



sanofi

**MAITRISE D'OEUVRE DE
RENFORCEMENT DU
SYSTÈME D'ENDIGUEMENT
DE SANOFI**

Site SANOFI COMPIEGNE

Rapport d'étude hydraulique

01649651 | Mai 2022 – v2 | KMO



setec
hydratec


 <p>Immeuble Central Seine 42/52 quai de la Rapée – CS71230 – 75583 Paris cedex 12 hydratec@hydra.setec.fr T : 01 82 51 64 02</p>	Directeur de Projet	CTB			
	Responsable d'affaire	KMO			
	N° Affaire	01649651			
<i>Fichier : 49651-MEMOIRE HYDRAU -v2a.docx</i>					
V.	Date	Etabli par	Vérfifié par	Nb. pages	Observations / Visa
V1	Février 2022	KMO	CTB	19	Première diffusion à la DRIEAT
V2	Mai 2021	KMO	CTB	28	Intégration des remarques des services de l'état

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	5
1.1 Objet de la note	5
1.2 Rappel sur la caractérisation hydrologique des phénomènes de crues	6
1.3 cadrage réglementaire de l'opération.....	7
2. DOCTRINE HYDRAULIQUE DE LA DRIEAT	9
2.1 Objet.....	9
2.2 règles de compensation	9
2.3 Application au projet.....	11
3. ANALYSE HYDRAULIQUE EN SITUATION ACTUELLE ET EN SITUATION PROJET....	13
3.1 Calcul du volume soustrait à la crue	13
3.2 Influence des niveaux de la nappe.....	17
3.3 Fonctionnement de la zone de compensation	17
3.3.1 Caractéristiques dimensionnelles	17
3.3.2 Courbe de remplissage	17
3.3.3 Application de la doctrine DRIEAT	21
3.4 Vidange du bassin de compensation.....	22
3.4.1 Vidange gravitaire par le seuil de remplissage	22
3.4.2 Vidange par pompage	24
4. SYNTHESE	28

ILLUSTRATIONS

Figure 1-1 : Carte d'aléa inondation du PPRI des rivières Oise et Aisne en amont de Compiègne (Source : Préfecture de l'OISE)	5
Figure 1-2 : Hydrogrammes de l'Aisne à Soisson- Source : Setec Hydratec	6
Figure 1-3 : Hydrogrammes de l'Oise à Sempigny - Source : Setec Hydratec	7
Figure 2-1 : Compensation par tranche de 50 cm (Source : DRIEAT)	11
Figure 2-2 : Champs de vitesses au droit du site SANOFI – Q 100 ans	11
Figure 3-1 : Volume soustrait à la crue en phase APD	13
Figure 3-2 : Courbes cote-volume et cote-surface du site SANOFI dans le périmètre de protection projeté	14
<i>Figure 3-3 : Etat du projet en phase APD</i>	16
Figure 3-4 : Limnigramme de crue au droit du seuil	18
<i>Figure 3-5 : Schéma de principe du seuil dénoyé</i>	19
Figure 3-6 : Courbe Q(Zamont) pour différentes largeurs de seuil	19
Figure 3-7 : Remplissage du bassin de compensation en état projet	20

Figure 3-8 : Remplissage du bassin de compensation en état projet – Seuil 6.5 m de largeur	21
Figure 3-9 : emprise de la zone inondable en lit majeur à la cote Z= 34.5 m NGF	23
Figure 3-10 : emprise de la zone inondable en lit majeur à la cote Z= 34 m NGF	23
Figure 3-11 : Vidange de la partie gravitaire du bassin de compensation	24
Figure 3-12 : Vue en plan et coupe de l'ouvrage de rejet	25
Figure 3-13 : Cote en fonction du temps dans le lit majeur, le bassin de compensation et le lit mineur dans l'Aisne	26
Figure 3-14 : Limnigramme de crue centennale dans le lit mineur de l'Aisne	27

TABLEAUX

Tableau 1-1 : Débits caractéristiques de l'Aisne à Soisson et l'Oise à Sempigny	6
Tableau 2-1 : Types de mesure compensatoire selon la zone impactée (Source : DRIEAT)	10
Tableau 3-1 : Volume total soustrait à la crue par les aménagements du projet – Crue 100 ans	14
Tableau 3-2 : Surface totale soustraite à la crue par les aménagements du projet – Crue 100 ans	15
Tableau 3-3 : Résultats par tranche altimétrique des volumes en application de la doctrine	22

1. INTRODUCTION

1.1 OBJET DE LA NOTE

Le site de SANOFI à Compiègne s'inscrit en bordure de l'Aisne, juste en amont de sa confluence avec l'Oise.

Les terrains sont situés en zone inondable selon le PPRI des rivières Oise et Aisne en amont de Compiègne (cf. Figure 1-1). La cote d'eau en lit mineur est de 35.358 m NGF pour la crue d'occurrence centennale, soit à plus de 1.0 m au-dessus de la cote TN au droit du site.

Afin de protéger son site industriel contre une telle crue, SANOFI projette de créer une digue de ceinture au plus près des bâtiments à protéger ainsi qu'un système de protection amovible au droit des accès au site et de drainage/ressuyage pour éviter les entrées d'eau par les réseaux existant et assurer l'évacuation des eaux pluviales à l'intérieur du site.

La zone protégée soustraira, dans le lit majeur endigué de l'Oise, une superficie de 124 000 m² et un volume de près de 123 500 m³ sous la cote d'eau centennale.

Afin de compenser la perte de volume inondable dans le lit majeur de l'Oise, il est prévu de mettre en place une compensation volumique en créant dans les emprises foncières de SANOFI, un bassin de surstockage.

Dans la mesure où dans cette zone de lit majeur déjà endiguée, les vitesses moyennes sont quasi nulles (cf. § 2a), la compensation surfacique n'est pas requise (cf. §2 relatifs à la doctrine DRIEAT sur la compensation hydraulique dans les zones inondables).

La présente note a pour objet de préciser les hypothèses à prendre en compte pour le calcul des volumes de compensation et de préciser les conditions de mise en eau de la zone de compensation en veillant au respect de la doctrine hydraulique de la DRIEAT.

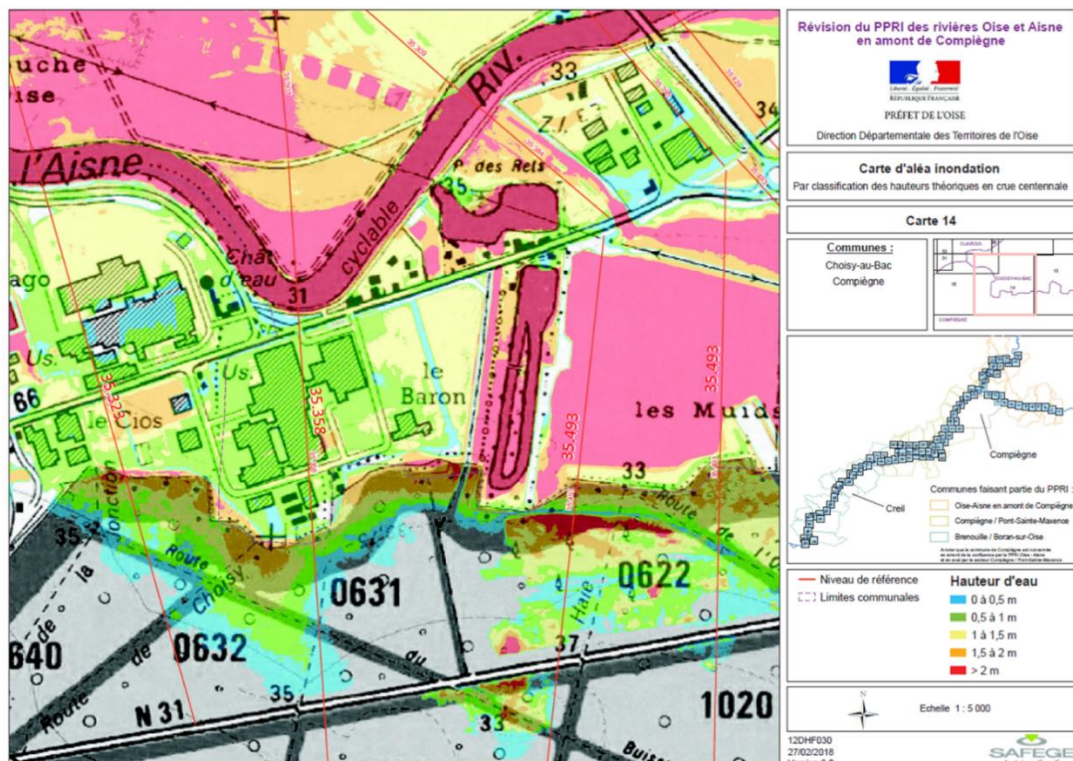


Figure 1-1 : Carte d'aléa inondation du PPRI des rivières Oise et Aisne en amont de Compiègne (Source : Préfecture de l'OISE)

1.2 RAPPEL DE LA CARACTERISTIQUE HYDROLOGIQUE DES PHENOMENES DE CRUES

Le tableau ci-après présente les débits de crue de l'Oise et de l'Aisne, ainsi que les périodes de retour associées. Ces valeurs sont tirées de l'étude hydrologique globale réalisée pour l'Entente Oise-Aisne en 2013.

Tableau 1-1 : Débits caractéristiques de l'Aisne à Soisson et l'Oise à Sempigny

Période de retour	Débit (m ³ /s) Aisne à Soisson	Débit (m ³ /s) Oise à Sempigny
30 ans	478	238
50 ans	510	260
100 ans	570	337

Les hydrogrammes de l'Aisne pour chacune des crues citées précédemment sont donnés sur la Figure 1-2 ci-après :

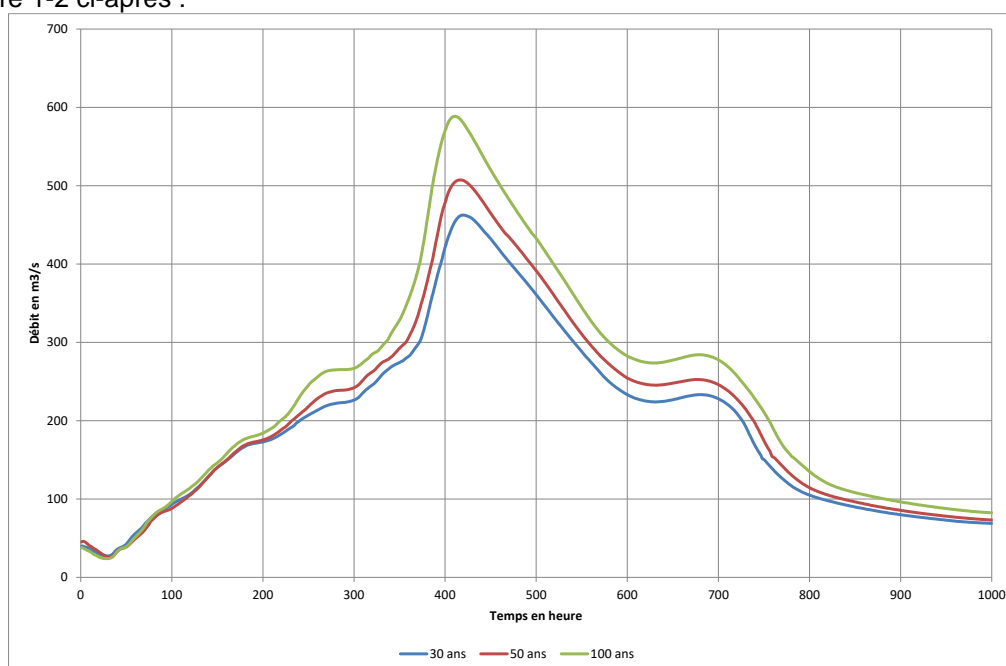


Figure 1-2 : Hydrogrammes de l'Aisne à Soisson- Source : Setec Hydratec

De même, le graphique suivant présente les hydrogrammes pour l'Oise au niveau de Sempigny. Il est rappelé que les hydrogrammes de l'Oise intègrent l'action de l'ouvrage d'écrêtement de Proisy.

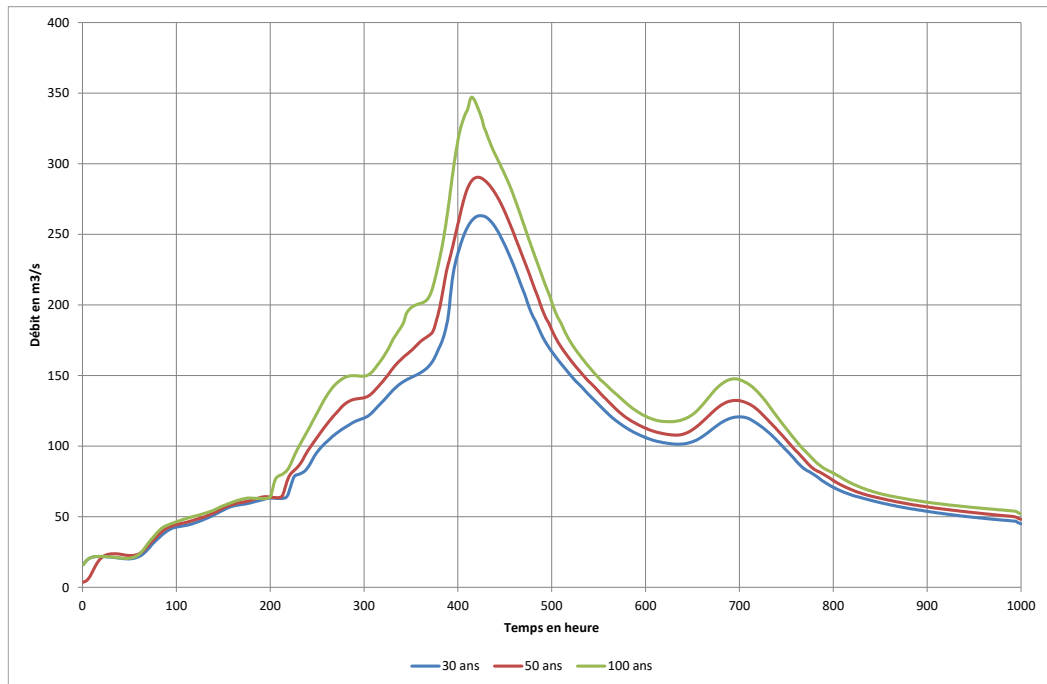


Figure 1-3 : Hydrogrammes de l'Oise à Sempigny - Source : Setec Hydratec

Les crues au droit du système d'endiguement se caractérisent par des durées de plusieurs semaines.

1.3 CADRAGE REGLEMENTAIRE DE L'OPERATION

Une note de cadrage réglementaire a été envoyée à la DREAL en mars 2019. Elle avait pour objet de préciser le cadrage réglementaire dans lequel s'inscrit les aménagements à créer, les dossiers d'autorisation à constituer et le planning prévisionnel de l'opération.

Faisant suite à cette note de cadrage, un dossier de demande d'examen au cas par cas a été transmis à la DREAL en décembre 2020. En réponse, la DREAL a estimé qu'une évaluation environnementale était nécessaire pour le projet.

Ce dernier est concerné par les rubriques 1 ICPE (extraction de matériaux et affouillement de sol) et 21 (e) Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions tels que les systèmes d'endiguement) de l'article R122-2 du code de l'environnement portant sur les projets soumis à étude d'impact.

Le dossier d'autorisation environnementale (DAE) qui sera à constituer (cf. Article L181-1 du Code de l'Environnement) intégrera donc une étude d'impact environnementale complète.

Concernant la procédure IOTA, le projet relève de plusieurs rubriques de la nomenclature des installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou à déclaration dont les suivantes ont été identifiées à ce stade :

- Rubrique 3.2.2.0 : Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau.

Le dossier sera soumis à une autorisation car la surface soustraite est supérieure ou égale à 10000 m².

- Rubrique 3.2.6.0 : Construction de digues à l'exception de celles visées à la rubrique 3.2.5.0 (Barrages de retenue et digues de canaux).

Une autorisation sera à solliciter car il s'agit de la construction d'une nouvelle digue de protection contre les inondations et submersions.

- Rubrique 3.3.1.0 : Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais.

Le bassin de compensation des volumes soustraits à la crue se trouve sur un terrain dont une partie est située en zone humide selon les critères de la réglementation actuelle sur les zones humides. La superficie concernée est supérieure ou égale à 1 hectare. Une autorisation sera donc nécessaire.

- Rubrique 2.1.5.0 : Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol.

Le projet pourrait être concernée par cette rubrique. La vidange du bassin se fera de façon gravitaire vers le reste du lit majeur, jusqu'à la cote TN, puis vers l'Aisne, via le dispositif de pompage actuel de SANOFI. Ces rejets concernent néanmoins les eaux de débordement de l'Aisne et de l'Oise qui seront restitués au cours d'eau en phase de décrue

La surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, est supérieure à 20 ha. Le dossier sera donc soumis à une autorisation.

La présente note traite plus particulièrement des dispositions prévues pour la mise en œuvre de la compensation hydraulique à prévoir en réponse aux impacts générés par les ouvrages concernant les rubriques 3.2.2.0 et 3.2.6.0.

2. DOCTRINE HYDRAULIQUE DE LA DRIEAT

2.1 OBJET

La doctrine a pour objet de présenter les préconisations de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement, de l'Aménagement et des Transports (DRIEAT) concernant les aménagements présentant un impact sur le libre écoulement des eaux et les mesures compensatoires afférentes.

Selon la doctrine, Lorsque la rivière déborde du lit mineur, trois zones peuvent être définies dans le lit d'un cours d'eau, dans lesquelles les écoulements en crue présentent des caractéristiques différentes.

- a. **Les zones d'écoulements préférentiels**, ou « zones d'écoulements vifs », qui comprennent le lit mineur et les zones de cheminement préférentiel (talwegs, rus longitudinaux, bras fossiles, noues, plans d'eau...). **La vitesse d'écoulement y est élevée** pour un lit majeur et une différence de vitesse relative significative apparaît entre un filon identifié et le reste du lit, due aux bonnes conditions d'écoulement, entraînant les veines liquides adjacentes. La variable significative dans ces zones est la section mouillée orthogonale à la direction de l'écoulement.
- b. **Les zones d'expansion des crues**, ou « zone de laminage de crue », situées dans le lit majeur, sont des zones où s'étalent les eaux de débordement, à **vitesse faible** mais non nulle. Ces surfaces de lit majeur submergées par la crue épuisent l'onde de crue par la combinaison de la dynamique naturelle d'occupation du champ d'expansion et de la rugosité élevée des parcelles de lit nouvellement occupées. La variable significative est la surface au sol. Leurs cotes et surfaces doivent donc être conservées au maximum, sinon compensées.
- c. **Les zones de stockage** dans lesquelles l'eau est stockée à **vitesse nulle**. Ces « zones de stockage de volumes », entourées de lignes structurantes telles que remblais routiers, talus, merlons (sauf éventuellement sur leur côté faisant directement face à l'amont), sont protégées partiellement contre les submersions. Une fois inondées, elles restituent vers l'aval moins d'eau qu'il n'en rentre à l'amont, par le fait d'ouvrages d'évacuation plus petits et/ou plus hauts que les ouvrages d'amenée d'eau. La variable significative est le volume entre le terrain naturel et la ligne de crête du pourtour. Seul le volume de ces zones est pris en compte pour leur compensation.

Le cas échéant, deux autres zones fonctionnelles peuvent également être identifiées :

- d. La « **zone de remontée de nappe d'accompagnement** », protégée des submersions directes par les écoulements du cours d'eau, mais dont l'inondation est due à la remontée d'eau dans le sol par mise en équilibre des niveaux de part et d'autre des obstacles qui protègent les zones de submersions directes ;
- e. La « **zone de ruissellement de coteaux** », secteur soumis aux inondations d'eaux provenant des flancs du coteaux et non du cours d'eau.

2.2 REGLES DE COMPENSATION

La réglementation exige que tout aménagement soit compensé, aussi bien en termes d'impact hydraulique qu'en termes d'impact écologique sur le milieu.

a) Types de mesure selon la zone impactée

Le pétitionnaire doit avant toute chose mettre en œuvre des mesures de réduction des impacts. Ces mesures sont ensuite complétées par des mesures compensatoires s'il subsiste un impact résiduel sur le bon écoulement des eaux.

Les exemples de compensations pour chaque zone d'impact sont détaillés dans le tableau suivant.

Tableau 2-1 : Types de mesure compensatoire selon la zone impactée (Source : DRIEAT)

Zones d'écoulements en crue	Localisation précise	Impact d'un aménagement	Exemple de compensation adéquate
Zones d'écoulements préférentiels (rouge)	Dans le lit mineur, anciens bras, talwegs...	Diminution de la section mouillée, augmentation des vitesses	Restauration de la section mouillée et/ou d'un chenal de connexion
Zones d'expansion (bleue) (surface soustraite à la crue > 1000m ²)	Dans le lit majeur, zone ou l'étalement des eaux de débordement à faible vitesse épuise le débit de pointe	Accélération de la propagation de la crue et augmentation du débit en aval	Restitution d'une surface au moins équivalente à la surface perdue. (Pour les projets < 1000 m ² restitution du volume.) à la cote du terrain naturel avant remblaiement.
Zones de stockage (vert)	Dans le lit majeur, zones avec obstacles ou les eaux sont piégées et ne peuvent ressortir progressivement qu'à la décrue	Aggravation de l'onde de crue à l'aval et augmentation de la durée de submersion	Création d'une zone de stockage de volume identique qui se remplit et se vide en fonction de la hauteur de crue

b) Mesures compensatoires de remblais en zone inondable

La doctrine précise que L'édification d'un remblai fait perdre de l'espace pour la circulation de la crue ; c'est cet espace qui doit être restitué. Par conséquent, la compensation proposée doit restituer les surfaces et volumes perdus, tranche altimétrique par tranche altimétrique, correspondant à chaque crue (de la plus faible à la plus forte). Ceci se fait en terrassant une portion de terrain insubmersible pour la rendre inondable sur une surface équivalente à la zone remblayée et à l'altitude de cette zone avant remblaiement. Cela revient donc à rendre inondables des zones qui ne l'étaient pas à l'origine.

Dans le cas de la perte des zones d'expansion, la compensation pourra se faire par tranche de 50 cm.

Le première tranche de 50 cm du remblai sera compensée par le décaissement d'une surface de section équivalente à celle du remblai à la cote de la première tranche du remblai, et ainsi de suite jusqu'à l'altitude maximale du remblai selon le principe illustré sur la Figure 2-1.

Dans le cas où le secteur du projet se situe dans une zone de stockage des crues à vitesse nulle, une simple compensation en volume est suffisante.

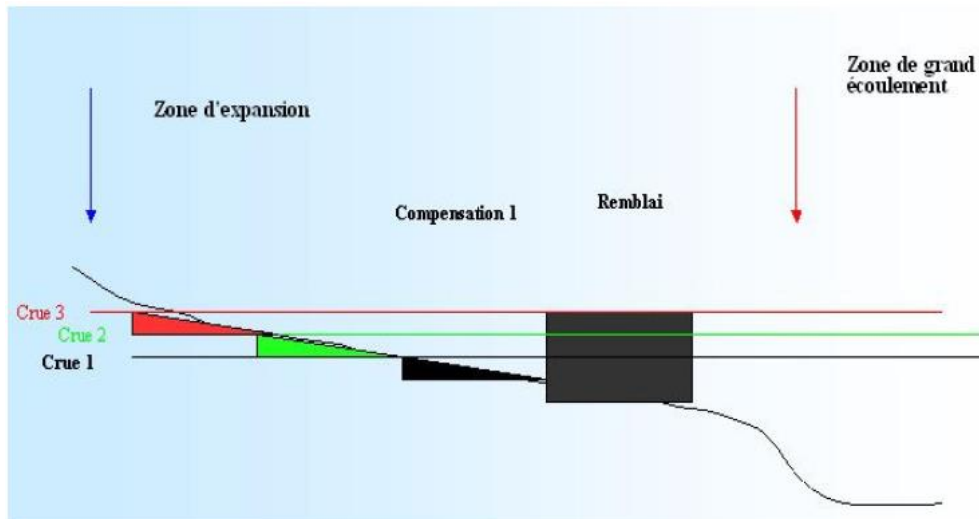


Figure 2-1 : Compensation par tranche de 50 cm (Source : DRIEAT)

2.3 APPLICATION AU PROJET

a) Calcul des champs de vitesses au droit du projet

Dans l'état actuel, le niveau d'eau dans le lit mineur de l'Aisne atteint une cote de 35.358 m NGF au droit de la zone d'étude pour la crue centennale. Les crêtes d'arase des digues de l'ARC (Agglomération de la Région de Compiègne) et de SANOFI étant à une cote inférieure, l'ensemble du site industriel est inondé après surverse au-dessus des digues. Les vitesses d'écoulement au droit du projet lors de la pointe de crue sont quasi nulles (inférieures à 0.1 m/s – cf. Figure 2-2 – modélisation du champ des vitesses pour la crue de référence centennale).

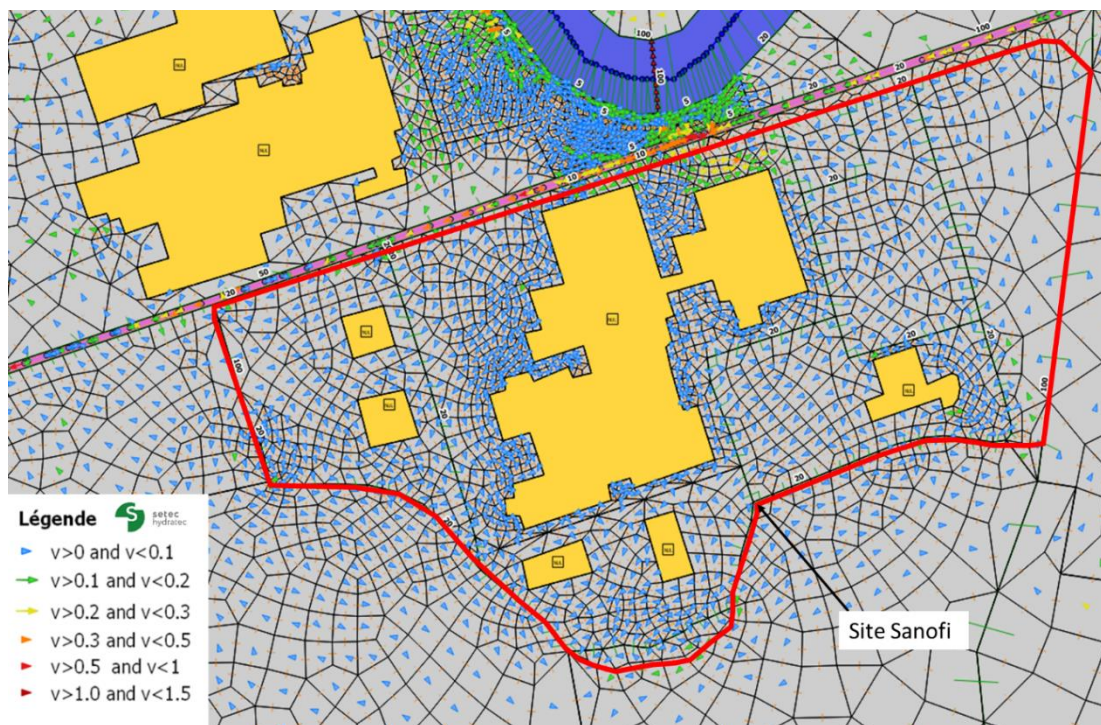


Figure 2-2 : Champs de vitesses au droit du site SANOFI – Q 100 ans

b) Classification de la zone d'écoulements au droit du projet

Conformément à la doctrine hydraulique de la DRIEAT (aménagements impactant le libre écoulement des eaux version 1.0-10/2010), et au regard des très faibles vitesses caractérisant le site industriel, ce dernier peut être considéré comme une zone de stockage des crues pour les raisons suivantes :

- L'ensemble du site industriel est inondé à partir de la crue trentennale par débordement des écoulements au-dessus des digues existantes, ce secteur déjà partiellement hors d'eau pour les crues, ne constitue donc pas une zone d'écoulement préférentiel dans le lit majeur, le champ de vitesses modélisé pour la crue centennale indiquant des vitesses étant inférieures à 0.1 m/s ;
- Le site est protégé partiellement contre les submersions (il est actuellement protégé contre la crue trentennale) par des digues constituant ainsi des lignes structurantes.
- Une fois inondé, le secteur restitue vers l'aval moins d'eau qu'il n'en rentre à l'amont, par le fait que les ouvrages d'évacuation ont une capacité moindre que les débits de mise en eau par surverse au-dessus des digues actuelles.

Par conséquent, seul le volume de cette zone est pris en compte pour la compensation hydraulique du projet.

3. ANALYSE HYDRAULIQUE EN SITUATION ACTUELLE ET EN SITUATION PROJET

3.1 CALCUL DU VOLUME SOUSTRAIT A LA CRUE

La

Figure 3-3 présente le plan masse du projet d'endiguement ainsi que le périmètre soustrait à la crue centennale sous la cote de 35.36 m NGF

Il est à noter que la modélisation hydraulique 2D indique des cotes logiquement différentes entre le lit mineur et le lit majeur, soit respectivement 35.358 m NGF et 35.34 m NGF au droit du site.

Pour la suite de l'étude, nous garderons pour aller dans le sens de la sécurité, la cote de référence du PPRI de 35.358 m NGF.

Pour cette cote de référence, le site est entièrement inondé et le volume d'eau correspondant à la surface illustrée sur la Figure 3-1 est de **123 570 m³**.

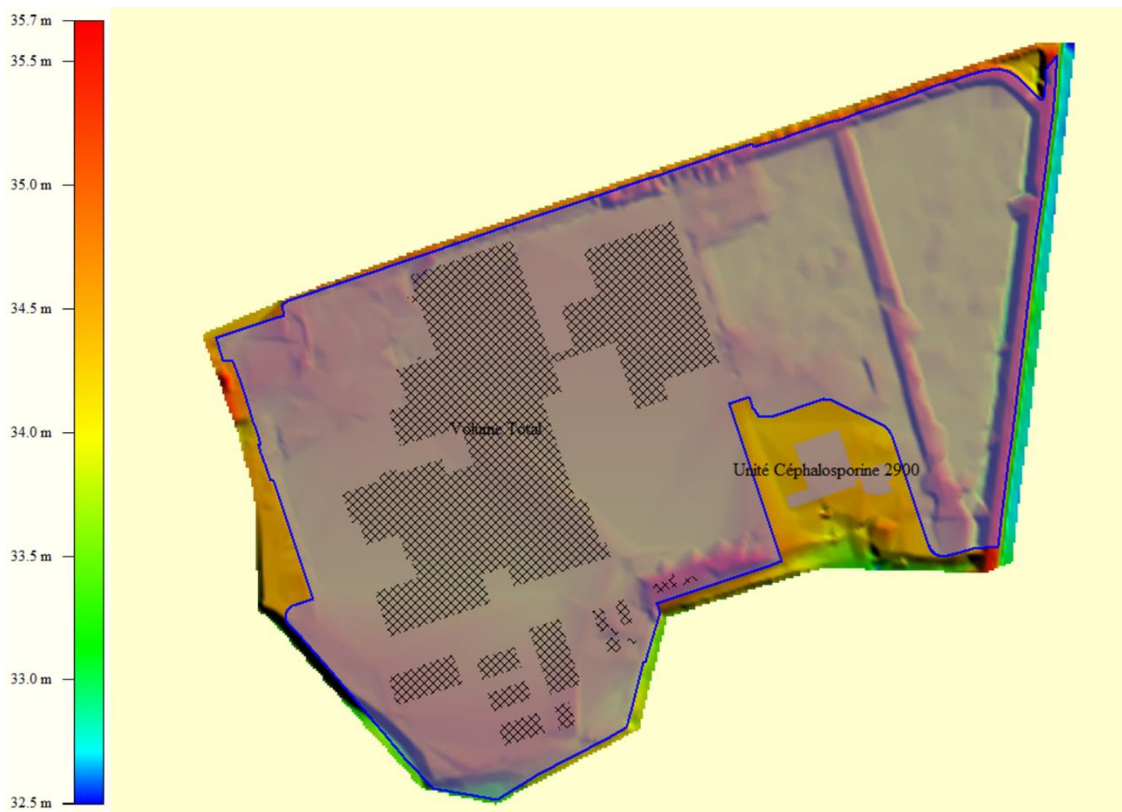


Figure 3-1 : Volume soustrait à la crue en phase APD

Par convention, on ne tient pas compte du volume des bâtiments (ici représentés en hachures noires) pour le calcul du volume soustrait à la crue. Par ailleurs, les digues projet ne protégeront pas l'unité Céphalosporine 2900, suite à une décision du maître d'ouvrage.

Le niveau de protection actuel du site Sanofi est de 34.90 m NG. Il est assuré par les deux digues de l'ARC existantes.

Pour une crue centennale, le site se remplit suivant la courbe de remplissage décrite dans Figure 3-2. La cote du point bas du terrain naturel est de 33.45 m NGF et se situe dans l'aire de la compensation projetée à proximité des digues de l'Arc à l'Est.

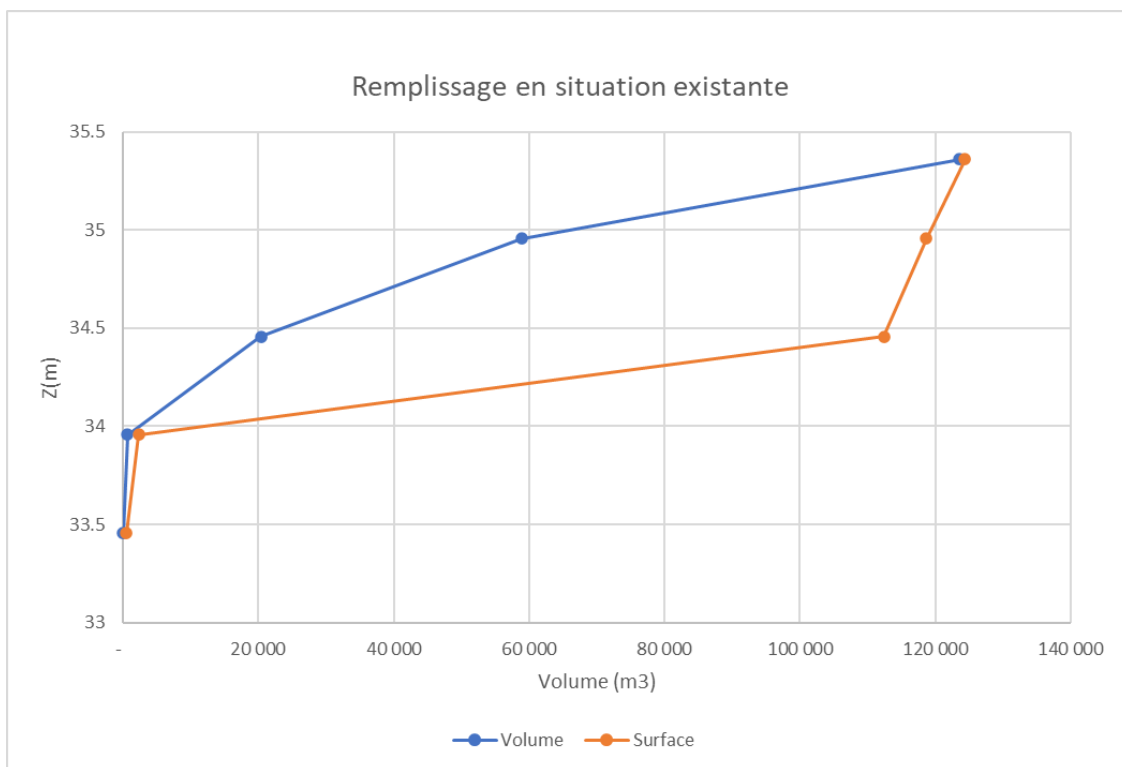


Figure 3-2 : Courbes cote-volume et cote-surface du site SANOFI dans le périmètre de protection projeté

Pour détailler le résultat ci-dessus, les deux tableaux suivants indiquent le volume et la surface totaux soustraits à la crue par les digues du projet réalisées sous la cote de la crue de référence, par tranche altimétrique de 50 cm, avant mise en œuvre du bassin de compensation.

Tableau 3-1 : Volume total soustrait à la crue par les aménagements du projet – Crue 100 ans

Tranches altimétriques de 50 cm	Cotes NGF (m)	Etat Projet avant MEC : Volume du lit majeur pris à la crue par le projet (m ³)
TN+150 cm- PHEC	34.95-35.36	64 730
TN+100 cm- TN+150 cm	34.45-34.95	38 447
TN+50 cm- TN+100 cm	33.95-34.45	19 710
TN - TN+50 cm	33.45-33.95	645
TN	33.45	38
Total		123 570

Tableau 3-2 : Surface totale soustraite à la crue par les aménagements du projet – Crue 100 ans

Tranches altimétriques de 50 cm	Cotes NGF (m)	Etat Projet avant MEC : Surface du lit majeur pris à la crue par le projet (m ²)
TN+150 cm- PHEC	34.95-35.36	5 700
TN+100 cm- TN+150 cm	34.45-34.95	6 249
TN+50 cm- TN+100 cm	33.95-34.45	110 050
TN - TN+50 cm	33.45-33.95	1 877
TN	33.45	474
Total		124 350

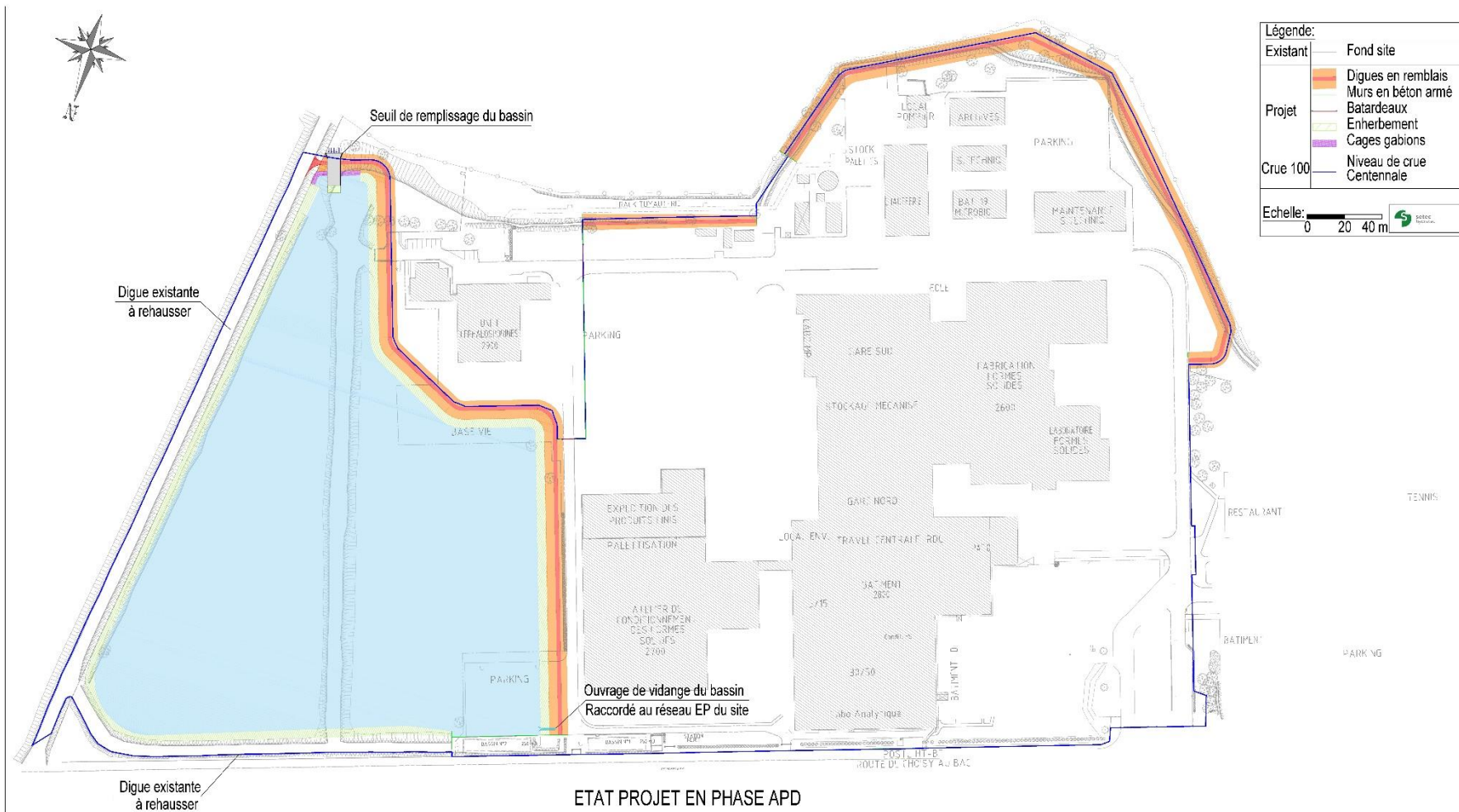


Figure 3-3 : Etat du projet en phase APD

3.2 INFLUENCE DES NIVEAUX DE LA NAPPE

Le niveau de la nappe alluviale en relation avec l'Aisne et l'Oise est directement dépendant du niveau du bief contrôlé par le barrage de Venette. La cote de retenue normale du bief est de 31.01 m NGF.

Les quelques relevés de nappe réalisés entre 2009 et 2017 sur le site SANOFI indiquent un niveau de nappe en période estivale compris entre 31.01 et 31.25 m NGF et en période de nappe haute entre 31.3 et 31.50 m NGF. Les écoulements sont orientés du sud vers le nord.

Les relevés de niveau d'eau réalisés durant les sondages géotechniques de juillet 2018, situent le niveau de la nappe entre 31.0 et 31.70 m NGF.

Les quelques relevés de nappe réalisés en hiver 2021-2022 sur le site SANOFI indiquent un niveau de nappe qui varie entre 31.35 et 32.44 m NGF. Le niveau de 32.44 m NGF a été mesuré au droit du bassin de compensation en décembre 2021, ce qui correspond à une période défavorable.

Le fond de la zone de compensation devra donc se situer au-dessus des niveaux haut de nappe (observé à 32.44) afin que cette dernière ne puisse réduire le volume utile de stockage.

Par sécurité, on situera la cote de fond au minimum 0.20 m au-dessus, soit à la cote de 32.65 m NGF.

3.3 FONCTIONNEMENT DE LA ZONE DE COMPENSATION

3.3.1 Caractéristiques dimensionnelles

La zone de compensation doit permettre de se remplir au fur et à mesure de la montée des eaux dans le lit majeur et selon une même loi de remplissage cote-volume que le site actuel (voir Figure 3-2)

Pour ce faire il est prévu de remplir l'aire de compensation à partir d'un seuil ayant une cote correspondante au terrain naturel soit 33.45.

La cote de fond calculé permettant de disposer d'un volume total de 123 800 m³ sous la cote de crue centennale est de 32.65 m NGF

Les caractéristiques dimensionnelles de la zone de compensation sont donc les suivantes :

- Cote du seuil $Z_{\text{seuil}} = 33.45$ m NGF (correspondante au TN) ;
- Cote du fond du bassin $Z_{\text{aval}} = 32.65$ m NGF ;
- Cote de crue centennale au droit du site est de 35.358 m NGF.
- Surface au miroir du bassin : 49 060 m²
- Volume de stockage maximal : 123 800 m³

3.3.2 Courbe de remplissage

Le limnigramme de crue juste à l'amont du seuil est présenté sur la figure Figure 3-4.

Le pic de crue est atteint 25 heures après le début de mise en eau du lit majeur.

La loi de remplissage cote-volume dans le bassin est reconstituée selon le processus de calcul suivant :

- Z_{ti} connu à partir du Limnigramme de crue $Z(t)$
- Débit de remplissage Q_i calculé pour la cote d'eau Z_{ti} et à partir des caractéristiques prédéfinis du seuil (largeur et cote de seuil)

- Calcul de la tranche de volume se déversant dans le bassin entre les temps t_i et t_{i-1}
- Intégration du volume de remplissage au temps t_i :

$$V_{t_i} = \sum_0^{t_i} V_i$$

- Reconstitution de la courbe $Z(V)$ de remplissage du bassin

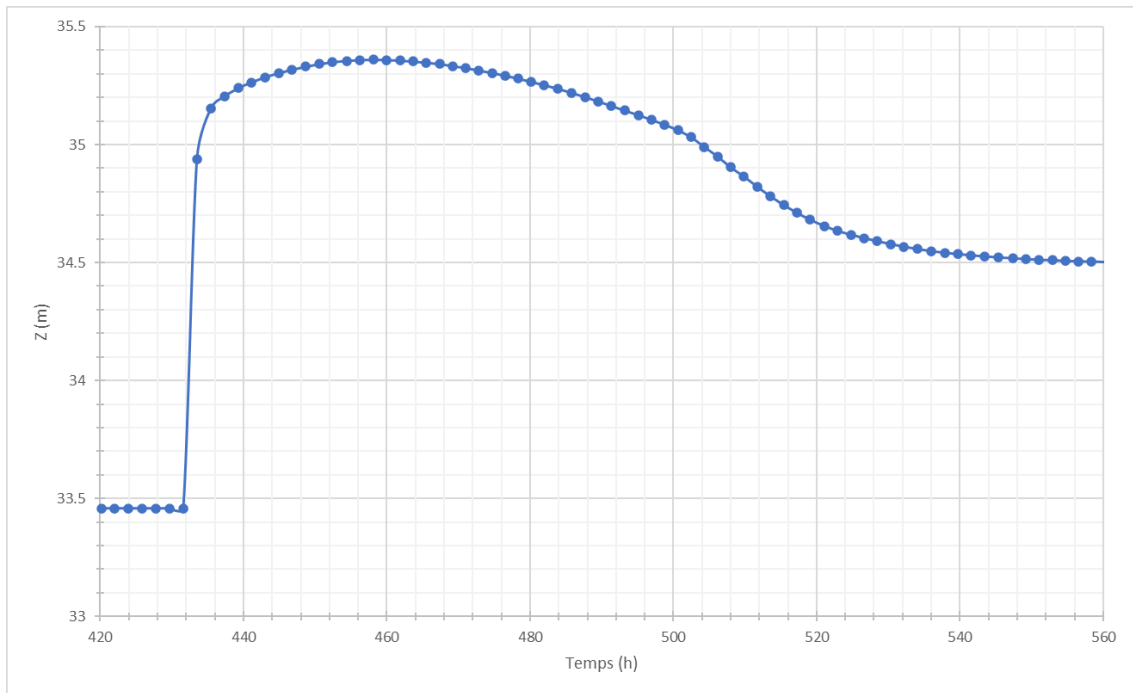


Figure 3-4 : Limnigramme de crue au droit du seuil

Des tests de sensibilité ont été réalisés avec différentes largeurs de seuil d'alimentation du bassin de compensation. Les largeurs testées varient de 1.75 à 6.5 m.

Pour le calcul du débit de remplissage de la zone de compensation, deux lois de seuils ont été utilisées

- La formule de calcul du débit pour un seuil dénoyé, donnée comme suit :

$$Q = \mu * l * \sqrt{2g} * (Z_{amont} - Z_{seuil})^{\frac{3}{2}} \quad (\text{Equation 1})$$

Avec :

- μ : Coefficient de débit pris égal à 0.385 ;
- l : Largeur du seuil (m);
- Z_{amont} : cote à l'amont du seuil, correspondante à la cote d'eau dans le lit majeur, donnée par le limnigramme de crue (m NGF).

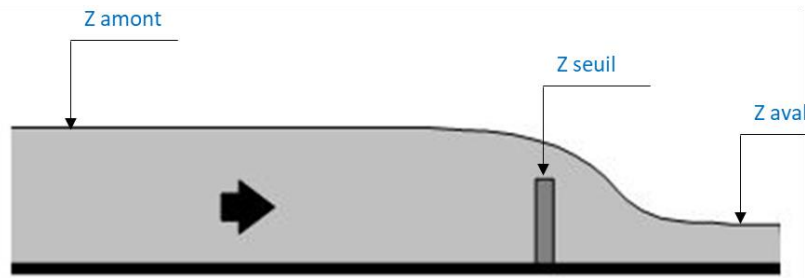


Figure 3-5 : Schéma de principe du seuil dénoyé

- Le régime d'écoulement au-dessus du seuil devient noyé dans les conditions suivantes :

$$Z_{aval} - Z_{seuil} > \frac{2}{3} * (Z_{amont} - Z_{seuil})$$

Avec :

- Z_{aval} : cote d'eau dans le bassin de compensation évoluant en cours de remplissage.

La formule du seuil noyé est la suivante

$$Q = \mu' * l * \sqrt{2g} * (Z_{amont} - Z_{aval})^{\frac{1}{2}} * (Z_{aval} - Z_{seuil}) \quad (\text{Equation 2})$$

- μ' : Coefficient de débit pris égal à 0.9.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution du débit de remplissage de la zone de compensation en fonction de la cote d'eau dans le lit majeur et pour différentes largeurs du seuil. Le débit de remplissage croît logiquement avec la largeur du seuil.

On observe une décroissance du débit à partir d'une certaine cote d'eau amont, traduisant le passage en régime noyé et l'influence de la cote aval dans le bassin.

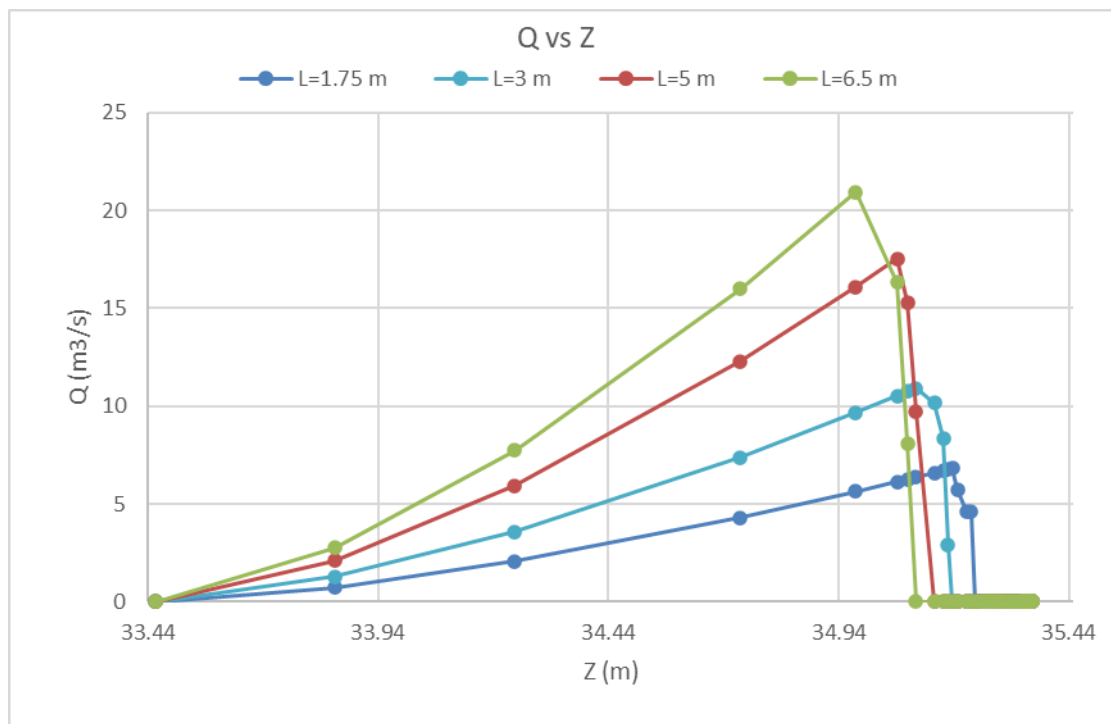


Figure 3-6 : Courbe Q(Z_{amont}) pour différentes largeurs de seuil

La Figure 3-7 ci-après décrit l'évolution du volume de remplissage dans le bassin en fonction de la cote d'eau en lit majeur et pour différentes largeurs de seuil. Elle se déduit selon le processus de calcul décrit ci-avant à partir des courbes de la Figure 3-4 et Figure 3-6.

Sur la figure est également reportée la courbe Z(V) du site en situation actuelle.

Les simulations réalisées montrent que la largeur du seuil déversant à 6m50 permet de se rapprocher le mieux de la courbe de stockage Z(V) du site en situation actuelle. Pour des largeurs inférieures, les volumes de stockage dans le bassin sont inférieurs à ceux en situation actuelle et ne deviennent équivalents qu'au moment du pic de crue.

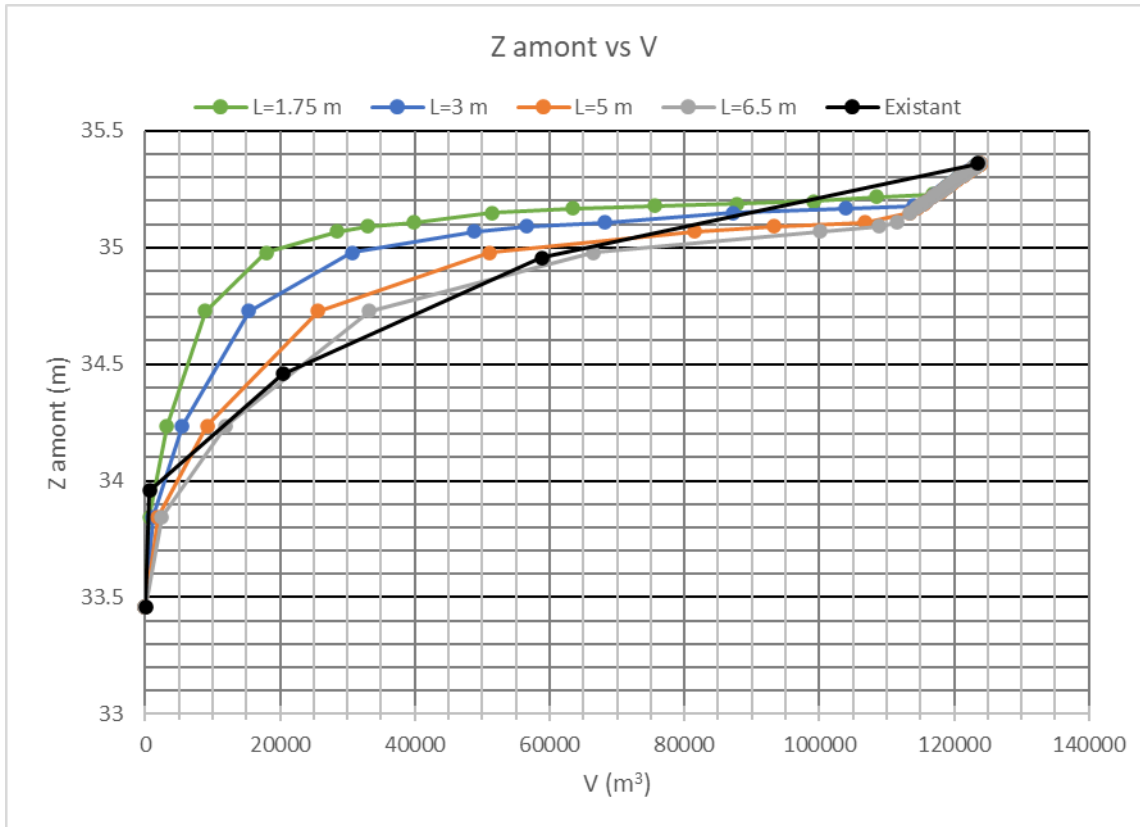


Figure 3-7 : Remplissage du bassin de compensation en état projet

La courbe de remplissage retenue pour le seuil de largeur L=6.5 m est indiquée sur la Figure 3-8.

Elle permet de maintenir un débit non nul de remplissage ((environ 0.13 m³/s) au moment du pic, se traduisant par un petit écrêtement du débit de point de la crue.

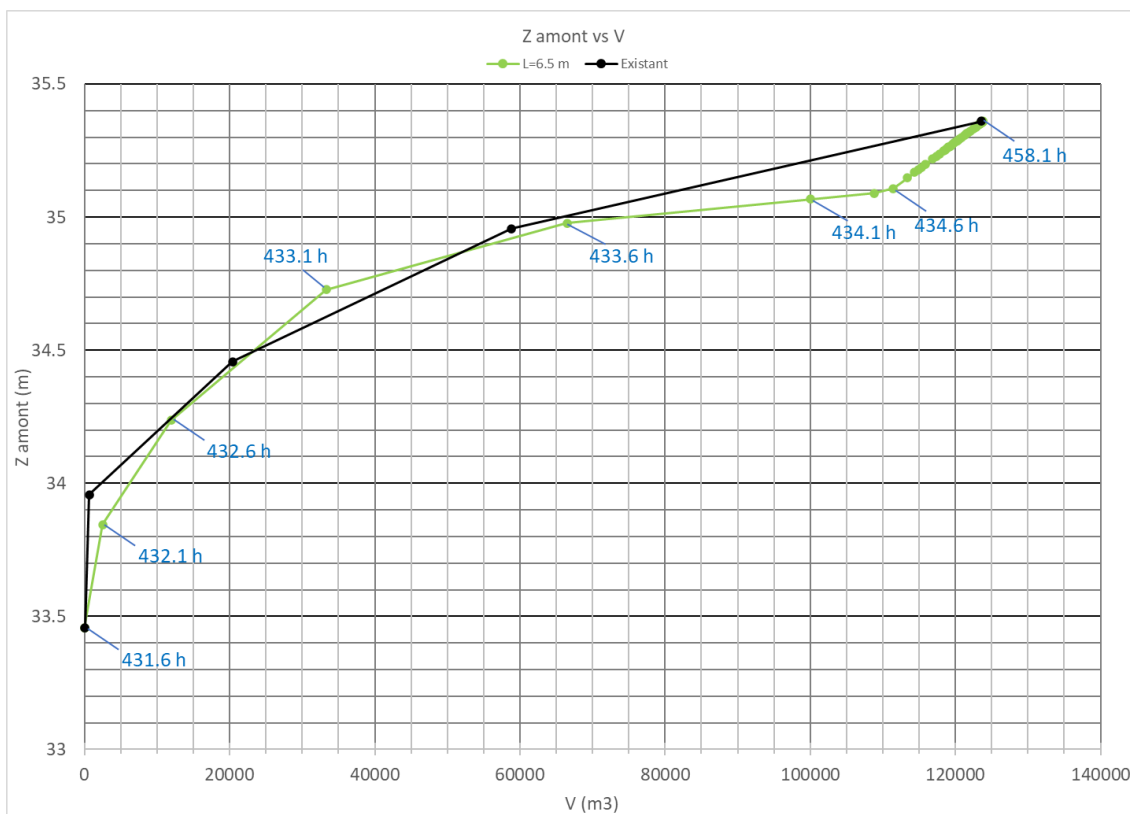


Figure 3-8 : Remplissage du bassin de compensation en état projet – Seuil 6.5 m de largeur

3.3.3 Application de la doctrine DRIEAT

Le tableau ci-après récapitule, par tranche altimétrique de 0.5 m conformément à la doctrine de la DRIEAT, les résultats des volumes du lit majeur inondé, les volumes du lit majeur pris à la crue et les volumes de lit majeur rendu à la crue.

Les résultats montrent que le volume total du lit majeur inondé dans l'emprise du projet après application des mesures compensatoires, est très proche du volume initial ; on note un petit excès pour le volume final inondé de +230 m³.

Les volumes inondés par tranche altimétrique de 0.5 m sont conservés à ±20%, et ceci à partir de la cote TN+0.50m. Pour la tranche inférieure, la mesure compensatoire tend à accentuer le volume stocké. Il apparaît néanmoins difficile de réduire cet écart, sans impacter les volumes restitués à la crue pour les tranches supérieures.

Tableau 3-3 : Résultats par tranche altimétrique des volumes en application de la doctrine

Tranches altimétriques de 50 cm	Cotes NGF (m)	Etat initial Volume du lit majeur inondé (m ³) (1)	Etat Projet avant MEC (Bassin de compensation) Volume du lit majeur pris à la crue par le projet (m ³) (2)	MEC - Volume du lit majeur rendu à la crue (m ³) (3)	Bilan - Etat Projet Volume du lit majeur inondé (m ³) = (1) - (2) + (3)
TN+150 cm- PHEC	34.95-35.36	69 606	64 730	57 300	62 176
TN+100 cm- TN+150 cm	34.45-34.95	42 662	38 447	43 891	48 106
TN+50 cm- TN+100 cm	33.95-34.45	21 025	19 710	15 394	16 709
TN - TN+50 cm	33.45-33.95	592	645	7 203	7 150
TN	33.45	19	38	12	7
Total		133 904	123 570	123 800	134 134

3.4 VIDANGE DU BASSIN DE COMPENSATION.

En période de décrue, le bassin de compensation sera vidé d'abord de façon gravitaire sur la tranche supérieure puis par pompage pour la tranche inférieure.

3.4.1 Vidange gravitaire par le seuil de remplissage

La partie qui sera vidée gravitairement par le seuil (ouvrage de remplissage) correspond au volume situé entre les deux côtes de 34.5 m NGF et 35.36 m NGF (cote de crue centennale).

La cote de 34.5 m NGF correspond grosso modo à la cote moyenne du lit majeur en dehors du périmètre de protection (voir cartes page suivante).

Le volume d'eau correspondant à la partie vidangée gravitairement (entre 34.5 m NGF et 35.36 m NGF) est de 41 500 m³.

La cinétique de vidange gravitaire dans le bassin est identique à celle du reste du lit majeur.

Ce qui correspond à un temps de vidange de 104 h environ ou un peu plus de 4 jours. (Cf. figure ci-dessous), jusqu'à la cote de 34.5m NGF.

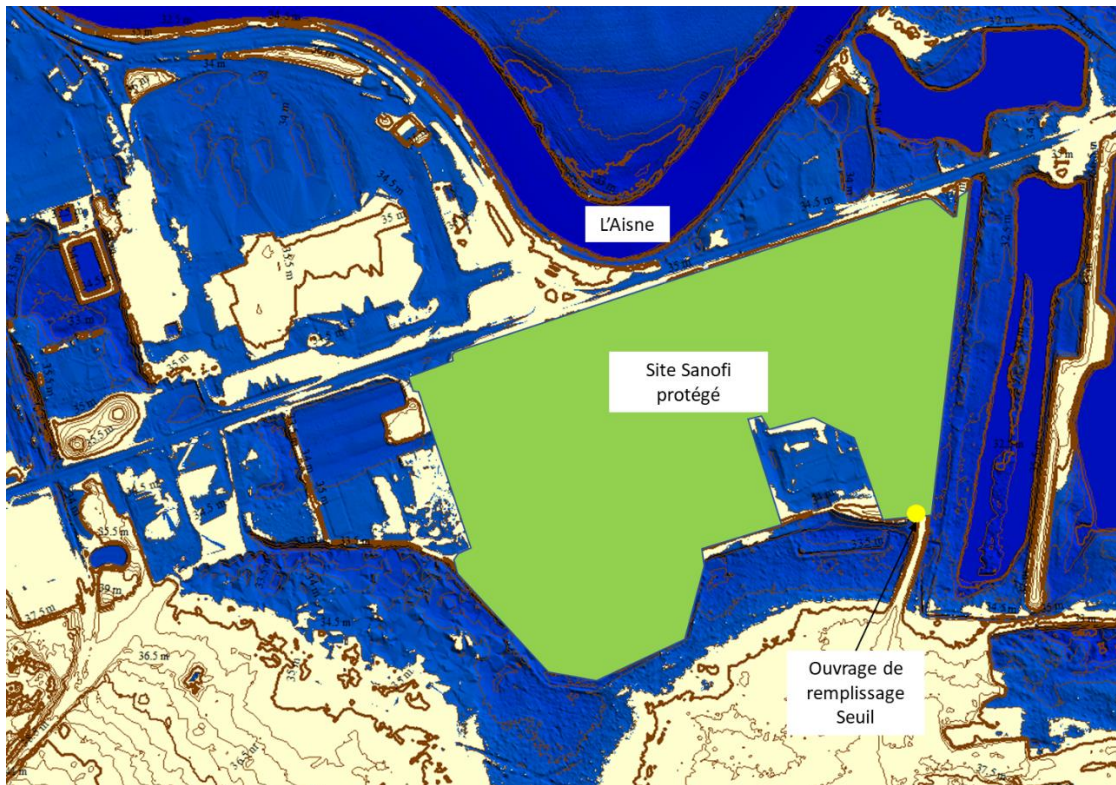


Figure 3-9 : emprise de la zone inondable en lit majeur à la cote Z= 34.5 m NGF

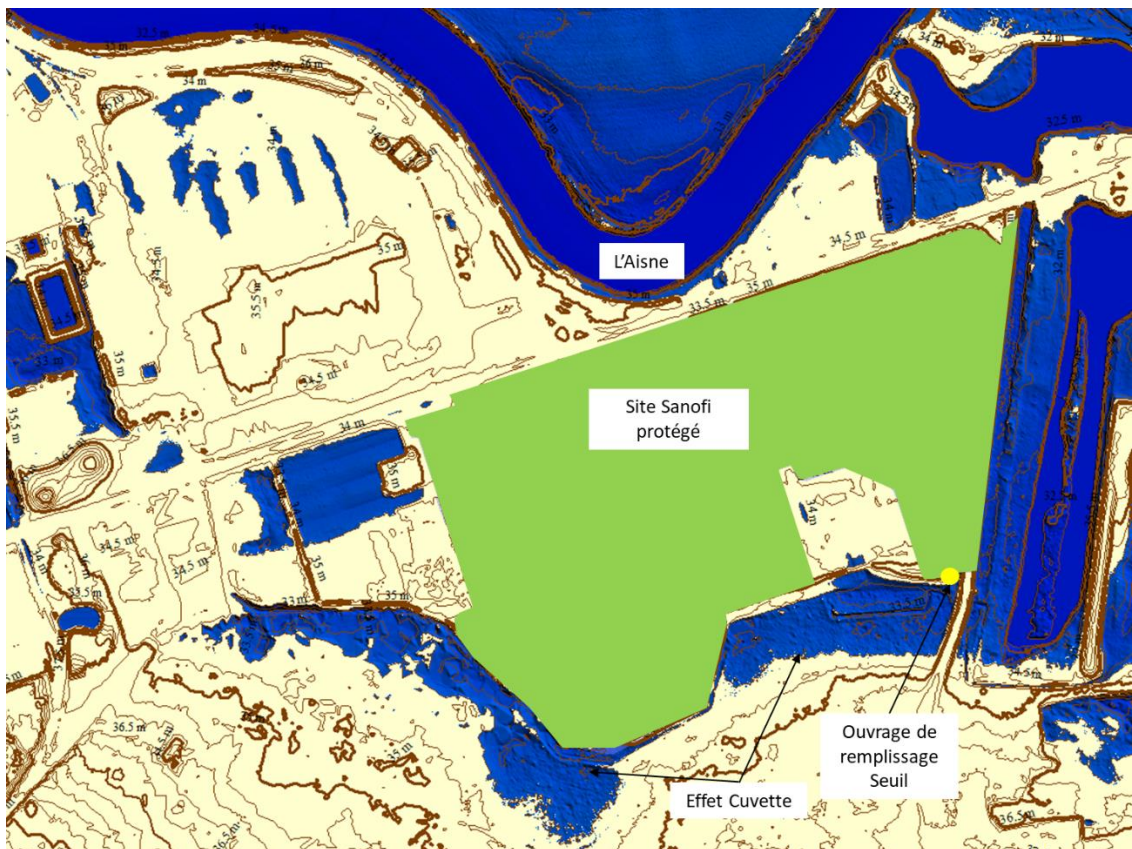


Figure 3-10 : emprise de la zone inondable en lit majeur à la cote Z= 34 m NGF

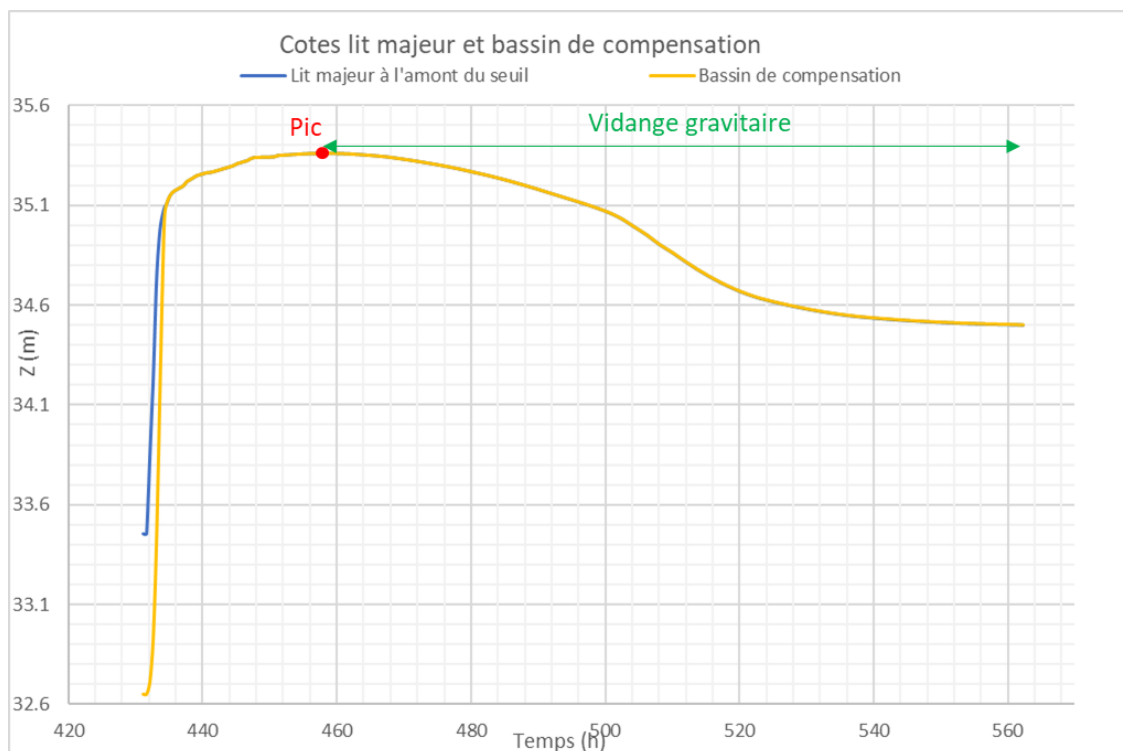


Figure 3-11 : Vidange de la partie gravitaire du bassin de compensation

3.4.2 Vidange par pompage

Le volume d'eau restant dans le bassin entre la cote de 32.65 m NGF et 34.5 m NGF est de 82 300 m³. Ce volume sera vidé par pompage.

Pour éviter si nécessaire les entrées d'eau dans le bassin sous la cote de 34.5 m NGF, l'ouvrage de remplissage sera équipé d'une vanne murale isolant le bassin.

La vidange par pompage se fera par l'intermédiaire du poste de refoulement existant situé du côté nord du site. Le raccordement au poste de refoulement se fera par la conduite d'eau pluviale existante de diamètre DN 1000mm. Un regard avec vanne de coupure sera installé à la jonction de la vidange de fond et de la conduite DN1000.

La bache est équipée de deux pompes qui envoient les eaux dans l'Aisne par l'intermédiaire d'une conduite d'évacuation également de diamètre DN 1000 mm.

La figure ci-dessous présente la vue en plan et la coupe de l'ouvrage de rejet raccordé au réseau existant.

a) Description du système de pompage

La station de pompage de SANOFI est constituée de deux compartiments. Un premier du côté site contenant les entrées d'eau DN 1000 mm des réseaux EP du site et un deuxième du côté Aisne se raccordant à la conduite d'évacuation DN 1000 mm dans l'Aisne.

La bache de pompage (compartiment amont) est équipée de deux pompes fonctionnant par refoulement.

Les deux compartiments sont séparés par un voile béton équipée d'une vanne murale isolant les deux compartiments en période de crue. Pour la cote d'eau normale de l'Aisne, les eaux de pluies du site peuvent s'évacuer gravitairement à travers la vanne murale ouverte.

Les caractéristiques du système de pompage du site sont détaillées comme suit :

- Cote du fond de la bache de pompage : 31.67 m NGF
- Cote de la génératrice supérieure du mur de la bache de pompage : 35.62 m NGF
- Fil d'eau de la conduite de rejet dans la bache DN 1000 mm : 32.47 m NGF
- Fil d'eau de la conduite DN 1000 mm d'évacuation vers l'Aisne : 31.67 m NGF
- Débit total des deux pompes de refoulement : 0.85 m³/s. (0.425 m³/s chacune)

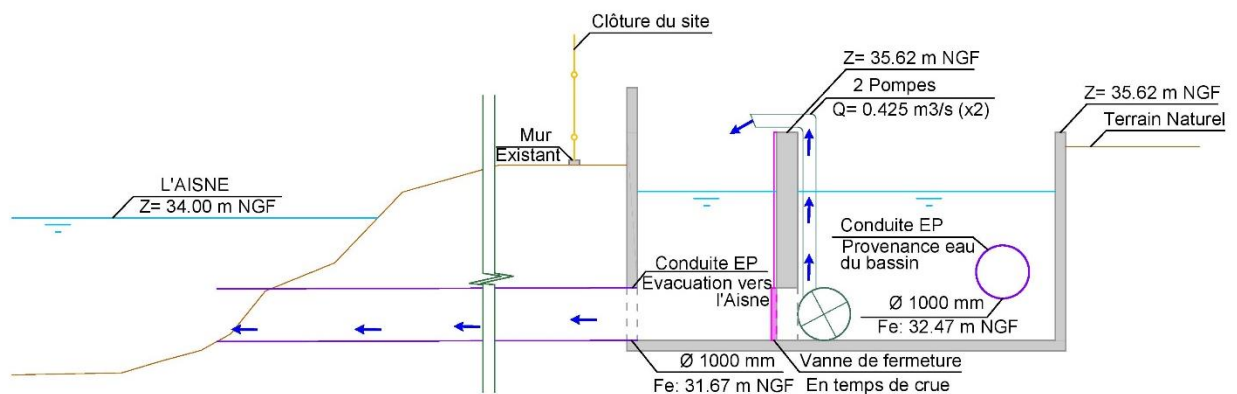
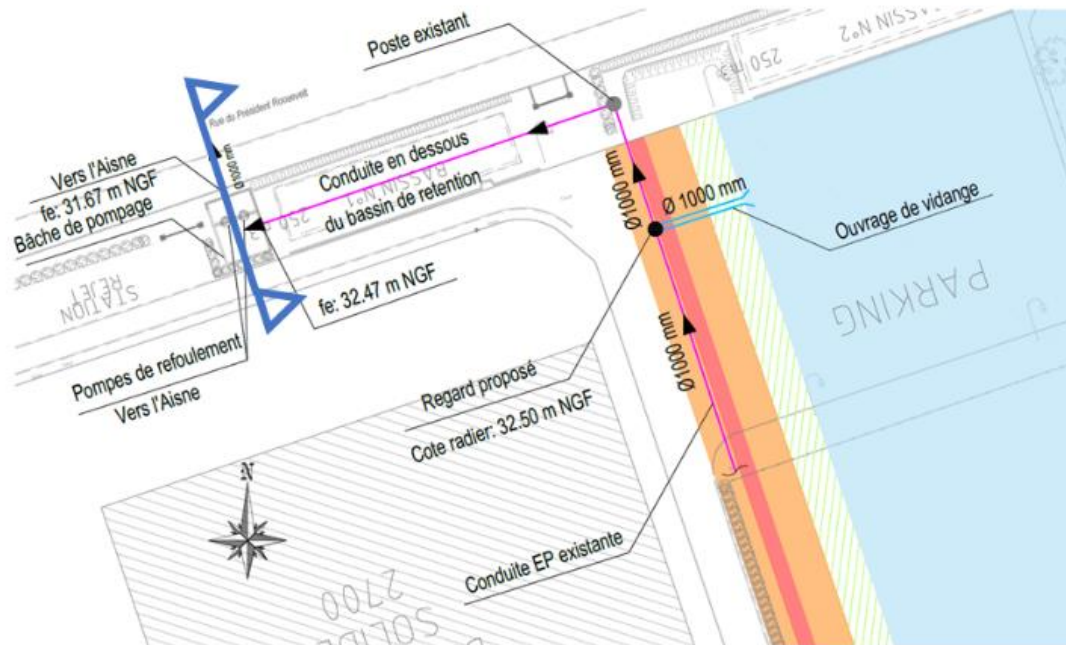


Figure 3-12 : Vue en plan et coupe de l'ouvrage de rejet

b) Fonctionnement de l'ouvrage de vidange

Le volume de vidange par pompage est de 82 300 m³.

En considérant la capacité des pompes totale de 0.85 m³/s en régime permanent, le temps de vidange du bassin par pompage serait :

$$t = \frac{V_{\text{bassin}}}{Q_{\text{pompes}}} = \frac{82300}{0.85} = 26.9 \text{ h}$$

Ou environ 1.12 jour.

Afin de réguler le débit de vidange du bassin à la capacité des pompes, il sera nécessaire de contrôler la section hydraulique en sortie de bassin par l'intermédiaire de la vanne murale.

Le graphique suivant illustre la vidange du bassin de compensation par pompage (en considérant une pompe en fonctionnement et une en arrêt) en comparaison avec la cote dans le lit majeur à l'amont du seuil et dans le lit mineur dans l'Aisne.

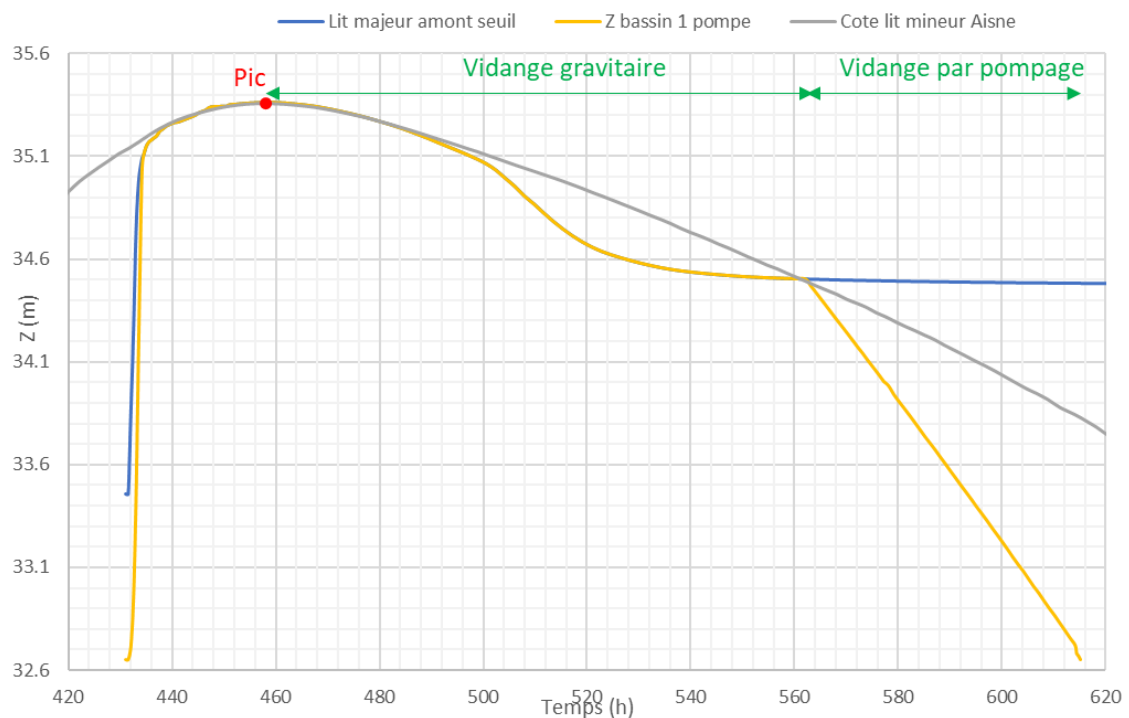


Figure 3-13 : Cote en fonction du temps dans le lit majeur, le bassin de compensation et le lit mineur dans l'Aisne

Selon ce graphique, la vidange par pompage débute dès que la cote dans le bassin ou dans l'Aisne atteint 34.5 m NGF.

Compte tenu de la section de la canalisation d'évacuation dans l'Aisne, le débit capable de la conduite ne sera pas limitant. Le débit de vidange sera donc uniquement lié à l'ouverture de la vanne de vidange du bassin et à la capacité des pompes.

c) Vidange du bassin pour une crue à double pics

La figure suivante montre l'évolution des cotes d'eau dans le lit de l'Aisne pour une crue simple de type centennale.

Le bassin se vidange dans un premier temps de façon gravitaire comme le reste du lit majeur, jusqu'à la cote de 34.5 m NG, puis par pompage sous cette cote.

Le limnigramme ci-dessous met en évidence une vitesse de décrue de 1cm/heure environ, valeur significativement plus faible que celle correspondant à la capacité des pompes qui donne une vitesse de baisse du niveau d'eau dans le bassin de 3cm/heure environ pour un débit de pompage de 0.85 m³/s et de 1.5 cm/heure pour un débit de 0.425 m³/s. Cette relative rapidité de la vidange par pompage permet ainsi de disposer d'un volume de remplissage disponible en cas de second pic survenant après une première crue mettant en eau le bassin.

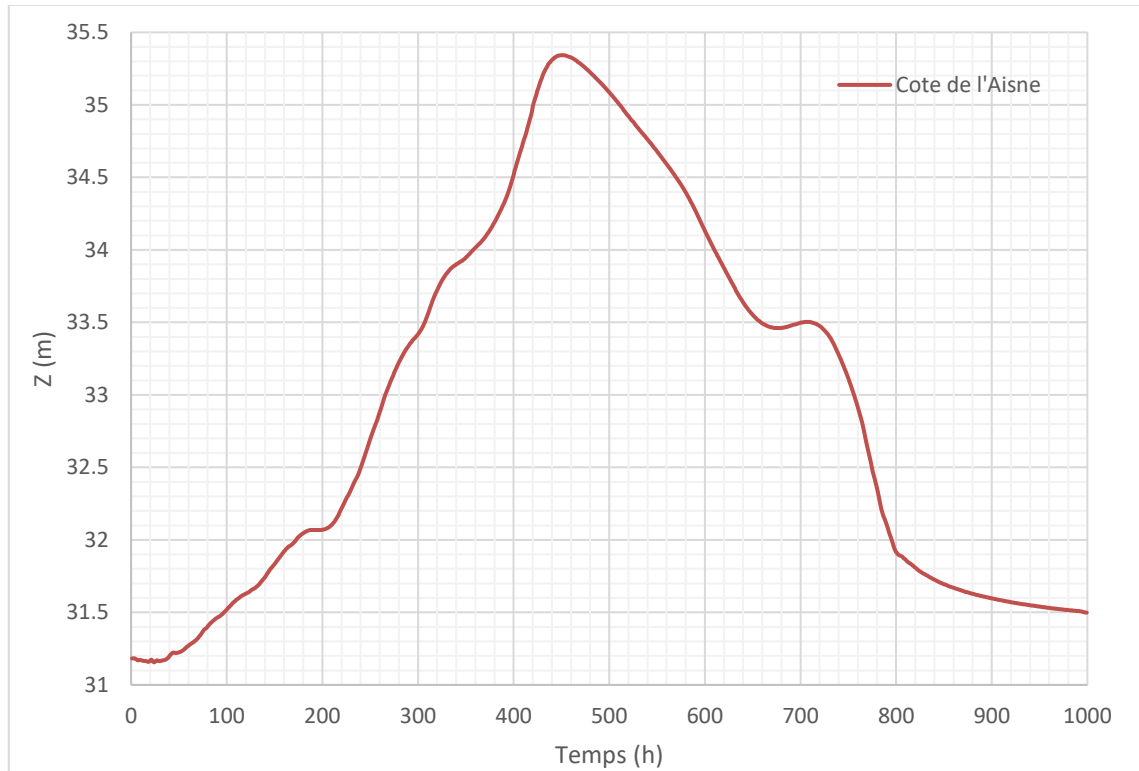


Figure 3-14 : Limnigramme de crue centennale dans le lit mineur de l'Aisne

4. SYNTHÈSE

SANOFI projette de protéger par un système d'endiguement son site industriel contre une crue de référence centennale.

Le projet soustraira un volume de 123 570 m³ sous la cote d'eau de 35.358 m NGF prise comme niveau d'eau de référence et correspondant à la cote max de crue en lit mineur au droit du projet.

Le site endigué étant assimilé à une zone de stockage de crue, une compensation en volume est requise ; cette compensation devant s'attacher à reconstituer par tranche de 0.50 m les volumes de débordements identiques à ceux observés en situation actuelle

Pour ce faire, la zone de compensation disposera d'une capacité de stockage de 123 800 m³ obtenue par creusement des terrains dans l'emprise du bassin à une cote de 32.65 m NGF. Cette cote se situe au-dessus des plus hautes eaux de nappe pour ne pas empiéter dans le volume utile de stockage.

Le remplissage du bassin après débordement de l'Aisne en lit majeur, se fera par l'intermédiaire d'un seuil fixe équipé d'une vanne murale dont les dimensions sont les suivantes :

- Cote de seuil à 33.45 m NGF
- Largeur 6.5 m

Ce dispositif de remplissage permet de respecter la dynamique de remplissage Z(V) du site en configuration actuelle.

La vidange se fera en première partie de décrue gravitairement par le même seuil jusqu'à la cote du TN dans le lit majeur, soit environ 34.5 m NGF.

La durée de vidange gravitaire sera analogue à la durée de décrue dans le lit majeur, soit environ 4 jours pour la crue centennale.

La vitesse de vidange par pompage sous la cote de 34.5 m NGF sera plus rapide que celle dans le lit mineur, de telle sorte à disposer d'un volume de stockage disponible en cas de second pic ré inondant le lit majeur.

La durée de vidange totale du bassin par pompage sera d'environ 2 jours, à comparer à une durée de décrue d'environ 10 jours entre la cote de 34.5 m NGF et une cote proche de la cote de retenue normale du bief.