux recommandations du CFBR (paragraphe 4.6).

➤ **La portance est vérifiée pour les deux ouvrages.**

Les calculs Foxta sont présentés en annexe.

2.8. Demande 7 : Vérification des tassements

Le tassement admissible selon les recommandations CFBR a été établi à **1% de la hauteur des ouvrages, soit entre 3 et 4 cm.**

Pour chacun des ouvrages, les tassements ont été vérifiés sous Foxta selon deux situations :

- Tassement des sols au droit du remblai « courant » (Hauteur max de l'ouvrage hors lit mineur) – **calcul Tasseldo.**
- Tassement des sols sous une plaque au droit du bajoyer central (hauteur max au niveau du lit mineur, dalle béton simulée par une plaque rigide) – **calcul Tasplaq.**

Les caractéristiques retenues pour les calculs sont les suivantes :

	Beaugies	Berlancourt
$H_{\text{max}} \text{ remblai (m)}$	3,5m (80 kPa)	4,5m (100 kPa)
$H_{\text{max}} \text{ plaque (m)}$	4,5m (100 kPa)	6,0m (130 kPa)

La masse volumique des remblais est prise égale à 20 kN/m³ et une surcharge de 10 kPa est considérée en crête. Les talus sont modélisés à 3H/1V.

Les résultats sont les suivants :

	Beaugies	Berlancourt
$\Delta H \text{ remblai (cm)}$	3	8,5
$\Delta H \text{ plaque (cm)}$	2,4	5,6

- Pour les deux ouvrages, le cas le plus défavorable vis-à-vis du tassement est celui du **remblai en situation courante.**



Entente Oise-Aisne

Beaugies-sous-Bois

- Le tassement maximal calculé est de l'ordre de **3,0 cm** pour un remblai de **3,5 m**. Ces tassements sont inférieurs aux 1% admissibles selon les recommandations CFBR.
- Le tassement différentiel entre le remblai courant et le bajoyer central sont inférieurs au centimètre.
- Par conséquent, aucune adaptation du mode de mise en œuvre n'est nécessaire au droit de l'ouvrage de Beaugies-sous-Bois. Le remblai et l'ouvrage hydraulique peuvent être construits simultanément.

Berlancourt

- Le tassement maximal calculé est de l'ordre de **8,5 cm** pour un remblai de **4,5 m**. Ce tassement est supérieur au 1% admissible selon les recommandations du CFBR.

Il est nécessaire de laisser tasser les sols sur environ 4,5 cm pour atteindre un niveau de tassement résiduel admissible selon les recommandations CFBR ; soit environ 50 % du tassement total attendu.

Le temps nécessaire pour obtenir un tassement résiduel acceptable est calculé en appliquant la théorie de la consolidation pour une couche compressible drainée d'un seul côté (ici, la couche inférieure) :

$$t = \frac{T_v \times H^2}{C_v}$$

(Philipponnat, p81)

- **t** le temps nécessaire, en secondes.
- **T_v** est donné par la table suivante, en fonction du degré de consolidation $U = \text{pourcentage de tassement en fonction du temps}$:

Tableau 1 : Relation entre U et T_v

$U\%$	T_v	$U\%$	T_v	$U\%$	T_v
10	0,008	50	0,197	90	0,848
20	0,031	60	0,287	100	∞
30	0,071	70	0,403		
40	0,126	80	0,567		

(Philipponnat, p82)

Soit, pour $U\% = 50\% \gg T_v = 0,197$

- **H** est la hauteur de la couche compressible, soit 5,0 m d'après le modèle de sol de Berlancourt.
- **C_v** est le coefficient de consolidation, obtenu par essai oedométrique. Cette valeur est caractéristique d'un sol dans un état de contrainte donné.

Pour Berlancourt, la valeur obtenue en laboratoire par SEMOFI est de $0.71 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$



Entente
Oise-Aisne

$$\text{Soit : } t = \frac{0,197 \times 5^2}{0,71 \times 10^{-6}} = 6\,936\,620 \text{ s} \approx \mathbf{2,7 \text{ mois}}$$

Il faudra laisser l'ouvrage tasser **environ 3 mois** pour obtenir un niveau de consolidation acceptable.

Au-delà de cette durée, les tassements résiduels seront dans les 1% admissibles selon les recommandations CFBR.

Par conséquent, nous prévoyons la mise en place d'un préchargement d'une durée de 3 mois au droit de l'ensemble de la digue de Berlancourt, avec un busage provisoire au droit du cours d'eau (pour précharger également le bajoyer central). Une fois les 3 mois passés, l'ouvrage et ces annexes pourront être construits.

Pour les deux ouvrages, la hauteur des remblais mis en œuvre tiendra compte des tassements attendus, afin que les ouvrages (fil d'eau et surverse) soient à la bonne cote une fois les tassements produits.

2.9. Demande 8 : Vérification des glissements

Selon le paragraphe 4.3 des recommandations CFBR, les situations de calculs à étudier sont indiquées ci-dessous.

Au vu de la particularité de nos ouvrages (ouvrages très peu souvent en eau), certaines situations n'ont pas été étudiées. La justification est fournie en commentaire des situations de calculs :



Entente Oise-Aisne

Situation	Description	États limites	Commentaires¶
Situation normale d'exploitation de retenue pleine, à long terme	Établissement du régime permanent de piézométrie dans le corps du barrage à retenue pleine. La piézométrie est imposée par la retenue, et éventuellement la nappe et les précipitations.	Glissement du talus aval Soulèvement hydraulique du pied aval Tassements excessifs	¶ ¶ Cas-non-étudié-pas-de-retenu- e-pleine-à-long-terme¶ ¶
Situation normale d'exploitation de retenue basse, à long terme	Abaissement normal (annuel par exemple) du plan d'eau après que le régime permanent a été établi. Régime transitoire car les pressions interstitielles n'ont pas nécessairement eu le temps de se dissiper.	Glissement du talus amont Ex : Cercey, Liez	¶ Cas-étudié-avec-niveau-d'eau- au-TN-stabilité-talus-amont-et- aval¶ ¶
Situation transitoire de fin de construction et remplissage partiel	Pour les remblais argileux ou sur sol compressible, cette situation peut correspondre à des maxima de pressions interstitielles, qui se seraient développées pendant la construction et ne se seraient pas dissipées.	Glissement du talus amont ou du talus aval Défaut de portance de la fondation Ex : Mirgenbach, Mondely	¶ ¶ Cas-non-étudié-pas-de- pression-interstitielle-dans-et- sous-les-ouvrages¶ ¶ ¶
Situation rare de crue (barrages écrêteurs de crues)	Établissement du régime permanent de piézométrie dans le corps du barrage ou calcul hydraulique en régime transitoire, selon la durée des crues et la perméabilité des matériaux du remblai	Glissement du talus aval Soulèvement hydraulique du pied aval	¶ ¶ Cas-étudié-eau-au-NPHE- Stabilité-talus-amont-et-aval¶ ¶
Situation exceptionnelle de crue	Élévation du plan d'eau après que le régime permanent a été établi. Régime transitoire car les pressions interstitielles n'ont pas nécessairement le temps de s'établir.	Glissement du talus aval Soulèvement hydraulique du pied aval	¶ ¶ Cas-non-étudié-pas-d'eau-à- l'arrière-des-digues-en-régime- permanent¶ ¶
Situation transitoire de vidange rapide	Abaissement rapide du plan d'eau après que le régime permanent a été ou non établi. Attention aux premières vidanges des remblais en matériau très plastique (Ip élevé), alors que les pressions interstitielles de construction ne sont pas encore dissipées.	Glissement du talus amont Ex : Mondely, Pessoulens	¶ ¶ Cas-étudié-avec-un-niveau-de- saturation-des-digues-expliqué- ci-après*-Stabilité-talus-amont- et-aval¶ ¶
Situation rare d'altération du contrôle des écoulements	Les risques d'altération ou de rupture des dispositifs d'étanchéité ou de drainage sont évalués (dégradation d'un rideau, voile ou masque d'étanchéité, colmatage d'un drain...). On cherche ici le scénario possible d'altération, tenant compte des mesures de surveillance et d'entretien.	Glissement du talus amont ou du talus aval Soulèvement hydraulique du pied aval	¶ ¶ Cas-non-étudié-ouvrage-non- concerné¶ ¶
Situation rare de séisme SBE	Occurrence du séisme SBE alors que la retenue est pleine. Effet des efforts d'inertie, et surtout, dans certains cas, augmentation des pressions interstitielles voire liquéfaction.	Déformations excessives	¶ ¶ Cas-étudié-SES-sans-eau-à- l'arrière-des-digues-(probabilité- d'une-crue-centennale-en- même-temps-que-le-plus-gros- séisme-connu-étant-très-faible)¶ ¶
Situation extrême de défaillance du contrôle des écoulements	Les risques d'altération ou de rupture des dispositifs d'étanchéité ou de drainage sont évalués (dégradation d'un rideau, voile ou masque d'étanchéité, colmatage d'un drain...). On cherche ici le scénario accidentel de rupture, tenant compte des mesures de surveillance et d'entretien. Il peut notamment s'agir d'une rupture ou défaillance suite à des événements accidentels (séisme, malveillance...)	Glissement du talus amont ou du talus aval Soulèvement hydraulique du pied aval	¶ ¶ Cas-non-étudié-ouvrage-non- concerné¶ ¶ ¶
Situation extrême de crue	Atteinte de la cote de danger	Glissement du talus aval Soulèvement hydraulique du pied aval	¶ ¶ Cas-étudié-niveau-d'eau-à-ras- de-la-crête-des-ouvrages- stabilité-amont-et-aval¶ ¶
Situation extrême de séisme SES	Occurrence du séisme SES alors que la retenue est pleine. Effet des efforts d'inertie, et surtout, dans certains cas, augmentation des pressions interstitielles voire liquéfaction.	Glissement des talus (surtout aval) Ex : Lower San Fernando	¶ ¶ Cas-étudié-niveau-de-crue- NPHE-et-SES-Stabilité-amont- et-aval¶

* un calcul de saturation de la digue a été effectué dans les réponses aux demandes 9, 10 et 11. Ce calcul montre que la saturation des ouvrages est minime.

Toutefois, le logiciel utilisé pour la réalisation des calculs de stabilité ne permet pas de prendre en compte le cas réel de saturation de la digue (obligation d'avoir des abscisses de définition de la nappe croissant). La saturation de la digue a donc été prise dans les modélisations avec un front vertical au sein de la digue, partant de l'intersection entre le plan d'eau et le remblai. Cette modélisation n'a pas de réalité physique, mais reste toutefois plus sécuritaire que la réalité.



Entente Oise-Aisne

Selon la méthodologie usuelle pour des ouvrages en terre, la justification de la stabilité des ouvrages a été effectuée à l'aide d'un logiciel de calculs selon la méthode de Bishop qui s'applique à des surfaces de rupture circulaires. Dans ce cas, le logiciel de calculs utilisé est le logiciel Talren, version 5, édité par Terrasol.

Les coefficients partiels pris en compte dans le logiciel sont ceux définis au paragraphe 4.4.1 des recommandations CFBR :

Situations	Coefficient partiel γ_m sur c' et $\tan \phi'$	Coefficient partiel γ_m sur le poids volumique	Coefficient de modèle γ_d
normale d'exploitation	1,25	1	1,2
rare de crue	1,2	1	1,2
transitoire ou rare	1,1	1	1,2
exceptionnelle de crue (PHE)	1,1	1	1,2
extrêmes de crue, sismique ou autres	1	1	1,1

Avec l'application de coefficients partiels dans le logiciel, le coefficient de sécurité recherché, garantissant la stabilité de l'ouvrage, est $F \geq 1$.

Les hypothèses de sols prises en compte dans les calculs sont celles issues des modèles géotechniques des ouvrages présentés au PRO, dans les cas les plus sécuritaires (épaisseur de la couche d'alluvions maximum, caractéristiques des alluvions minimum).

Pour les modélisations, les niveaux d'eau pris en compte sont les suivants :

- Cas courant : nappe au TN (cas très sécuritaire),
- Crue rare : niveau NPHE = 50 cm sous le niveau de la crête de la digue,
- Crue exceptionnelle : de façon sécuritaire, au vu de la présence d'une surverse dimensionnée pour une période de retour de 10 000 ans, le niveau d'eau est pris de façon sécuritaire au niveau de la crête de la digue.

Les résultats des calculs de stabilité sont fournis en annexe et sont synthétisés dans le tableau suivant :

Ouvrage / situation	Coef de sécurité objectif	Beaugies		Berlancourt	
		Talus amont	Talus aval	Talus amont	Talus aval
Situation normale d'exploitation (retenue basse à long terme)	≥ 1	1,34	1,33	1,41	1,42
Situation rare de crue (NPHE)		2,07	1,46	2,43	1,54
Situation transitoire de vidange rapide		1,18	1,52	1,36	1,61
Situation rare de séisme		1,59	1,59	1,65	1,66
Situation extrême de crue (crête de digue)		2,38	1,59	2,76	1,635
Situation extrême de séisme (crue NPHE + séisme)		2,02	1,60	2,36	1,64

La stabilité est satisfaisante pour toutes les situations étudiées.



Entente
Oise-Aisne

2.10. Demandes 9,10 et 11 : Erosion interne, externe et pression interstitielle

Saturation des matériaux constitutifs de la digue :

Les matériaux envisagés pour la réalisation des digues seront des matériaux d'apport ayant une perméabilité inférieure à 1.10^{-7} m/s.

Selon les calculs hydrauliques réalisés pour les ouvrages, les durées de sur-inondations des ouvrages, selon la période de retour de la crue, sont les suivantes :

Ouvrage/Crue	Centennale	Cinquantennale	Décennale	Quinquennale	Biennale
Berlancourt	18,9h	15,3h	2,6h	30 min	20 min
Beaugies	40,1 h	27h	10,4h	8h	6,2h

Tableau 7 : Durées de sur-inondation en amont des digues

Selon ces données, on peut constater dans un premier temps, que les ouvrages ne seront pas en eau fréquemment, pour Beaugies-sous-Bois, le plus contraignant :

- 1 chance sur 2 par an, d'être en eau 6,2h,
- 1 chance sur 100 par an, d'être en eau 40,1 h.

De plus, avec des perméabilités de sols inférieurs à 1.10^{-7} m/s et un temps en eau de 40,1 h, l'eau pénétrera de : $1.10^{-7} * 40,1 * 60 * 60 = 1,5$ cm.

Nous pouvons donc considérer, pour l'usage des digues envisagé et avec les matériaux prévus d'être mis en place pour la construction de celle-ci, que les digues ne seront jamais saturées.

Pour les mêmes raisons, il peut être considéré que les ouvrages ne seront pas soumis à pression interstitielle.

Nous rappelons également que les ouvrages feront l'objet d'inspection régulier tout au long de leur durée de vie et spécifiquement après chaque épisode de crue. Tout désordre identifié lors de ces inspections fera l'objet de travaux de reprise.

2.11. Demande 12 : Vérification de la hauteur de revanche

Les calculs de revanche ont été repris en appliquant les recommandations de l'ATB sur les conditions de vent et de niveaux d'eau. Il s'agit de retenir la configuration la plus défavorable entre :

- Vent de période de retour 50 ans (U50) sur une retenue à la cote PHE (crue de période de retour 1 000 ans ou crue exceptionnelle)
- Vent de période de retour 1 000 ans (U1000) sur une retenue à la cote RN (crue de période de retour 100 ans ou crue de projet)

Les données sont les suivantes :

- $U_{50}=24$ m/s d'après la norme NF EN 1991-1-4/NA
- $U_{1000}=27,2$ m/s

Pour le calcul de la hauteur des vagues et de la revanche qui en découle, nous avons appliqué la formule de Bretschneider qui s'applique pour les retenues modestes et qui dépend du Fetch (longueur du plan d'eau en



Entente Oise-Aisne

amont du barrage) et de la hauteur d'eau. Pour le barrage de Berlancourt, le Fetch est de 1 000 m et pour celui de Beaugies-sous-Bois, il est de 385 m.

Les revanches obtenues sont les suivantes :

Berlancourt				
PHE = 67,16 mNGF	$U_{50} = 24$ m/s	Hauteur de vague = 0,57 m	Revanche = 0,79 m	$N_{Crête} = 67,95$ mNGF
RN = 66,67 mNGF	$U_{1000} = 27,2$ m/s	Hauteur de vague = 0,63 m	Revanche = 0,86 m	$N_{Crête} = 67,53$ mNGF
Beaugies				
PHE = 72,42 mNGF	$U_{50} = 24$ m/s	Hauteur de vague = 0,55 m	Revanche = 0,76 m	$N_{Crête} = 73,18$ mNGF
RN = 72,00 mNGF	$U_{1000} = 27,2$ m/s	Hauteur de vague = 0,60 m	Revanche = 0,82 m	$N_{Crête} = 72,82$ mNGF

La rose des vents fournie dans l'étude d'impact (figures 21 et 22 en pages 64 et 65) montre que les vents dominants sont de secteur Sud-ouest et Nord-nord-est.

L'ouvrage de Berlancourt serait sujet au batillage uniquement en cas de vent de direction Est / Ouest. D'après la rose des vents (données Météo France), cet axe n'est pas soumis à de fortes vitesses de vent (>8 m/s). Au vu de l'usage temporaire des ouvrages, qui sont mis en eau uniquement en cas de fortes crues, et des courtes durées de stockage (quelques heures à retenue pleine), il est proposé de maintenir une revanche à 0,4 m et un niveau de crête d'ouvrage à 67,45 m NGF.

L'ouvrage de Beaugies-sous-Bois serait sujet au batillage uniquement en cas de vent de direction Sud-Est-Est / Nord-ouest-ouest. D'après la rose des vents (données Météo France), cet axe n'est pas soumis à de forte vitesse de vent (>8 m/s). Au vu de l'usage temporaire des ouvrages, qui sont mis en eau uniquement en cas de fortes crues, et des courtes durées de stockage (quelques heures à retenue pleine), il est proposé de maintenir une revanche à 0,3 m et un niveau de crête d'ouvrage à 72,75 m NGF.

2.12. Demande 13 : Sur hauteur pour prise en compte des tassements

Les tassements attendus sur les deux ouvrages sont de l'ordre de quelques cm d'après les calculs réalisés.

- Une **sur-hauteur de 10 cm** sera appliquée à la hauteur de crête pour prise en compte des tassements.
- Les ouvrages seront recoupés à la cote définitive, une fois les tassements produits, directement après mise en œuvre pour Beaugies-sous-Bois et après une consolidation de 3 mois pour Berlancourt (voir partie 2.8 vérification des tassements).



Entente
Oise-Aisne

2.13. Demande 14 : Clarification des ouvertures des organes de régulation

Il est précisé que les vannes n'ont pas vocation à être manœuvrées en cas de régulation de crue. Les différents débits transitant par l'ouverture sous l'ouvrage sont précisés en partie 5.5.1 et 6.5.1 suivant les périodes de retour de la crue. Lors de la définition des fondations des bajoyers par l'entreprise retenue pour les travaux préalablement au démarrage du chantier, les services de la DREAL (en particulier le Service de contrôle des ouvrages hydrauliques), seront consultés.

2.14. Demande 15 : Evacuateurs de crue

Les préconisations relatives aux coursiers et aux seuils seront calculées précisément par l'entreprise retenue pour les travaux. Les services de la DREAL (en particulier le Service de contrôle des ouvrages hydrauliques), seront consultés au moment de la validation des calculs proposés par l'entreprise.

2.15. Demande 16 : Dispositif de drainage

Dans la continuité des éléments décrits en partie 2.10, l'ajout d'un dispositif de drainage en aval du parement n'est pas jugé nécessaire vu les faibles périodes de mises en charge attendues et de la non saturation des digues.

2.16. Demande 17 : Dispositif d'auscultation

Le dispositif d'auscultation est défini dans le rapport Pro en partie 5.7 et 6.7.

Les modalités de mise en œuvre et de suivi du dispositif d'auscultation seront effectivement détaillées à la réception des travaux. En particulier, un suivi plus fréquent sera proposé immédiatement après le chantier.

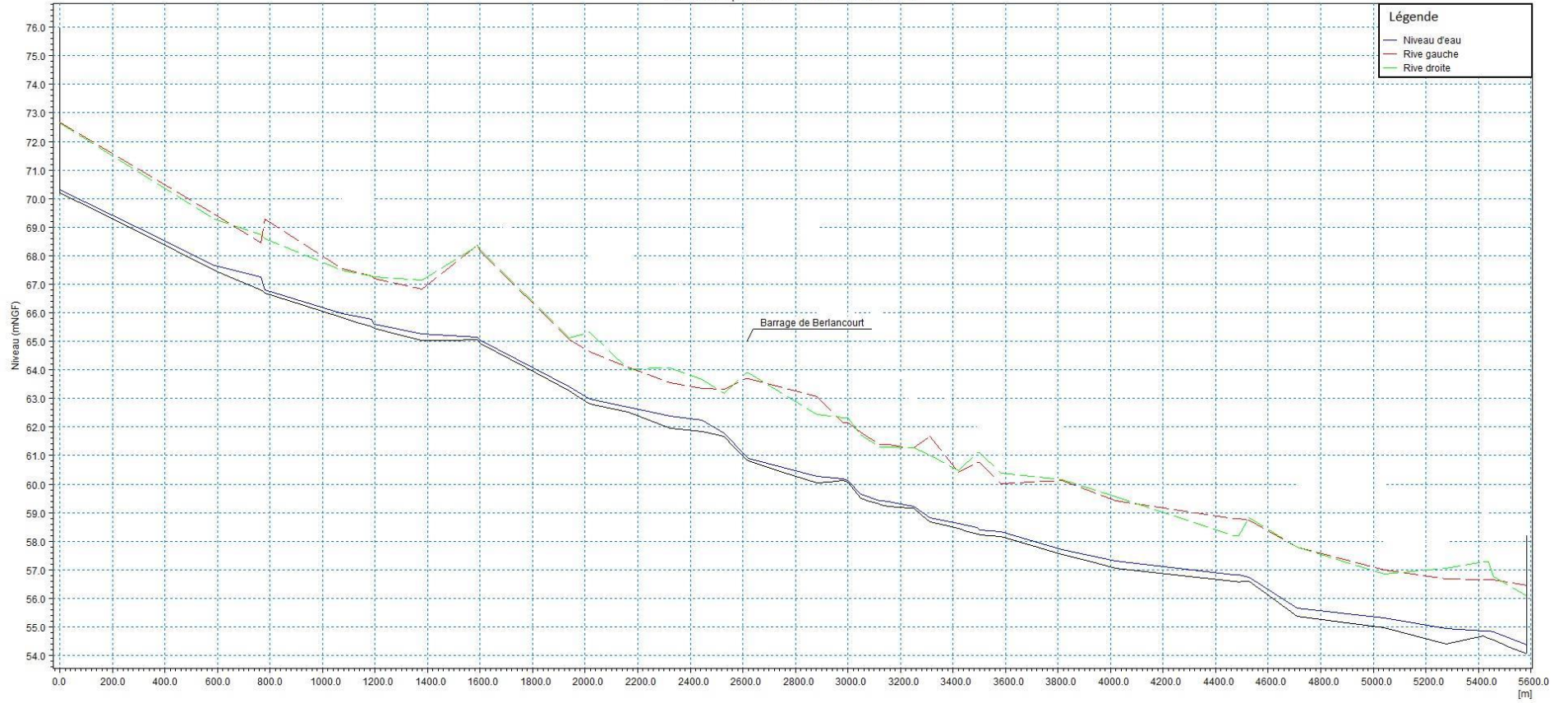


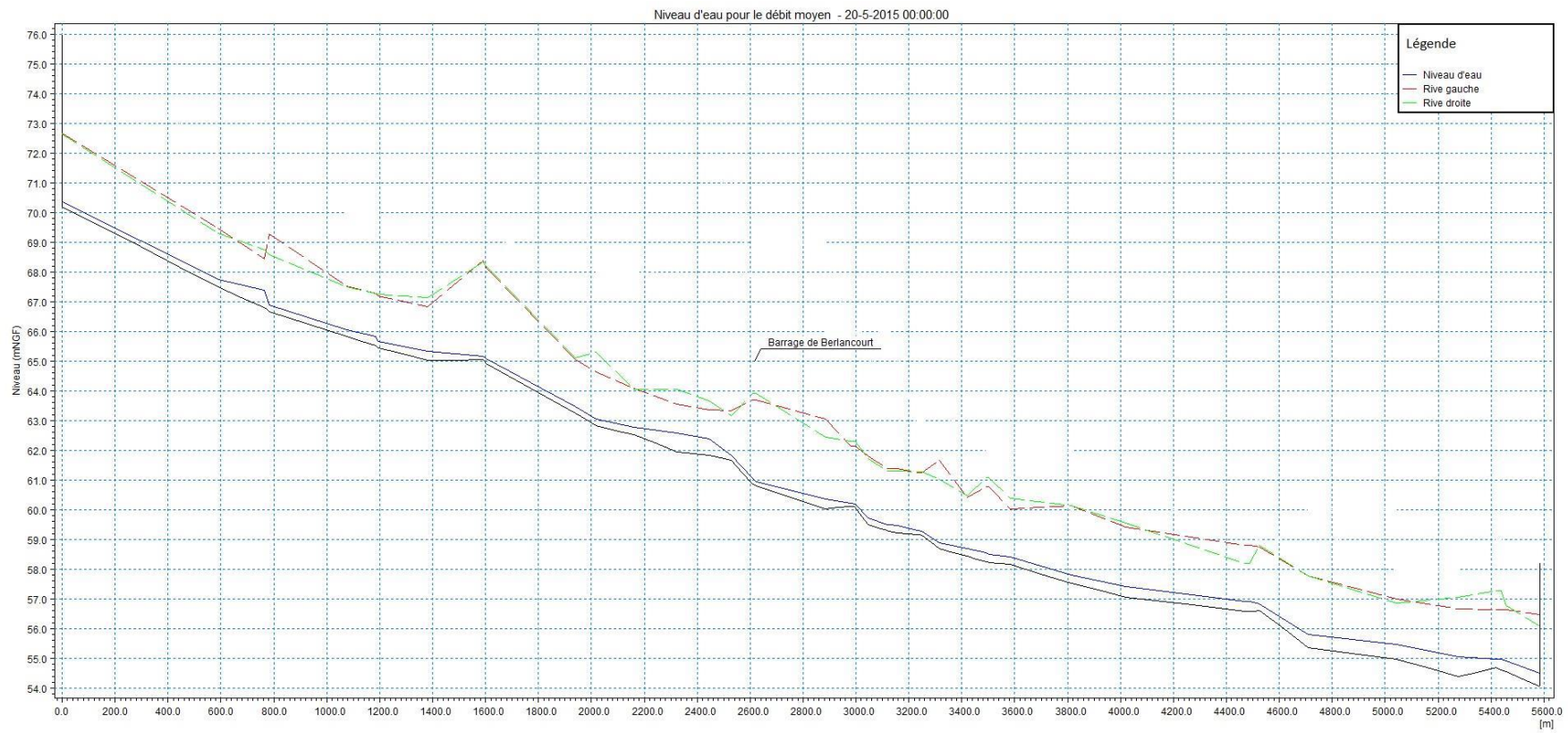
Entente
Oise-Aisne

Annexes

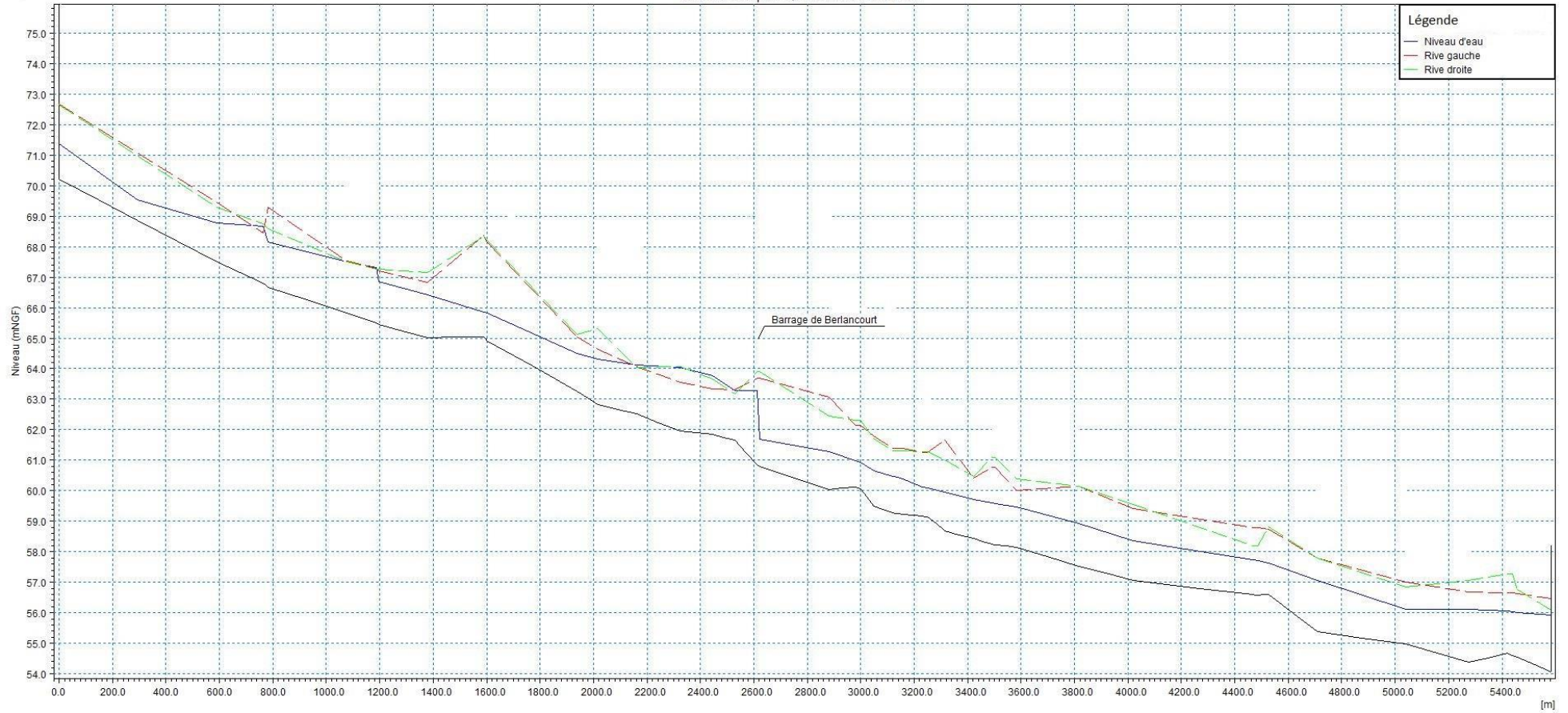
Profil en long de la Verse de part et d'autre de l'ouvrage de Berlancourt
 Q_{MNA5} , Module et Q_2

Niveau d'eau pour QMNA5 - 20-5-2015 00:00:00



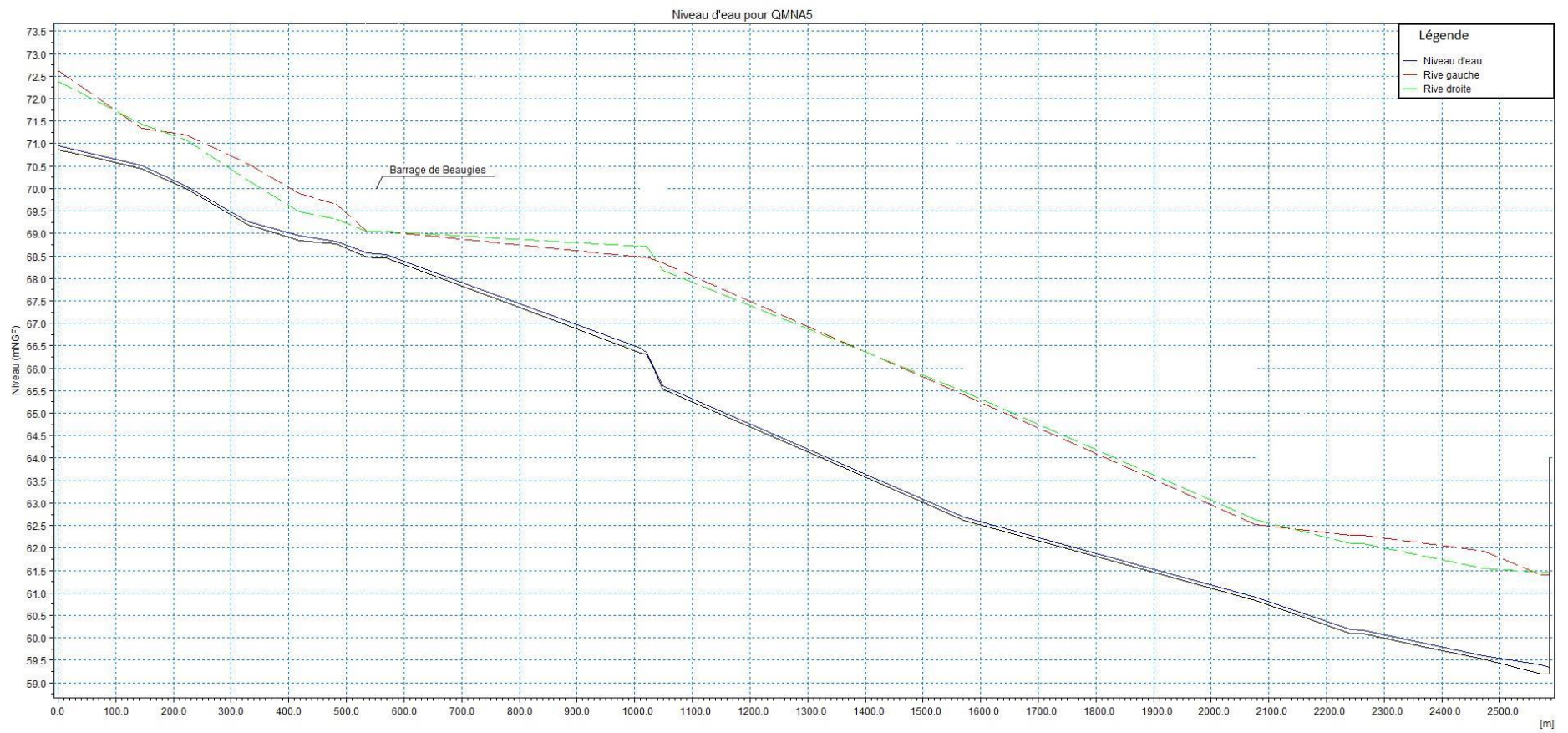


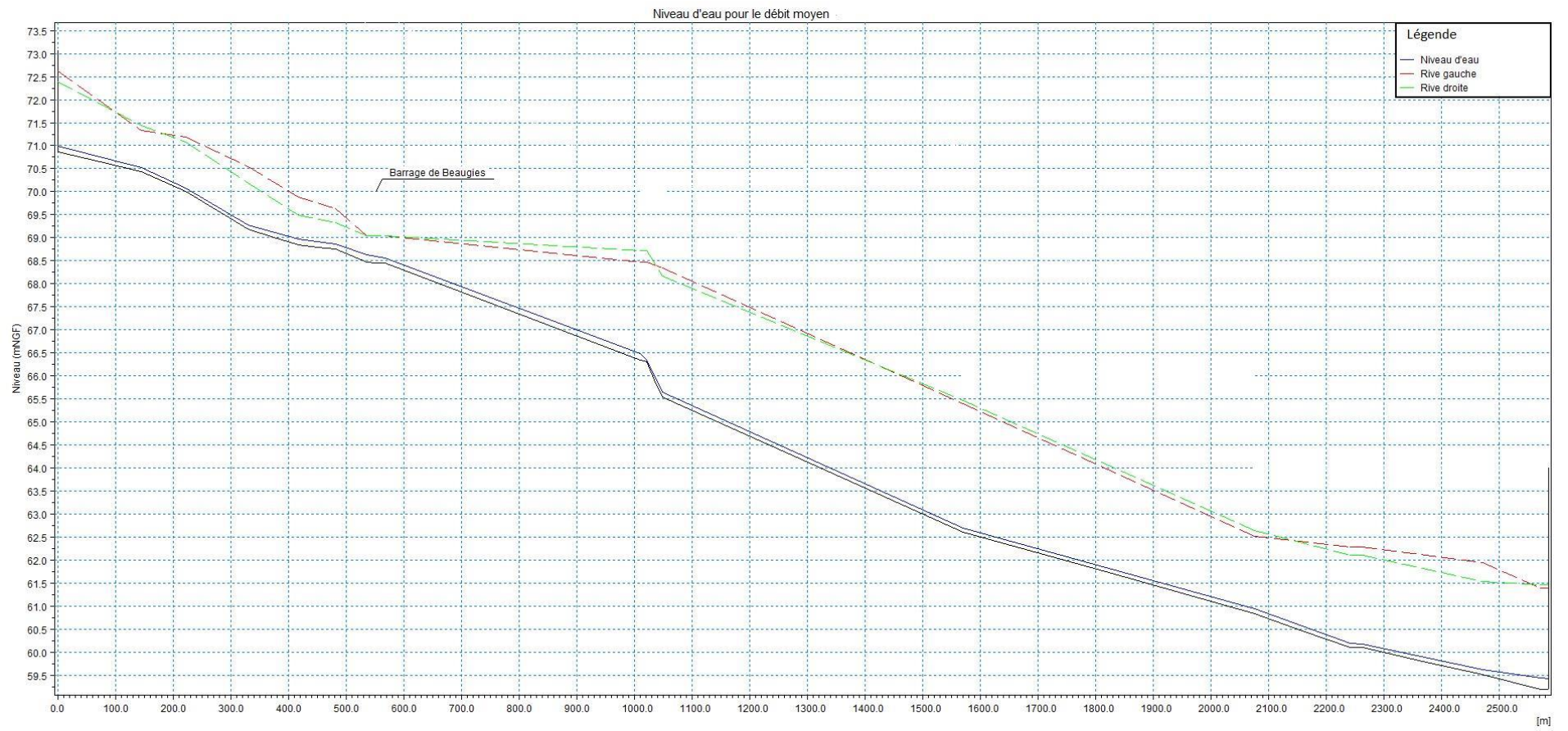
Niveau d'eau pour Q2 - 20-5-2015 00:00:00

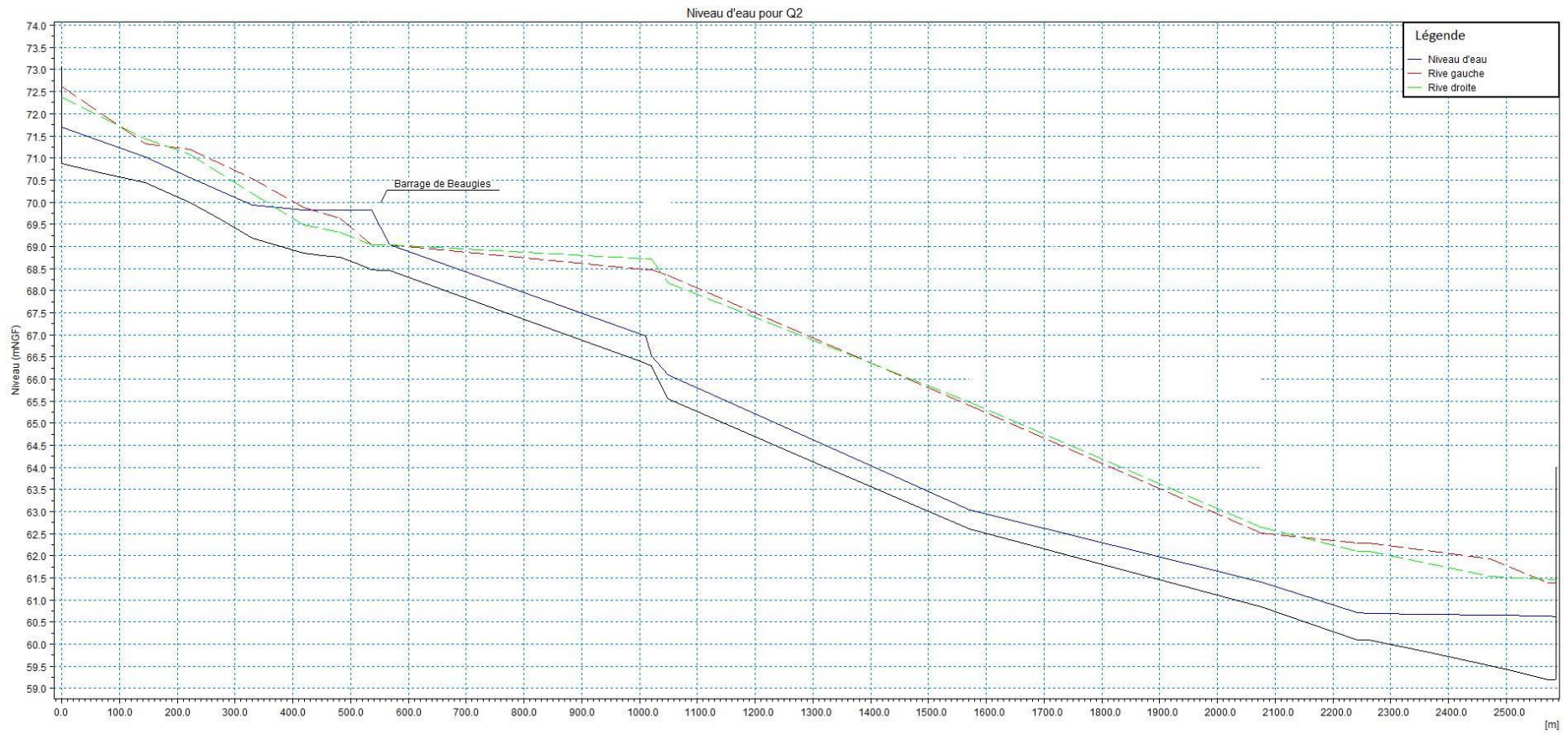


Profil en long de la Verse de part et d'autre de l'ouvrage de Beaugies

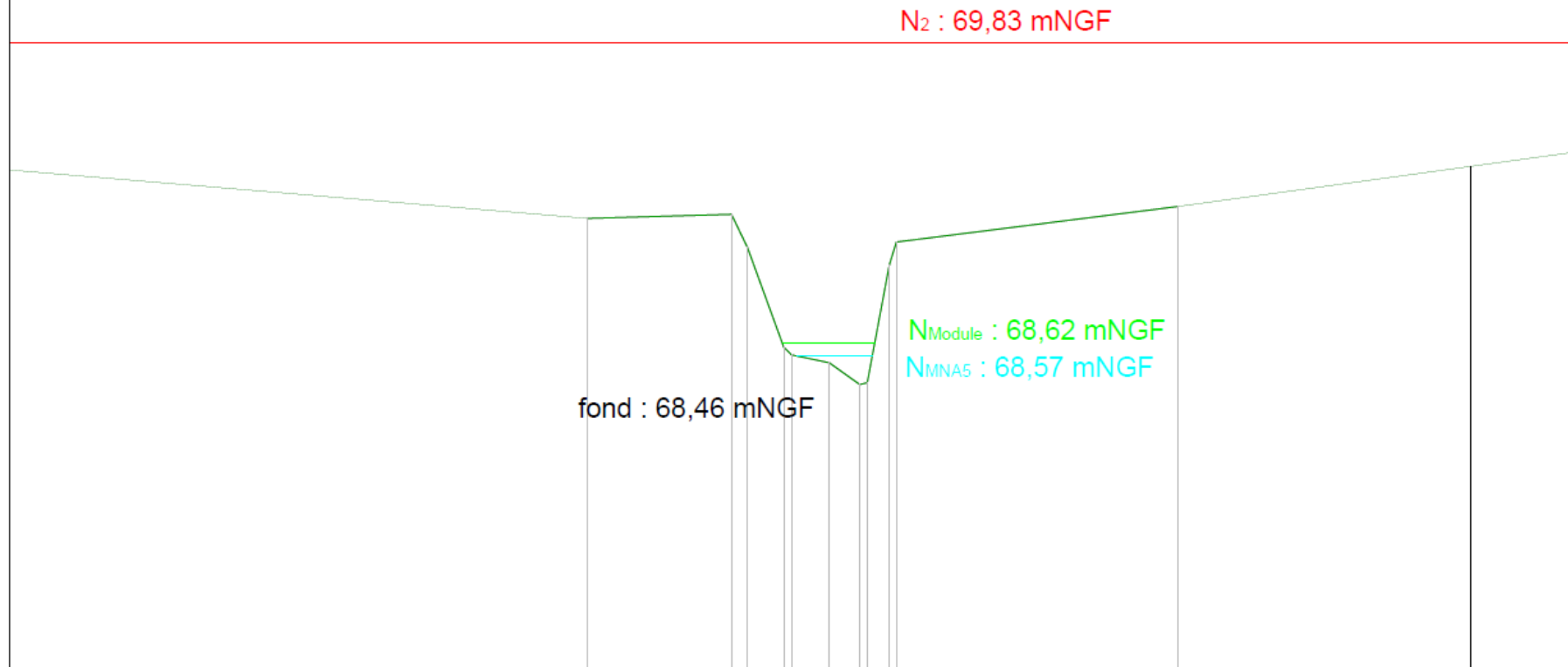
Q_{MNA5} , Module et Q_2







Profil en travers au droit du barrage de Beaugies



Profil en travers au droit du barrage de Berlancourt

