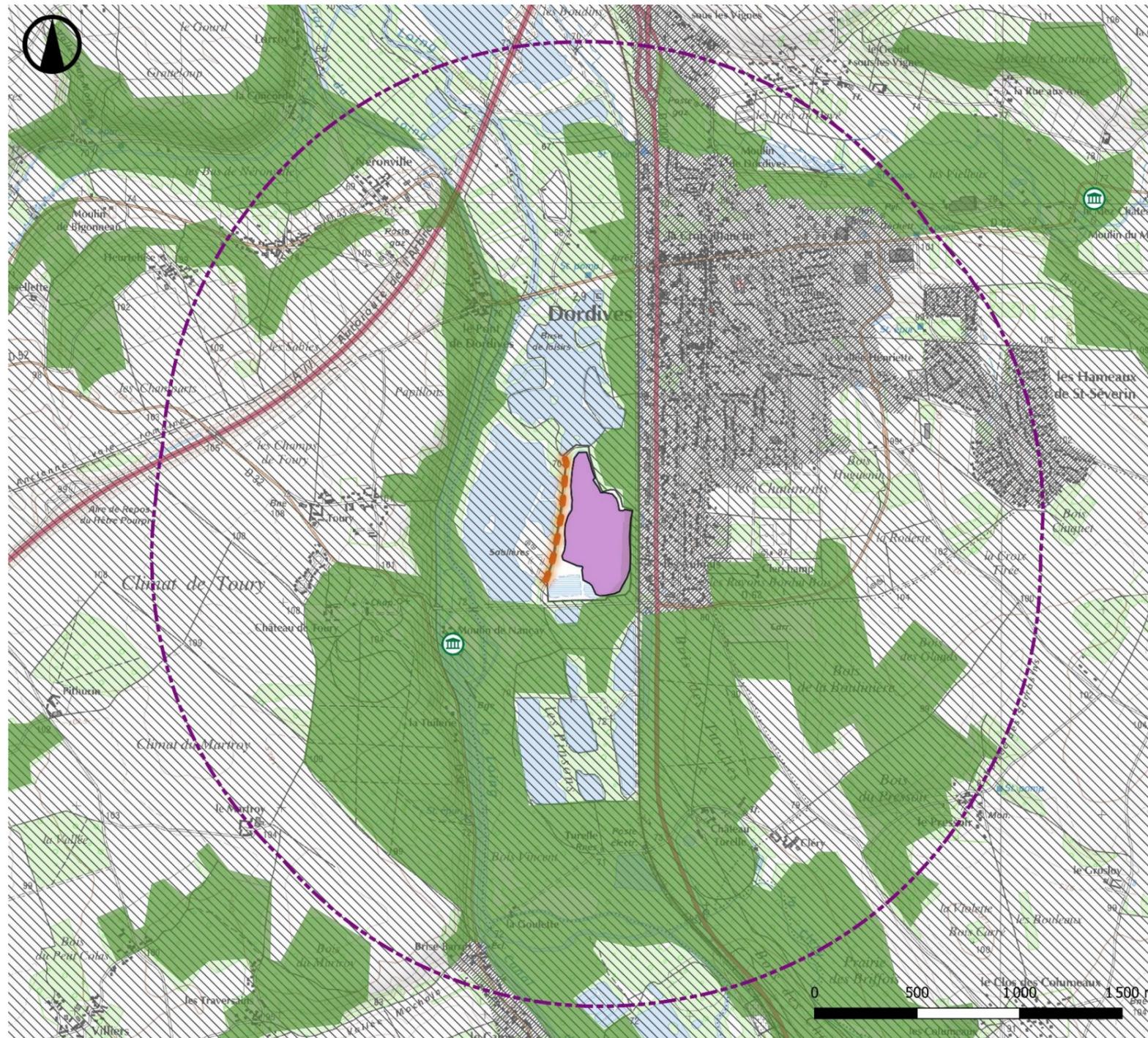


2 - 2 IMPACTS BRUTS EN PHASE D'EXPLOITATION DE L'AIRE D'ETUDE RAPPROCHEE

2 - 2a Rappel : carte de synthèse de l'état initial



Carte 17 : Carte de synthèse, des sensibilités (@ATER Environnement, 2021)

Synthèse de l'aire d'étude rapprochée



Juillet 2022

Sources : IGN 100®, CLC 2018
Copie et reproduction interdites

Légende

- Zone d'Implantation Potentielle (ZIP)
- Aires d'étude**
- Aire d'étude rapprochée (2km)
- Masques visuels principaux**
- Tissu urbain dense
- Principaux boisements (>25ha)
- Circuits touristiques**
- GR 13
- Sentier local
- Synthèse des visibilitées potentielles**
- Sentier local - Sensibilité faible ponctuellement forte
- Zones de non visibilité du projet

2 - 2a Impact paysager depuis les lieux de vie

Dordives représente le bassin de vie principal de l'aire d'étude rapprochée, complété par le village de Néronville et quelques hameaux.

Si les lieux de vie représentent un enjeu fort, aucune sensibilité n'avait été relevée dans l'état initial. En effet, malgré la proximité du village de Dordives vis-à-vis du projet, aucune visibilité sur ce dernier n'est permise depuis l'ensemble des habitations du fait de l'épais talus boisé qui ceinture l'étang sur lequel s'installe la centrale solaire flottante de Dordives. Ainsi, l'ensemble du site est entièrement invisible dans le paysage depuis les habitations de Dordives comme depuis celles des autres lieux de vie présents dans l'aire rapprochée.

Le projet de Dordives n'a donc pas d'impact sur les lieux de vie de l'aire d'étude rapprochée.



Figure 68 : Vue depuis la D2007 lors de sa traversée de Dordives (©ATER Environnement, 2023)

2 - 2b Impact paysager depuis les axes de communication

Trois axes de communication majeurs traversent l'aire d'étude rapprochée. Il s'agit de l'A77, de la D2007 et de la voie ferrée. Si ces axes représentent un enjeu très fort, ils n'avaient pas été recensés comme sensibles au cours de l'analyse de l'état initial. En effet, à l'image des lieux de vie, l'enclavement du site au sein d'un paysage fermé par la végétation boisée contraint toutes interactions visuelles entre le projet de centrale solaire flottante de Dordives et les axes de communication, même ceux passant à proximité immédiate du site (voie ferrée, route communale au sud).

Le projet de central solaire flottante de Dordives n'aura pas d'impact particulier sur les axes de communication.



Figure 69 : Vue depuis la route passant au sud du projet (©ATER Environnement, 2023)

2 - 2c Impact paysager depuis les sentiers de randonnée

Malgré la présence d'un GR, de plusieurs circuits de randonnée locaux et cyclables, notamment au bord du canal du Loing, la sensibilité de ces circuits avait été évaluée globalement nulle au cours de l'analyse de l'état initial. Seul un sentier de randonnée, longeant la rive ouest du lac où se trouve la zone d'implantation potentielle pouvait donner vue sur le projet de manière intermittente et présentait donc une sensibilité modérée à forte sur cette portion.

Etant donné que le sentier passe au travers des boisements, les percées visuelles laissant le lac visible au travers de la végétation sont rares.

De plus, le choix d'implantation du projet de centrale solaire flottante de Dordives ne prenant qu'une partie de l'emprise initiale de la zone d'implantation du projet, l'impact visuel sera d'avantage réduit depuis ce sentier. Quelques ouvertures plus larges sont possibles au nord et donnent accès à une visibilité ouverte sur le lac en se détachant brièvement du sentier. L'impact généré par le projet est alors modéré à localement fort au nord du lac. Un photomontage, présenté plus bas permettra d'illustrer l'impact réel du projet dans le paysage depuis ce sentier.

L'impact est globalement nul pour les axes touristiques. Seul le sentier longeant l'ouest du site pourra offrir des vues intermittentes sur le projet. L'impact est très faible et peut être ponctuellement fort.



Figure 70 : Vue depuis le sentier qui longe le site à l'ouest (@ATER Environnement, 2023)

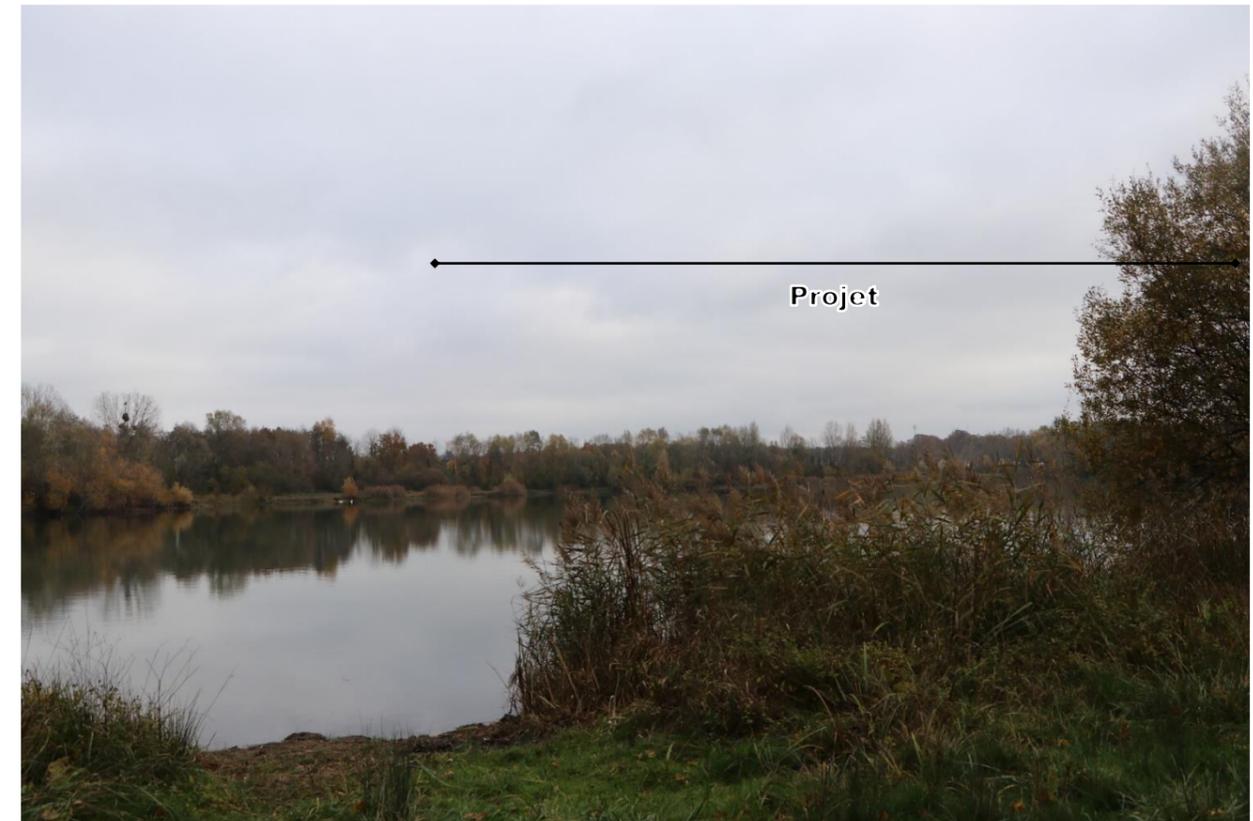


Figure 71 : Vue sur le lac depuis un point proche du sentier qui longe l'ouest du site (@ATER Environnement, 2023)

2 - 3 IMPACTS DEPUIS LES MONUMENTS HISTORIQUES ET LES SITES PROTEGES

2 - 3a Depuis les monuments historiques

Treize monuments historiques sont présents au sein des différentes aires d'étude mais aucun d'entre eux n'a été relevé comme sensible au sein de l'état initial. En effet, la grande majorité de ces monuments est positionnée dans le centre bourg de Château-Landon, où la trame bâtie et la ripisylve des vallées du Fusain et du Loing forment des écrans visuels efficaces. Pour les autres, ils sont soit installés en cœur de bourg, soit au sein de boisements denses qui ne permettent aucune relation visuelle avec le projet.

N°	Commune	Monument	Protection	Distance au projet (km)	Impact
AIRE D'ETUDE RAPPROCHEE					
1	Nargis	Pertuis du moulin de Nançay	Inscrit	0,7	NULL
AIRE D'ETUDE ELOIGNEE					
2	Dordives	Château de Mez-le-Maréchal	Inscrit	2,7	NULL
3	Souppes-sur-Loing	Abbaye de Cercanceau	Inscrit	2,7	NULL
4	Fontenay-sur-Loing	Maison	Partiellement inscrit	3,1	NULL
5	Château-Landon	Abbaye Saint-Séverin (ancienne)	Partiellement Classé-Inscrit	3,9	NULL
6	Château-Landon	Tour de Saint-Thugal	Inscrit	4,1	NULL
7	Château-Landon	Porte Madeleine (ancienne)	Inscrit	4,3	NULL
8	Château-Landon	Hôtel Dieu (ancien)	Inscrit	4,3	NULL
9	Château-Landon	Eglise Notre-Dame	Classé	4,4	NULL
10	Château-Landon	Eglise Saint-André (ancienne)	Inscrit	4,4	NULL
11	Château-Landon	Tour Saint-André	Classé	4,4	NULL
12	Ferrières-en-Gâtinais	Croix de l'Hosannaire	Inscrit	4,5	NULL
13	Château-Landon	Hôtel de la Monnaie (ancien)	Partiellement inscrit	4,6	NULL

Tableau 2 : Monuments historiques recensés sur l'aire d'étude éloignée (source : Atlas des Patrimoines, 2023)

L'impact sera donc nul.

2 - 3b Depuis les sites naturels

Deux sites naturels protégés ont été recensés au cours de l'état initial. Le premier englobe la vallée du Fusain et une partie du village de Château-Landon. Le second correspond à la vallée du Betz. Aucun de ces deux sites n'a été recensé comme sensible au projet de centrale solaire flottante de Dordives. De ce fait, aucun impact n'est relevé.

L'impact sera nul.

2 - 3c Depuis les sites patrimoniaux remarquables

Un Site patrimonial Remarquable est recensé, celui de Ferrières-en-Gâtinais, qui, malgré sa très vaste étendue, n'entreprendra pas de lien visuel avec le parc solaire flottant de Dordives. En effet, en plus de l'épaisse couronne végétale qui cerne la future centrale solaire, la densité du bâti constitue un écran visuel efficace pour bloquer toute visibilité en direction du projet.

L'impact sera nul.

2 - 3d Depuis les monuments commémoratifs

Aucun monument commémoratif n'a été relevé comme sensible au cours de l'état initial. L'impact sera donc nul.

L'impact sera nul.

2 - 3e Le patrimoine vernaculaire

Peu d'éléments du patrimoine vernaculaire ont été recensés au cours de l'état initial. Il s'agit principalement de l'église de Dordives, de la chapelle de Toury ou du château de Turelle. Ils sont tous protégés de tout impact visuel liés à la centrale solaire de Dordives par la ceinture végétale qui entoure le site où s'installe le projet.

L'impact est nul.

2 - 3f Patrimoine mondial de l'UNESCO

Créée le 16 novembre 1945 à Londres, l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) a instauré en 1972, la Liste du patrimoine mondial qui a pour objectif de recenser les patrimoines, naturels et culturels considérés comme ayant une valeur exceptionnelle pour l'humanité.

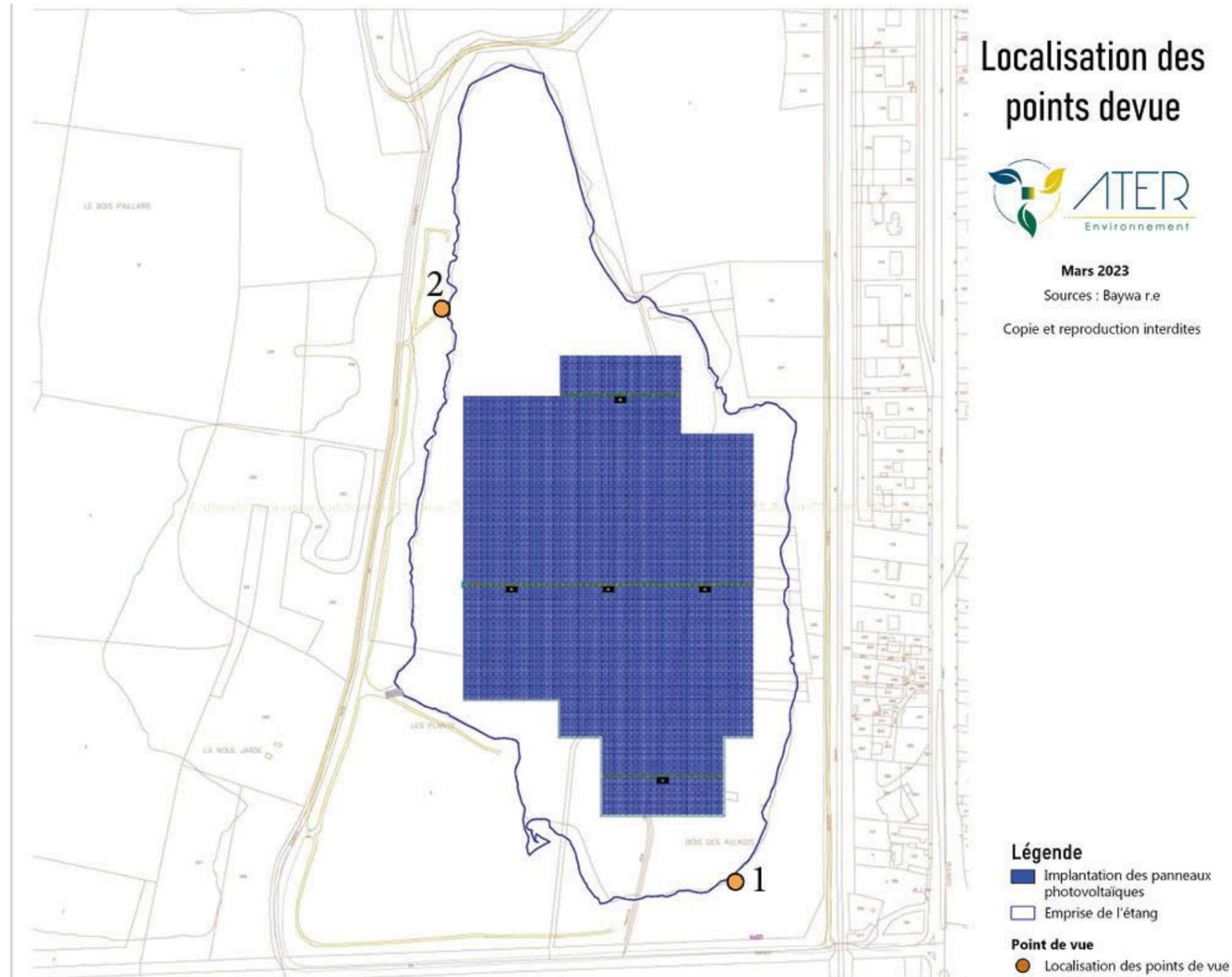
Pour figurer sur la Liste du patrimoine mondial, les sites doivent avoir une valeur universelle exceptionnelle et satisfaire à au moins un des dix critères de sélection (représenter un chef-d'œuvre du génie créateur humain, apporter un témoignage unique ou du moins exceptionnel sur une tradition culturelle ou une civilisation vivante ou disparue, représenter des phénomènes naturels ou des aires d'une beauté naturelle et d'une importance esthétique exceptionnelles, etc.). L'ensemble des sites choisis provient d'une liste indicative. Il s'agit d'un inventaire des biens que chaque Etat à l'intention de proposer pour inscription.

Les propositions d'inscription sur la Liste du patrimoine mondial ne sont examinées que si le bien proposé figure déjà sur la liste indicative de l'Etat partie.

Il n'y a pas de site inscrit au Patrimoine Mondial de l'UNESCO dans un rayon de 5 km autour du projet de Dordives.

L'impact sera nul.

2 - 4 PHOTOMONTAGES



Carte 18 : Localisation des photomontages (@ATER Environnement, 2023)

	Description du point de vue
Photomontage 1	Depuis l'angle sud-est de l'étang
Photomontage 2	Depuis l'ouest de l'étang, aux abords du sentier pédestre

Tableau 3 : Présentation des photomontages

Les points de vue ont été choisis en fonction de la zone de visibilité du projet. Les deux photomontages se situent aux abords immédiats du futur parc (en dehors du domaine public), notamment là où la sensibilité la plus importante a été recensée (sentier pédestre). En effet, en dehors cette sensibilité, l'importante et régulière

couverture végétale qui habille les abords de l'étang ne permet qu'une zone de visibilité très restreinte du projet qui se limite ainsi aux abords immédiats de celui-ci.

Le premier photomontage illustre donc l'impact globalement nul du projet. Quant à lui, le second photomontage met en avant l'influence visuelle de ce dernier vis-à-vis du sentier local de randonnée.

Pour chaque point de vue par la suite, deux photographies sont présentées : l'état initial et le photomontage d'état final. L'objectif étant de montrer l'impact du projet brut, et ainsi évaluer la nécessité de mesures d'accompagnements. Celles-ci seront présentées dans le chapitre « Mesures d'intégration ».



Figure 72 : Photomontage n°1 – Depuis l'angle sud-est de l'étang – Etat Initial



Figure 73 : Photomontage n°1 – Depuis l'angle sud-est de l'étang – État projeté (source : @ATER Environnement, 2023)

Ce point de vue est pris depuis l'angle sud-est de l'étang, à proximité du croisement entre la ligne de chemin de fer et la D2007 avec la D62 et son prolongement en direction du Moulin de Nancay. Toutefois, un épais écran boisé se positionne entre l'étang et ces axes.

Sur ce panorama, l'arrière-plan est occupé dans son ensemble par une végétation dense (multi-strates) qui délimite et structure ainsi les abords de l'étang présent au premier-plan. Aucune visibilité n'est permise avec l'environnement extérieur à l'étang, que ce soit depuis cette étendue d'eau ou depuis l'extérieur en direction de cette dernière. Les vues sont rapidement fermées une fois la profondeur de champs de l'étang parcourue.

En revanche, compte tenu de l'ouverture visuelle que représente l'étang (absence de masques visuels), la visibilité sur le parc photovoltaïque est importante depuis ce point de vue. Dans cette perspective, les panneaux apparaissent toutefois de profil, s'étendant vers l'horizon, ce qui participe à une meilleure intégration visuelle.

Les divers postes de transformation, intégrés à cet ensemble flottant, se signalent plus facilement aux yeux de l'observateur du fait de leur hauteur supérieure à celle des tables photovoltaïques et qui contraste donc avec la relative planitude de ces dernières.

Du fait de l'aspect naturel du site (trame arborée et étang), la mutation du paysage que génère ce projet est forte. Toutefois, il bon de rappeler que ce point de vue est pris depuis un domaine privé, non accessible au public et cerné de boisements denses.

Par conséquent, l'impact depuis l'angle sud-est de l'étang est fort. En l'absence d'obstacles, le projet est visible sans filtre.



Figure 74 : Photomontage n°2 – Depuis l'ouest de l'étang, aux abords du sentier pédestre – Etat Initial



Figure 75 : Photomontage n°2 – Depuis l'ouest de l'étang, aux abords du sentier pédestre – État projeté (source : @ATER Environnement, 2023)

Ce photomontage est pris depuis la berge ouest de l'étang, à environ 500 mètres au nord-ouest du précédent point de vue. Cette vue dévoile un paysage végétal qui alternent entre les strates arbustives et fourragères (plantes héliophytes) au premier-plan (et sur l'ensemble des berges de l'étang) et la strate arborée, positionnée sur la ligne d'horizon en arrière-plan. L'étang s'intercale ici au second plan, en partie dissimulé par cette végétation basse du premier plan.

Ici encore, aucune visibilité n'est permise avec l'environnement extérieur et les vues sont rapidement fermées une fois la profondeur de champs de l'étang parcourue.

Compte tenu de l'ouverture visuelle que représente l'étang (absence de masques visuels sur l'eau), la visibilité sur le parc photovoltaïque est importante depuis ce point de vue. Elle est toutefois réduite par la végétation du premier plan. De plus, dans cette perspective, les panneaux se dissipent progressivement vers le sud de l'étang (partie droite du panorama) et se confondent avec la végétation des berges ce qui contribue à réduire la prégnance visuelle de ce motif.

Sur ce second photomontage, la hauteur apparente des postes de transformation induit un détachement visuel de ces derniers vis-à-vis des panneaux. Toutefois, un seul est visible depuis cet angle de vue.

Du fait de l'aspect naturel du site (trame arborée et étang), la mutation du paysage que génère ce projet est forte. Toutefois, il bon de rappeler que ce point de vue est pris depuis l'intérieur d'un domaine privé, non accessible au public et cerné de boisements qui rend le projet invisible depuis l'extérieur du site.

Le travail d'intégration des panneaux et des éléments annexes permet une insertion du projet au sein du paysage.

L'impact depuis les berges ouest de l'étang est fort. En raison de la très faible présence d'obstacles, le projet est visible en grande partie.

2 - 5 IMPACTS BRUTS EN PHASE DE DEMANTELEMENT

Les impacts en phase de démantèlement seront similaires à ceux en phase chantier, mais sur un laps de temps encore plus réduit.

L'impact brut de la phase de démantèlement sur le paysage sera donc faible.

2 - 6 IMPACTS CUMULES

Les abords de la future centrale solaire de Dordives n'accueillent aucun projet pouvant générer des impacts cumulés d'un point de vue paysager.

3 MESURES PAYSAGERES

3 - 1 MESURES

3 - 1a Mesures d'évitement

La prise en compte de divers enjeux écologiques (présence d'amphibiens au nord de l'étang et d'une végétation aquatique sur les berges à l'ouest) a conduit à réduire l'emprise initiale du projet sur l'étang pour aboutir à la variante finale présentant un recul de 15 mètres des berges ainsi qu'un recul important des panneaux sur la partie nord de l'étang.

D'un point de vue du paysage, ces mesures contribuent à diminuer l'impact visuel du projet et la mutation du paysage associée. Toutefois, il est bon de rappeler que l'analyse du paysage à l'état initial ainsi que l'analyse des impacts du projet de Dordives ont permis de démontrer qu'aucune visibilité du projet n'est possible depuis l'extérieur du site, l'étang étant bordé de boisements dense qui le rend invisible dans le paysage.

3 - 1b Mesures de réduction

Atténuation de l'aspect industriel provisoire du chantier

Intitulé	Atténuation de l'aspect industriel provisoire du chantier.
Impact (s) concerné (s)	Impacts liés à l'installation du parc photovoltaïque en phase chantier.
Objectifs	Réduire l'impact visuel pour les riverains.
Description opérationnelle	Les terres extraites pour la réalisation des fossés ou des zones vouées à accueillir la rampe de mise à l'eau, le poste de livraison et les chemins d'accès sont destinées pour partie à être réutilisées et pour partie à être exportées hors du site. Elles seront temporairement stockées en merlons à proximité des aménagements. Tous les déchets seront récupérés et valorisés ou mis en décharge. À l'issue du chantier, aucune trace de celui-ci ne subsistera (débris divers, restes de matériaux).
Acteurs concernés	Maître d'ouvrage, entreprises intervenant sur le chantier.
Planning prévisionnel	Mise en œuvre durant toute la durée du chantier.
Coût estimatif	Intégré au coût de développement du projet.
Modalités de suivi	Suivi par le maître d'ouvrage.
Impact résiduel	Faible.

Tableau 4 : Atténuation de l'aspect industriel provisoire du chantier

Intégration visuelle des éléments connexes du projet (grilles, postes de livraison, postes de transformation)

Intitulé	Intégration visuelle des éléments connexes du projet
Impact (s) concerné (s)	Visibilité du projet depuis les abords immédiats du site (sentier de randonnée et dessertes privées).
Objectifs	Réduire l'impact visuel à l'entrée du site et assurer une bonne insertion paysagère
Description opérationnelle	Afin de réduire l'impact paysager et d'intégrer le projet, il est nécessaire de travailler les infrastructures connexes (grillage, postes de transformation, etc...) selon les ambiances existantes. C'est pourquoi un traitement homogène a été opéré pour adapter le projet au contexte paysager.
Acteurs concernés	Maître d'ouvrage, entreprises intervenant sur le chantier.
Planning prévisionnel	Mise en œuvre durant toute la durée du chantier.
Coût estimatif	Intégré aux coûts du chantier.
Modalités de suivi	Suivi par le Maître d'ouvrage lors des visites de chantier.
Impact résiduel	Faible.

Tableau 5 : Intégration visuelle des éléments connexes du projet

Ainsi, les dispositifs techniques (postes de livraison, poste de transformation) et séparatifs (clôtures, portail) devront, dans la mesure du possible, s'approcher des teintes caractéristiques des paysages alentours composés principalement de boisements et d'eau. Des gammes de gris et de vert sont à privilégier pour ces éléments (ex. : RAL 6005 - Vert mousse ; RAL 6011 – Vert réséda). Cette continuité visuelle permettra d'apprécier visuellement le projet comme appartenant à un ensemble cohérent.

RAL 6005 - Vert mousse

RAL 6011 – Vert réséda

3 - 1 SYNTHÈSE ET IMPACTS RESIDUELS

Les impacts du projet sur les paysages sont nuls dans l'aire d'étude éloignée en raison du relief et des nombreux espaces boisés présents. Compte tenu des masques visuels omniprésents autour du site d'implantation, les impacts à l'échelle de l'aire d'étude rapprochée sont nuls. Le parc solaire flottant de Dordives pourra toutefois être visible depuis le sentier de randonnée local qui borde le site à l'ouest. Sa visibilité sera intermittente.

Les mesures appliquées au projet de Dordives concernent les éléments de conception de la future centrale (choix d'implantation, maintien de la végétation en place, intégration des éléments techniques) ou des éléments du chantier (pris en compte dans l'évaluation des impacts bruts). L'impact du projet de Dordives est donc évalué comme nul à très faible.

La synthèse des impacts du projet sur le contexte paysager est résumée dans le tableau ci-après. Pour plus de compréhension et afin de faciliter la lecture, un code couleur a été défini. Il est rappelé dans le tableau ci-dessous.



Tableau 6 : Echelle de couleur des niveaux d'impact

Légende : P-Permanent, D-Direct, T-Temporaire, I-Indirect, R-Réduction, A-Accompagnement, C-Compensation, E-Evitement, S-Suivi

THÈMES	NATURE DE L'IMPACT	DURÉE	DIRECT / INDIRECT	IMPACT BRUT	MESURES	COÛTS	IMPACT RESIDUEL
 Phase chantier	Augmentation de l'aspect industriel.	T	D	FAIBLE	R : Atténuation de l'aspect industriel provisoire du chantier	Intégré aux coûts du chantier.	FAIBLE
 Axes de communication	Absence de visibilité depuis l'ensemble des axes de communication.	-	-	NUL	E : Maintien de la trame boisée présente autour et sur le site	-	NUL
 Bourgs et lieux de vie	Absence de visibilité depuis l'ensemble des lieux de vie.	-	-	NUL	E : Maintien de la trame boisée présente autour et sur le site	-	FAIBLE
 Sentiers et tourisme	Absence de visibilité depuis l'ensemble des sentiers touristiques de l'aire éloignée. Visibilité ponctuelle du projet depuis le sentier local qui borde l'ouest de l'étang où se situe le projet.	-	-	FAIBLE	E : Maintien de la trame boisée présente autour et sur le site E : Choix d'une implantation plus restreinte	-	TRES FAIBLE
 Patrimoine et sites protégés	Aucun élément patrimonial protégé inventorié à proximité du projet ne présente de sensibilité.	-	-	NUL	-	-	NUL

Tableau 7 : Synthèse des impacts et mesures du projet photovoltaïque de Dordives sur le contexte paysager

4 METHODE RELATIVE AU CONTEXTE PAYSAGER

L'analyse paysagère, réalisée par un paysagiste-concepteur, se base sur une étude bibliographique (principalement issue des Atlas des Paysages du Loiret et de Seine et Marne), cartographique mais également sur un reportage photographique mené sur le terrain par le paysagiste.

L'évaluation des sensibilités se fonde sur cette approche à la fois scientifique, technique et sensible. L'analyse est retranscrite par des éléments formels (cartes, coupes topographiques, panoramas photographiques) ainsi qu'au travers de ressentis (ambiances paysagères). Il prend en compte à la fois la visibilité pure, mais également la manière dont le projet s'insère plus globalement dans le paysage.

Deux photomontages ont été réalisés à des points choisis pour leur sensibilité dans l'état initial. Ils sont localisés sur l'aire d'étude rapprochée qui concentre les sensibilités les plus fortes.

Les photographies, l'étude paysagère et les photomontages ont été réalisés par le bureau d'études ATER Environnement.

ANNEXE 4 : ÉTUDE HYDRAULIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE PRÉLIMINAIRE SETEC HYDRATEC



BayWa r.e. France SAS

Etude hydraulique et hydrogéologique pour un projet de centrale photovoltaïque flottante sur la commune de Dordives (45)

Rapport
51307 | Mars 2022 – v2 | MCM



 Immeuble Central Seine 42/52 quai de la Rapée – CS71230 – 75583 Paris cedex 12 hydratec@hydra.setec.fr T : 01 82 51 64 02	Directeur de Projet	LPU			
	Responsable d'affaire	MCM			
	N° Affaire	51307			
<i>Fichier : 51307-Bayware-Dordive-etude-hydrau-V2.docx</i>					
V.	Date	Etabli par	Vérfié par	Nb. pages	Observations / Visa
V1	Mars 2022	MCM CGU	LPU OOR	61	-
V2	Mars 2022	MCM CGU	LPU OOR	51	Prise en compte remarques BayWa r.e.

TABLE DES MATIERES

1.	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	1
1.1	Contexte	1
1.2	Objectifs.....	1
2.	PRESENTATION DU PROJET DE PLATEFORME PHOTOVOLTAÏQUE	1
2.1	La structure de base de la plateforme.....	1
2.2	Le projet de plateforme photovoltaïque.....	2
2.3	Installation de la plateforme	3
2.4	L'ancrage de la plateforme.....	4
3.	PRESENTATION DU TERRITOIRE D'ETUDE	5
3.1	Hydrographie et topographie du bassin versant	5
3.2	Modèle Numérique de Terrain (MNT)	6
3.3	Les ouvrages hydrauliques	7
3.4	Visite du site le 10 février 2022	7
3.5	Plan de Prévention du Risque Inondation sur le Loing	11
3.5.1	PPRI en vigueur datant de 2007	11
3.5.2	Révision en cours du PPRI	12
3.6	PAPI sur le Loing.....	16
4.	ANALYSE HYDROLOGIQUE.....	17
4.1	Généralité sur le bassin versant du Loing.....	17
4.2	Estimation du débit de la crue de juin 2016	19
5.	DETERMINATION DES CONDITIONS D'INONDATION DU SITE D'ETUDE – ANALYSE HYDRAULIQUE	20
5.1	Fonctionnement en crue centennale d'après la bibliographie.....	20
5.1.1	Etude hydraulique de Silene de 1990	20
5.1.2	Modélisation hydraulique d'INGEROP de 2001	22
5.2	Analyse des principaux évènements historiques	24
5.2.1	Analyse de la crue de 2016 dans la zone d'étude	24
5.2.2	Informations locales sur la crue de janvier 1910.....	28
5.3	Définition des paramètres d'inondation pour la crue de référence	28
5.4	Mécanisme d'inondation du plan d'eau.....	28
5.5	Détermination des vitesses d'écoulement au droit du plan d'eau.....	32
6.	ANALYSE HYDROGEOLOGIQUE.....	35
6.1	Contexte géologique	35
6.2	Contexte hydrogéologique	36
6.2.1	Contexte hydrogéologique global.....	36
6.2.2	Contexte hydrogéologique local.....	37
6.3	Données disponibles	38

6.3.1	Données piézométriques LAFARGE GRANULATS.....	38
6.3.2	Etude de demande d'autorisation d'ouverture d'une carrière et de renouvellement pour une carrière existante par Lafarge Granulats menée par setec hydratec en 2010..	41
6.3.3	Données banque ADES	44
6.4	Calcul des variations de la nappe à partir du piézomètre BSS000YJEZ.....	44
6.4.1	Méthodologie	44
6.4.2	Calcul de la variation du plan d'eau par la nappe	46
7.	PRECONISATIONS POUR L'INSTALLATION DE LA PLATEFORME	48
7.1	Système d'amarrage de la plateforme	48
7.2	Mise en place de l'annexe de la plateforme.....	49
7.3	Consignes d'entretien.....	50
8.	CONCLUSIONS	51

ILLUSTRATIONS

Figure 1-1	: Plan de localisation du site d'étude (source : Géoportail)	1
Figure 2-1	: Structure de base en acier avec 4 flotteurs (source : BayWa r.e.)	1
Figure 2-2	: Bateau de 12 modules (6 orientés est / 6 orientés ouest) (source : BayWa r.e.)	1
Figure 2-3	: Coupes types d'un bateau (source : BayWa r.e.)	2
Figure 2-4	: Exemple d'assemblage de plusieurs bateaux (source : BayWa r.e.)	3
Figure 2-5	: Système d'ancrage de la plateforme (source : BayWa r.e.)	4
Figure 3-1	: Réseau hydrographique du Loing	5
Figure 3-2	: Rasters au droit de la zone d'étude	6
Figure 3-3	: Photos prises le 10/02/2022 (source : Setec hydratec)	8
Figure 3-4	: Photos prises le 10/02/2022 (source : Setec hydratec)	9
Figure 3-5	: Position des photographies prises le 10/02/2022	10
Figure 3-6	: Cartes d'aléa et réglementaire du PPRI de 2007	11
Figure 3-7	: Extrait de la carte des hauteurs d'eau du PPRI de 2007 (source : site Loiret)	12
Figure 3-8	: Périmètre mis à l'étude pour l'établissement du plan de prévention du risque d'inondation de la Vallée du Loing (source : site Loiret)	13
Figure 3-9	: Extrait de l'atlas de la crue de mai-juin 2016 (source : Loiret)	14
Figure 3-10	: Extrait Atlas Zone Inondable au niveau du projet (source : Préfète du Loiret)	15
Figure 4-1	: Quelques stations hydrométriques sur le BV du Loing	17
Figure 4-2	: Hydrogrammes de crue sur le Loing (source : Banque Hydro)	18
Figure 5-1	: Profils en travers utilisés dans le modèle SILENE de 1990	21
Figure 5-2	: Extrait de la carte d'inondation de la crue de 2016 (source : Département du Loiret)	25
Figure 5-3	: Photographies aériennes de 1981 et 1984 (source : remonterletemps)	26

Figure 5-4	: Photographies de la crue de 2016 au niveau de la base de loisirs au nord du plan d'eau projet (source : Services Techniques de Dordives)	27
Figure 5-5	: Inondation en fonction de la cote d'eau entre 69.8 et 70.7 m NGF (source : Setec hydratec)	29
Figure 5-6	: Inondation en fonction de la cote d'eau entre 70.8 et 71.7 m NGF (source : Setec hydratec)	31
Figure 5-7	: Profil de vitesse dans une section d'écoulement (Source : CETMEF)	32
Figure 5-8	: Profils en travers au niveau du plan d'eau et calculs des vitesses	33
Figure 5-9	: Profils en travers au niveau du plan d'eau et calculs des vitesses (suite)	34
Figure 6-1	: Carte géologique au droit du site (source : Infoterre)	35
Figure 6-2	: Carte piézométrique de la nappe de la craie (source : Hydrogéologie du centre du bassin de Paris – Claude Mégny)	37
Figure 6-3	: Carte piézométrique de la nappe de la craie (source : SIGES)	38
Figure 6-4	: Localisation des ouvrages de la carrière de « Nancay » (source : rapport d'inspection LAFARGE)	39
Figure 6-5	: Schéma de principe des piézomètres et du forage (source : rapport d'inspection LAFARGE)	40
Figure 6-6	: Evolution du niveau de la nappe sur la carrière de Nançay de 2016 à début 2022	40
Figure 6-7	: Carte piézométrique de la campagne du 21 juillet 2009	42
Figure 6-8	: Chroniques piézométriques mesurées entre 1995 et 2009 sur la carrière de Nançay	43
Figure 6-9	: Variations piézométriques de la nappe de la craie sur le piézomètre référencé BSS000YJEZ à Chevannes (source : banque ADES)	44
Figure 6-10	: Calage du niveau du Loing	45
Figure 6-11	: Schéma conceptuel du calcul analytique	46
Figure 6-12	: Estimation des variations du plan d'eau sur la période 2005-2018	46
Figure 7-1	: Position envisagée pour le poste de livraison (extrait carte PPRI)	49
Figure 7-2	: Schéma de principe pour la compensation volumique	49

TABLEAUX

Tableau 4-1	: Débits maximum instantanés au niveau de quelques stations hydrométriques du BV du Loing (source : Banque Hydro)	18
Tableau 5-1	: Résultats de la modélisation de SILENE de 1990	22
Tableau 5-2	: Zone inondable pour un débit de 410 m ³ /s et écoulements préférentiels	23

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

1.1 CONTEXTE

La société BayWa r.e. France, créée en 2008, est aujourd'hui devenu un acteur incontournable sur le marché des énergies renouvelables.

Elle conçoit, développe et exploite des projets éoliens et solaires dits « clé en main » en partenariat avec des développeurs locaux. Toutes les étapes d'un projet sont effectivement prises en charge par leurs équipes pluridisciplinaires : de la conception au démantèlement, en passant par les études de faisabilité, le développement, le financement, la construction et l'exploitation.

Elle projette l'installation d'une centrale photovoltaïque flottante sur l'ancienne carrière du Nançay sur la commune de Dordives (45) pour laquelle Setec hydratec avait réalisé une étude hydraulique et hydrogéologique en 2010.

Cette carrière est située en zone inondable du Loing.

La figure suivante présente la localisation de la carrière concernée par le présent projet.

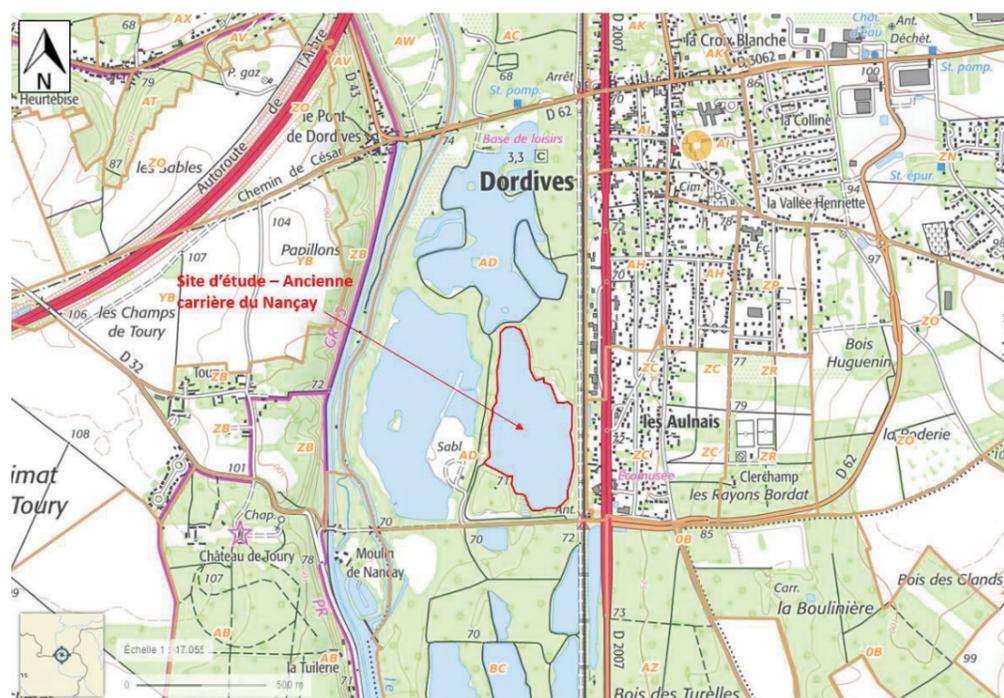


Figure 1-1 : Plan de localisation du site d'étude (source : Géoportail)

1.2 OBJECTIFS

BayWa r.e a présenté son projet de plateforme photovoltaïque auprès de l'Administration (DDT et DREAL 45 sur Dordives) et des élus locaux en décembre 2021 pour avoir un premier avis sur ce projet.

Les élus locaux approuvent le projet et le service risque de la DDT va néanmoins être très attentif aux impacts potentiels du projet sur les écoulements d'eau en cas de crue.

Le PPRI sur le Loing est en cours de révision et le niveau de référence de crue va être augmenté d'environ 1 m par rapport au PPRI initial de la version de 2007.

Par conséquent, les objectifs de la présente étude hydraulique et hydrogéologique sont de démontrer que :

- Le projet n'aura pas d'impact sur les écoulements de crue,
- Le projet ne modifiera pas les niveaux des hauteurs connues du plan d'eau,
- Il n'y aura pas de risques liés à des objets charriés.

En tout état de cause, il s'agit d'apporter des réponses à l'Administration sur la non-dangerosité du projet vis-à-vis du risque inondation.

2. PRESENTATION DU PROJET DE PLATEFORME PHOTOVOLTAÏQUE

2.1 LA STRUCTURE DE BASE DE LA PLATEFORME

La base du système solaire flottant de BayWa r.e. est une structure sous forme de bateau (système Zimfloat) d'une dimension de 4 m x 6 m en plan.

La structure est stable, durable et échelonnable composée de matériaux d'une durée de vie de 25 ans minimum. Il s'agit de la combinaison de flotteurs en polyéthylène haute densité (HDPE) de haute qualité et de constructions en acier.

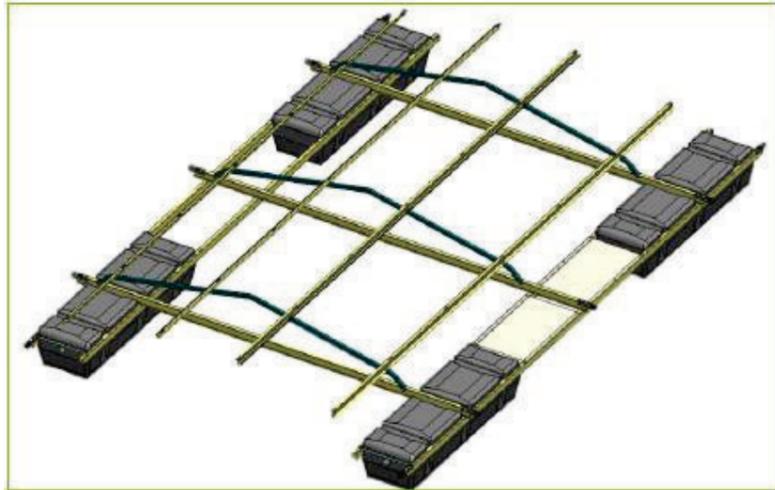


Figure 2-1 : Structure de base en acier avec 4 flotteurs (source : BayWa r.e.)

Le concept de câble courant continu est intégré pour un passage dédié et protégé du câblage.

L'accès pour la maintenance se fait à travers les flotteurs, c'est la même base structurale pour l'onduleur flottant. Les câbles sont certifiés pour installations sous-marines. Le concept électrique est certifié VDE. La conception statique est fondée sur Eurocodes.



Figure 2-2 : Bateau de 12 modules (6 orientés est / 6 orientés ouest) (source : BayWa r.e.)

La puissance d'un bateau est de 4,8 kWc.

Les dimensions d'un bateau sont récapitulées sur la figure suivante.

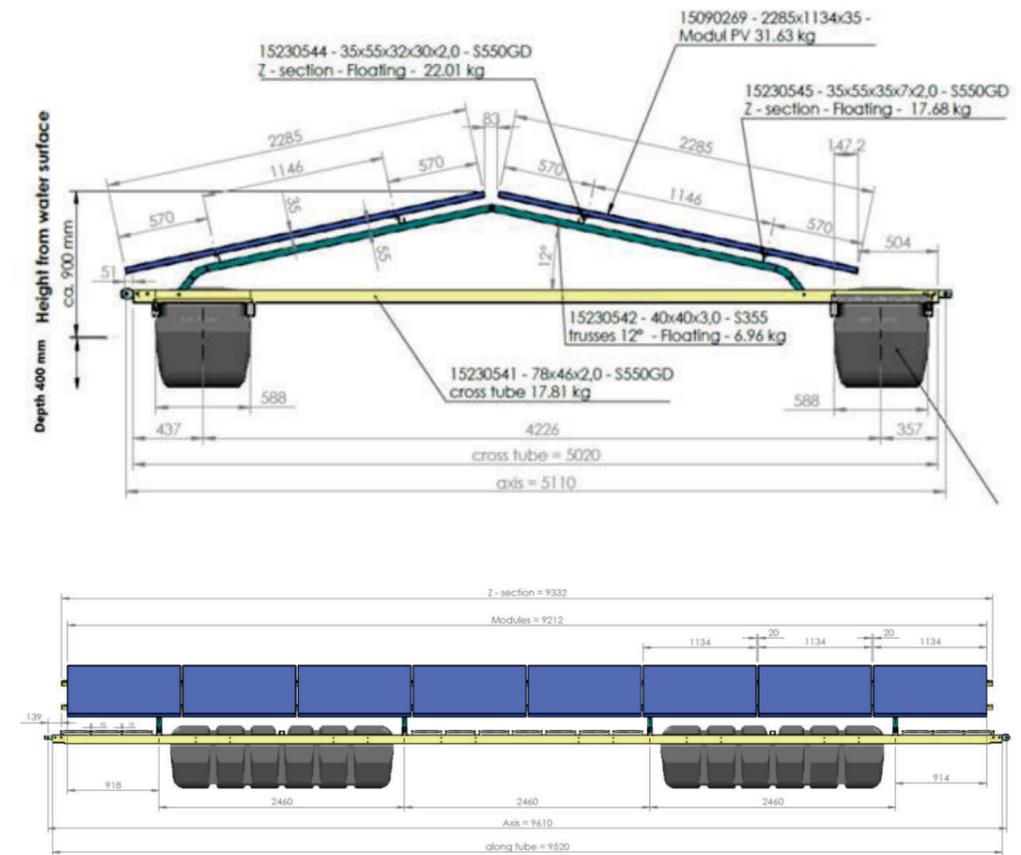


Figure 2-3 : Coupes types d'un bateau (source : BayWa r.e.)

Ainsi les modules de flottaison ont les dimensions suivantes : 2460 mm x 588 mm x 40 mm.

2.2 LE PROJET DE PLATEFORME PHOTOVOLTAÏQUE

Le projet de plateforme photovoltaïque envisagée est un agencement de plusieurs plateformes constituées de plusieurs modules bateaux dont la forme peut différer selon l'emprise souhaitée.

Des exemples de plateforme sont présentés sur la figure suivante.

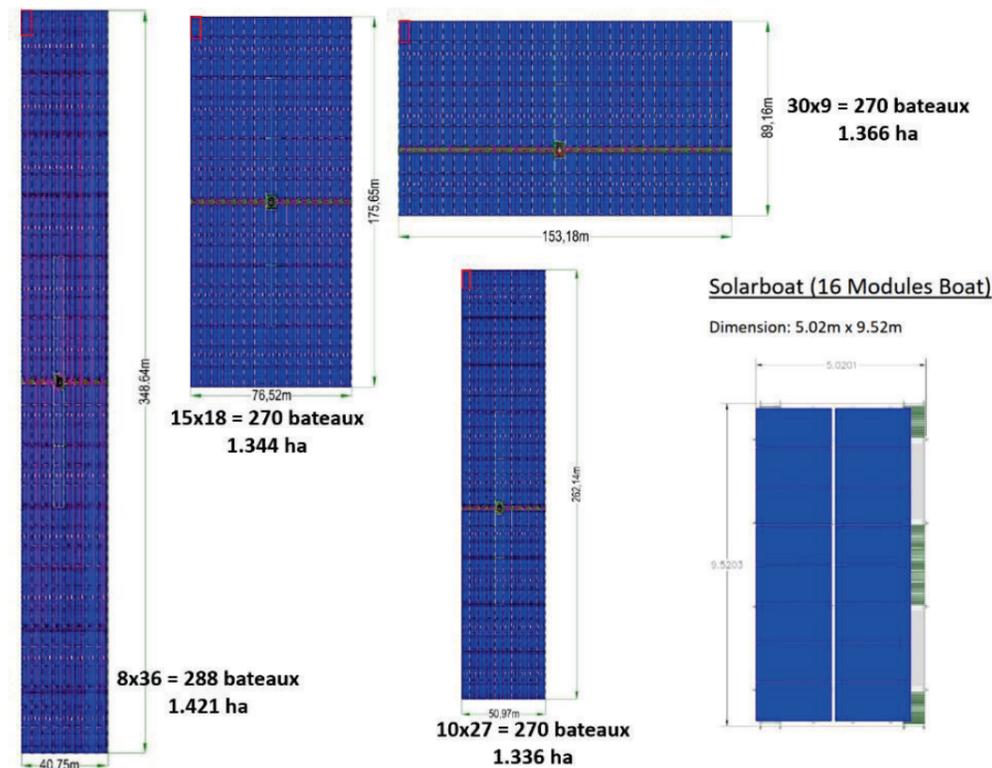


Figure 2-4 : Exemple d'assemblage de plusieurs bateaux (source : BayWa r.e.)

BayWa r.e. envisage de créer une plateforme qui fera, à ce stade, environ 11 ha. La largeur maximale de l'installation dans le sens est-ouest sera de 150 m.

2.3 INSTALLATION DE LA PLATEFORME

La plateforme serait installée au milieu du plan d'eau de façon à respecter une distance minimale de 20 m par rapport aux berges.

La plateforme flottante pourrait en théorie générer une légère réhausse de la cote du plan d'eau du fait de la présence des flotteurs dans l'eau.

De fait, cette réhausse ne sera pas visible puisque les bateaux seront installés les uns après les autres et la variation du niveau d'eau qui sera en lien directement avec le niveau de la nappe alluviale sera imperceptible.

On peut faire le calcul de la réhausse en supposant que l'on met la plateforme entière d'un coup dans le plan d'eau, en considérant plusieurs possibilités d'immersion des flotteurs.

Largeur flotteur :	0.588 m	Largeur flotteur :	0.588 m
Longueur flotteur :	2.46 m	Longueur flotteur :	2.46 m
Hauteur immergée :	0.3 m	Hauteur immergée :	0.4 m
Volume d'un flotteur immergé :	0.43 m ³	Volume d'un flotteur immergé :	0.58 m ³
Volume de 4 flotteurs immergés (pour un bateau) :	1.74 m ³	Volume de 4 flotteurs immergés (pour un bateau) :	2.31 m ³
Volume de flotteurs immergés pour 270 bateaux :	468.66 m ³	Volume de flotteurs immergés pour 270 bateaux :	624.88 m ³
Superficie du plan d'eau :	160000 m ²	Superficie du plan d'eau :	160000 m ²
Superficie de 270 bateaux :	13440 m ²	Superficie de 270 bateaux :	13440 m ²
Plateforme totale photovoltaïque :	110000 m ²	Plateforme totale photovoltaïque :	110000 m ²
Nombre de bateaux équivalent :	2210 bateaux	Nombre de bateaux équivalent :	2210 bateaux
Volumes de flotteurs immergés pour la plateforme :	3835.76 m ³	Volumes de flotteurs immergés pour la plateforme :	5114.34 m ³
Surélévation du plan d'eau :	0.02 m	Surélévation du plan d'eau :	0.03 m

Pour une hauteur d'immersion des flotteurs entre 0.3 et 0.4 m, la réhausse du plan d'eau n'est que de 2 et 3 cm, sachant que cette réhausse diminuera puisque c'est le niveau de la nappe alluviale qui va s'équilibrer.

On peut donc dire que la mise en place de la plateforme n'aura pas d'incidence sur le niveau d'eau de la nappe.

2.4 L'ANCRAGE DE LA PLATEFORME

L'ancrage est une expertise clé de BayWa r.e.

Différentes techniques d'ancrage sont envisagées :

- Ancrage sur le rivage autour du système,
- Ancrage près du rivage autour du système,
- Fixation au fond de l'eau sous le système.

Le concept dépend des propriétés du lac : environs, qualité du sol, exigences relatives au lac, variations de la profondeur de l'eau, etc.

BayWa r.e. améliore constamment ces techniques.

La conception, la réalisation et l'implantation d'une plateforme photovoltaïque sont certifiées VDE (norme électrique).

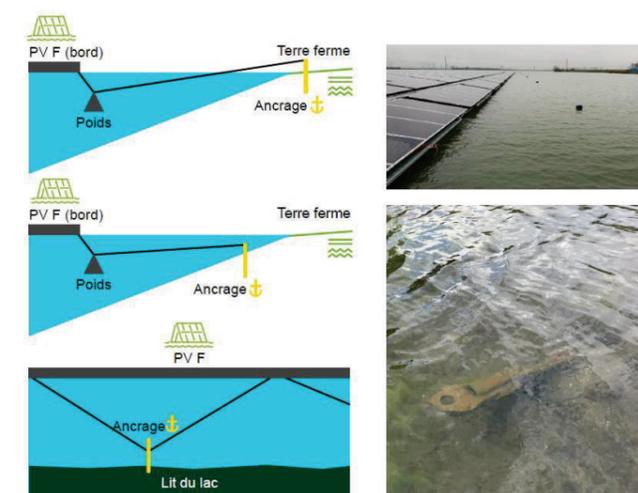


Figure 2-5 : Système d'ancrage de la plateforme (source : BayWa r.e.)



3. PRESENTATION DU TERRITOIRE D'ETUDE

3.1 HYDROGRAPHIE ET TOPOGRAPHIE DU BASSIN VERSANT

Le Loing est un affluent rive gauche de la Seine, dont le cours est long de 143 km. Il traverse trois départements : l'Yonne (89), le Loiret (45) et la Seine-et-Marne (77).

Il prend sa source à une altitude de 320 m sur le territoire de Sainte-Colombe et se jette dans la Seine à hauteur de Saint-Mammès à une altitude de 42 m.

Son bassin versant couvre une superficie de 4 150 km².

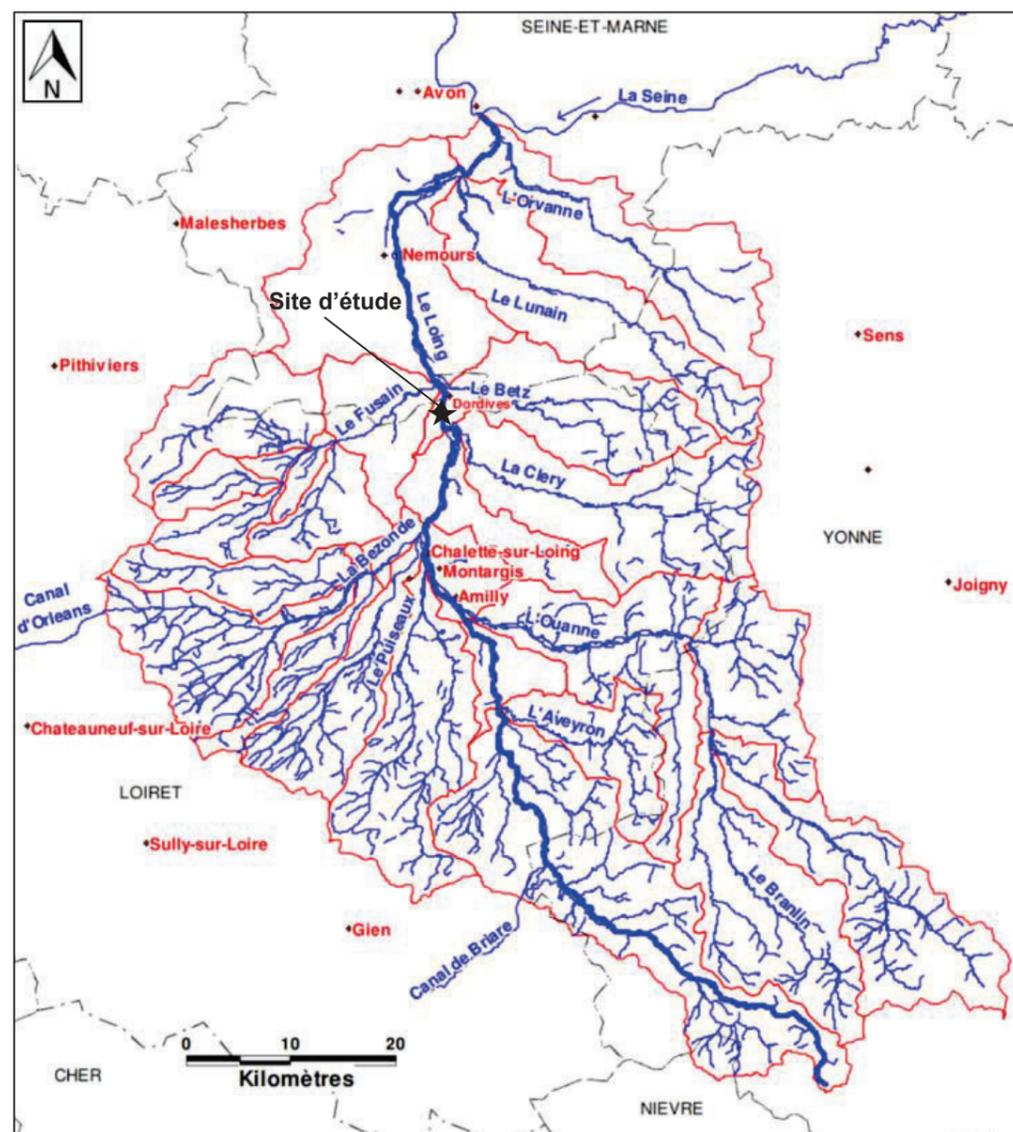


Figure 3-1 : Réseau hydrographique du Loing

Le réseau hydrographique du Loing, assez dense sur la partie haute du bassin, avec la présence de nombreux étangs dus aux argiles de la Puisaye, est beaucoup moins ramifié sur la partie basse. Un important système karstique s'y est développé en rive droite, provoquant des pertes et résurgences que l'on peut observer sur le cours du Lunain et de l'Ouanne.

Son parcours au sein du département du Loiret représente environ 50 km et s'inscrit dans un réseau hydrographique complexe au cours duquel le Loing rencontre son principal affluent, l'Ouanne, à Conflans-sur-Loing. Il est important de noter qu'au point de confluence, le bassin versant de l'Ouanne est sensiblement plus vaste que celui du Loing (environ 890 km² contre 590 km²) et qu'il en est de même pour son débit (environ 108 m³/s contre 72 m³/s lors de la crue de 1978).

L'agglomération montargoise située immédiatement à l'aval de cette confluence, est également le point de convergence d'un ensemble de cours d'eau de moyenne importance : le Puisseau, le Vernisson, le Solin et la Bezone et des canaux qui empruntent les vallées (canal de Briare et canal du Loing dans la vallée du Loing, canal d'Orléans dans la vallée de la Bezone). Le bassin versant du Loing passe donc de 1480 km² à Conflans à 1650 km² à Montargis puis 2300 km² à Chalette-sur-Loing.

3.2 MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT)

Des données LIDAR produites par l'IGN (RGE ALTI V1) sont disponibles sur le secteur d'étude et ont servi à l'élaboration de la cartographie de la crue de mai-juin 2016 :

- Résolution d'un mètre,
- Précision altimétrique (écart moyen quadratique) contrôlée à 30 cm,
- Précision planimétrique contrôlée à 40-50 cm.

Le MNT prend en compte plutôt les points bas, ainsi dans le cas de passage sous remblai (routes, voies ferrées, ...), le MNT fait parfois figurer non pas l'altimétrie du remblai mais localement, celle du passage inférieur. Ceci permet d'ailleurs d'identifier d'éventuelles connexions hydrauliques entre deux zones de part et d'autre d'un remblai.

Le principal défaut de la technologie LIDAR est de ne pas pénétrer sous l'eau, qui absorbe les rayons. Par conséquent, les relevés au droit d'un plan d'eau sont inexacts. Par conséquent la société Baywa r.e. a fait réaliser un levé bathymétrique en septembre 2021 par la société SIG Drone. Un laser multifaisceau (sur bateau télécommandé) a été utilisé, ce qui offre une précision de l'ordre de 5 cm. L'intégralité de la zone d'implantation affiche une profondeur d'eau supérieure à 1.5 m (jusqu'à 4 m de profondeur). Ce relevé valide la faisabilité du projet au regard de l'exigence technique pour la hauteur minimale (1 m).

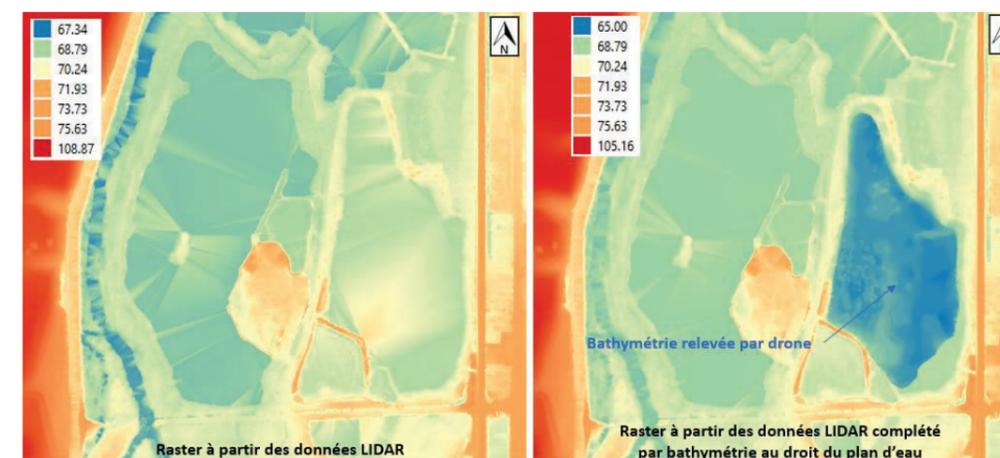


Figure 3-2 : Rasters au droit de la zone d'étude

3.3 LES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Le canal du Loing est situé en rive gauche du Loing au niveau du secteur d'étude. Long de 45.9 km, il relie les canaux de Briare et d'Orléans, au niveau du hameau de Buges, sur la commune de Corquilleroy près de Montargis, au Loing, à Saint-Mammès à la jonction du Loing avec la Seine.

La particularité du Loing est la présence de nombreux moulins ainsi que l'utilisation de cette rivière pour la navigation sur certains secteurs. Les moulins constituent des points durs qui tendent à maintenir un niveau d'eau minimal dans le cours d'eau.

Le moulin de Nançay est situé juste en amont de la route qui traverse la vallée pour aller au Château de Toury, il y a un seuil avec un bras de dérivation en rive gauche. La route possède donc 3 ouvrages de franchissement :

- Un pour le canal,
- Un pour le bras de moulin,
- Un pour le Loing.

Plus en aval, la route D62 qui franchit la vallée possède également 2 ponts au niveau du canal et au niveau du Loing.

Le point fixe suivant est le moulin de Souppes-sur-Loing.

3.4 VISITE DU SITE LE 10 FEVRIER 2022

Une visite du site a eu lieu le jeudi 10 février 2022. Le chef de carrière de Lafarge nous a conduit au niveau des 3 piézomètres de la carrière (PZ1, 2 et 3) où nous avons pu faire le relevé des niveaux d'eau. Par ailleurs, il nous a fourni quelques relevés complémentaires sur la période 2020-2021 (cf paragraphe 7.4).

Les photographies sont présentées sur les figures suivantes ainsi qu'un plan de positionnement.

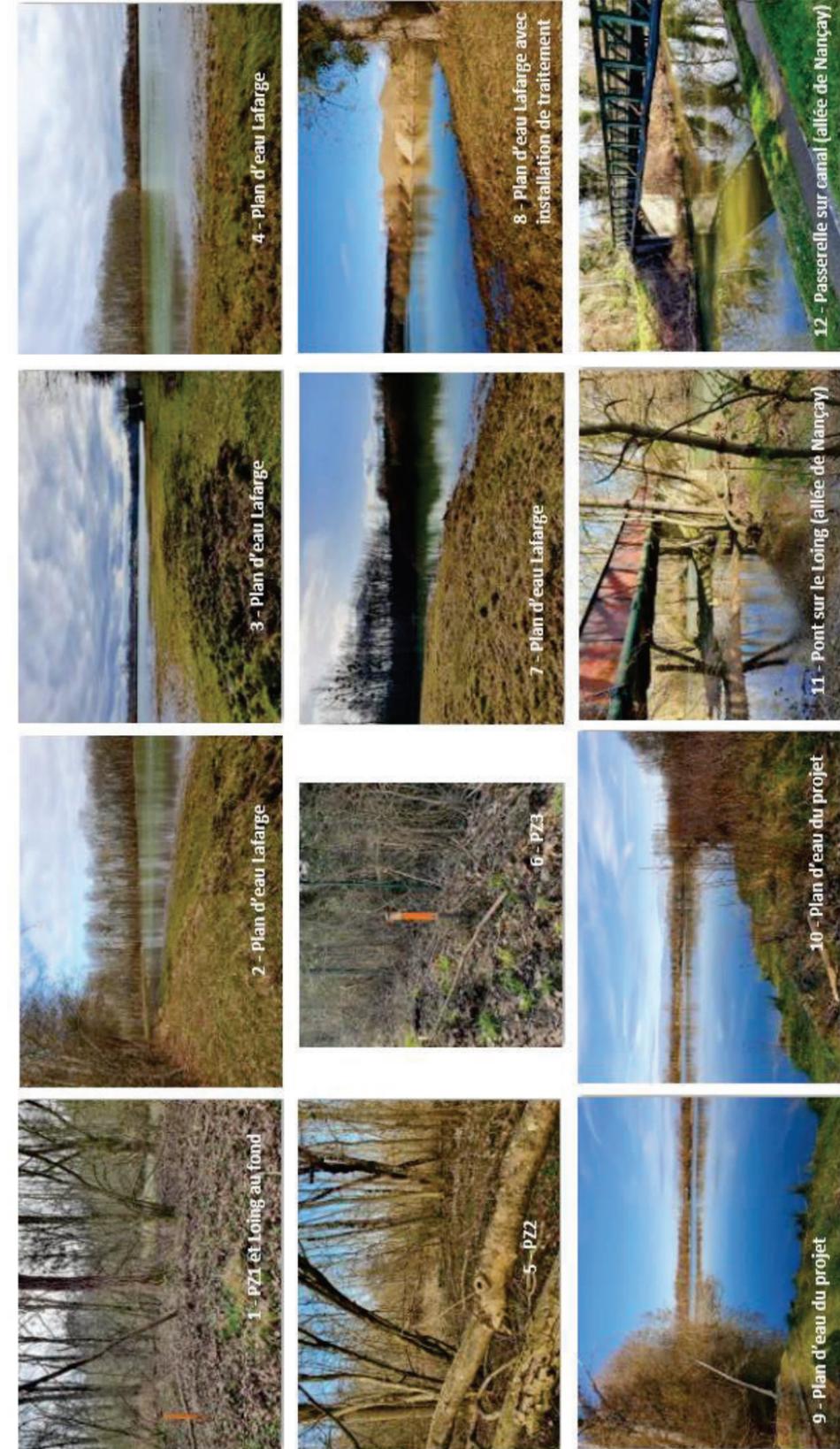


Figure 3-3 : Photos prises le 10/02/2022 (source : Setec hydratec)

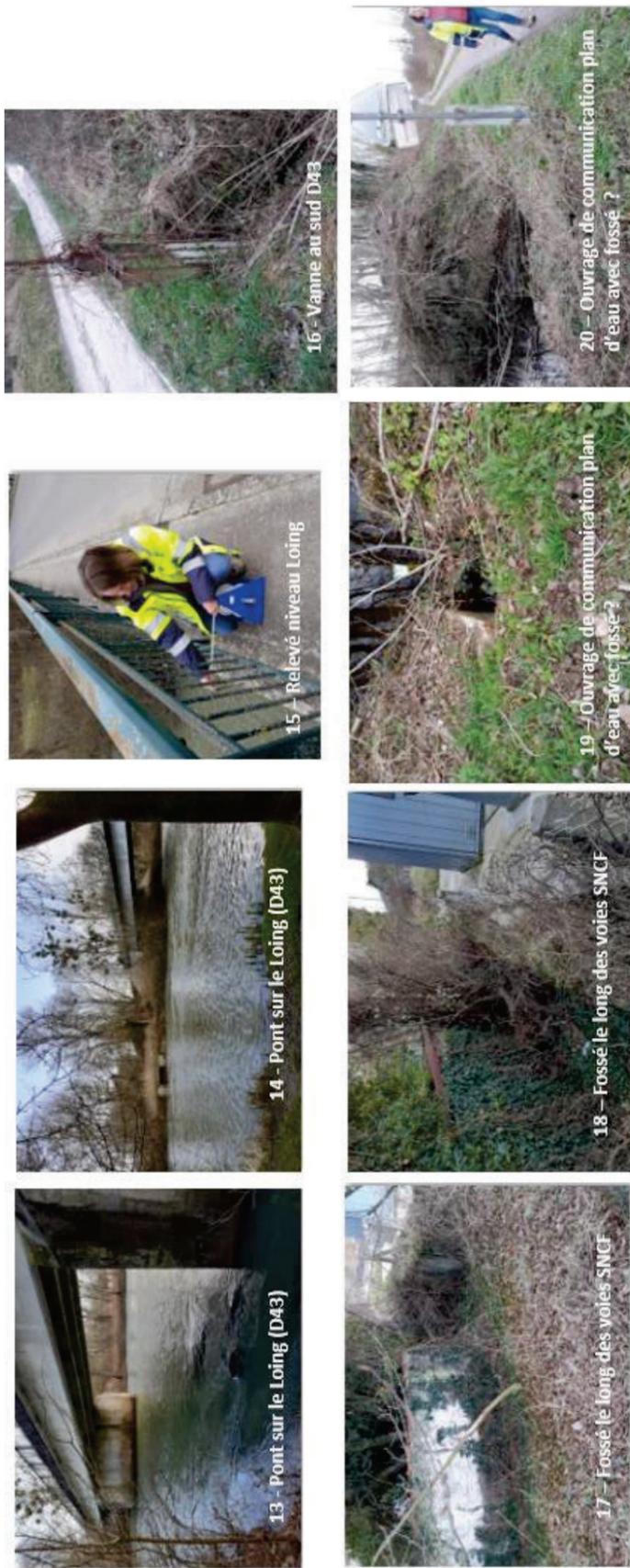


Figure 3-4 : Photos prises le 10/02/2022 (source : Setec hydratec)

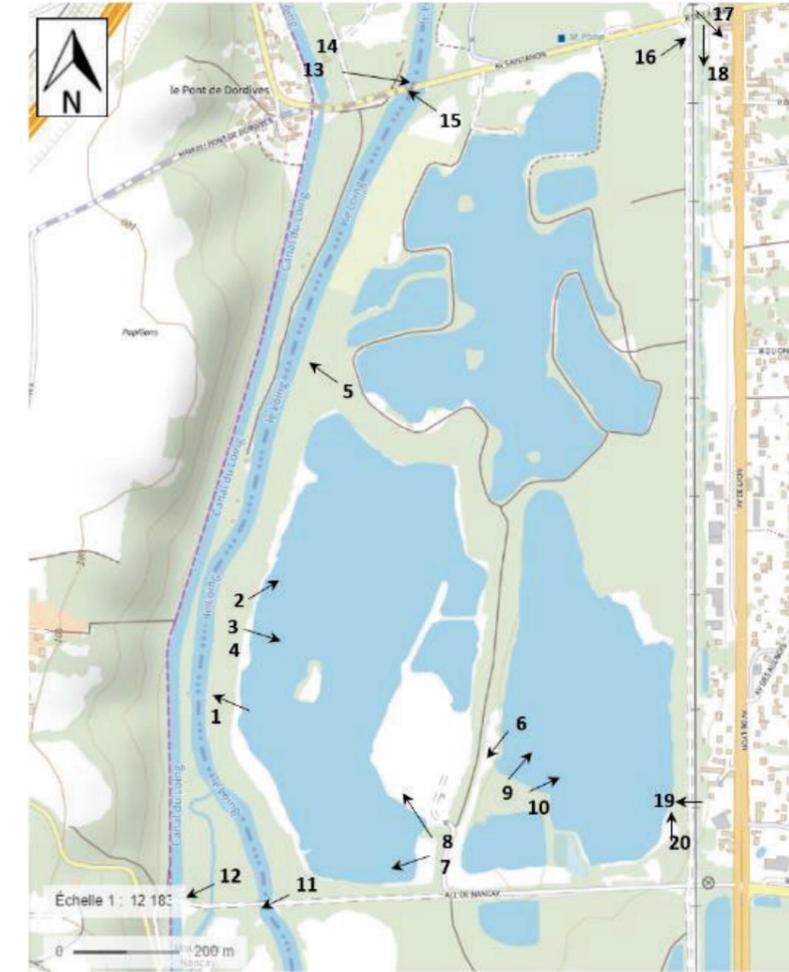


Figure 3-5 : Position des photographes prises le 10/02/2022

Un tour du secteur nous a permis de voir quelques ouvrages sur le Loing. Un relevé du niveau d'eau sur le Loing a été réalisé au niveau du pont de la route D43 afin d'avoir un niveau d'eau à mettre en corrélation avec les niveaux mesurés dans les piézomètres.

Des ouvrages de communication ont été repérés de part et d'autre de la voie ferrée :

- Une vanne au sud de la D43 qui relie des fossés, elle est très encombrée par la végétation,
- Un ouvrage au droit du plan d'eau projet est visible au sud-est mais il ne semble pas y avoir de fossé à l'est de la voie ferrée (terrain privé inaccessible), le fossé a sans doute été bouché.

Ces ouvrages sont de faible capacité et ne sont pas susceptibles d'engendrer de fortes vitesses d'écoulement vers le plan d'eau.

3.5 PLAN DE PREVENTION DU RISQUE INONDATION SUR LE LOING

3.5.1 PPRI en vigueur datant de 2007

Le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) du Loing aval actuellement en vigueur a été approuvé par arrêté préfectoral du 20 juin 2007. La cartographie des aléas prise en compte dans ce PPRI et plus particulièrement pour le zonage réglementaire a été établie initialement entre 1990 et 1999 par le bureau d'études SILENE.

Cette cartographie a ensuite été précisée et confirmée dans le cadre de l'étude du PPRI sur la base d'une nouvelle topographie résultant d'une photogrammétrie effectuée en décembre 2001 en prévision de cette élaboration.

La crue de référence retenue à l'époque pour l'élaboration du PPRI du Loing aval y compris ses affluents a été la crue centennale calculée par le CEREMA (ex CETE) de Lyon et par le bureau d'études SILENE. La crue de 1910, de fréquence plus rare, n'a pas été retenue en raison de l'imprécision des cartes historiques de l'extension de l'inondation.

Les cartes suivantes présentent respectivement les aléas inondation avec hauteurs d'eau et le zonage réglementaire au droit du projet.

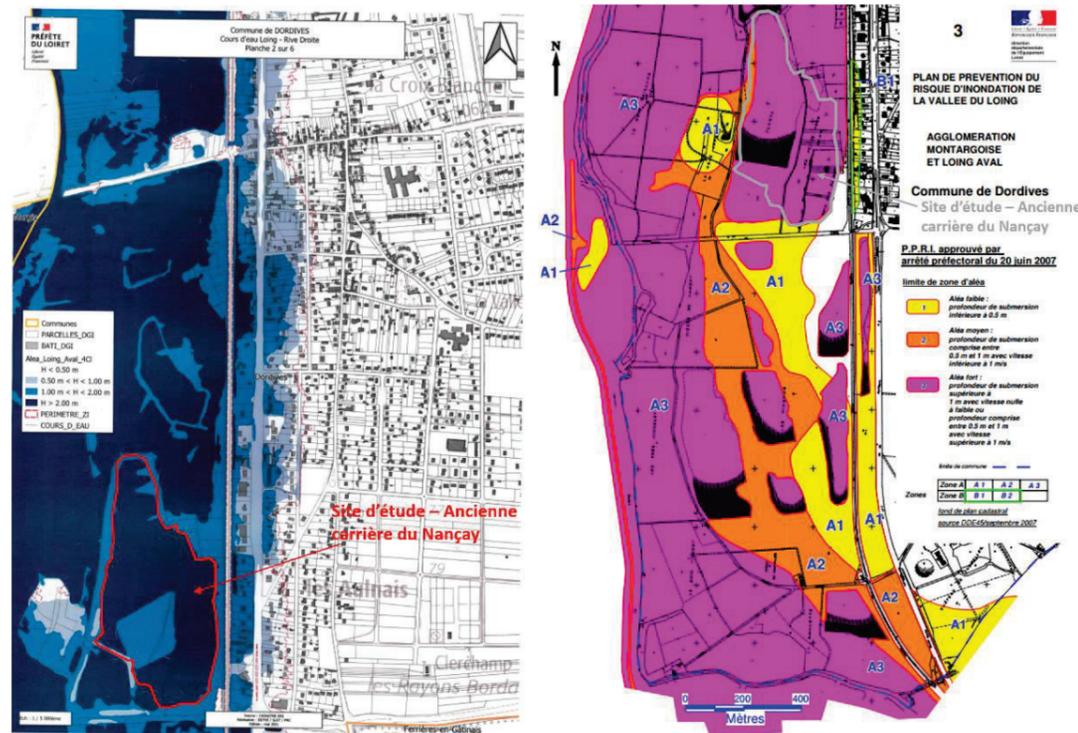


Figure 3-6 : Cartes d'aléa et réglementaire du PPRI de 2007

La carte suivante présente un extrait de la carte des cotes de référence du PPRI de 2007 au droit du site d'étude.

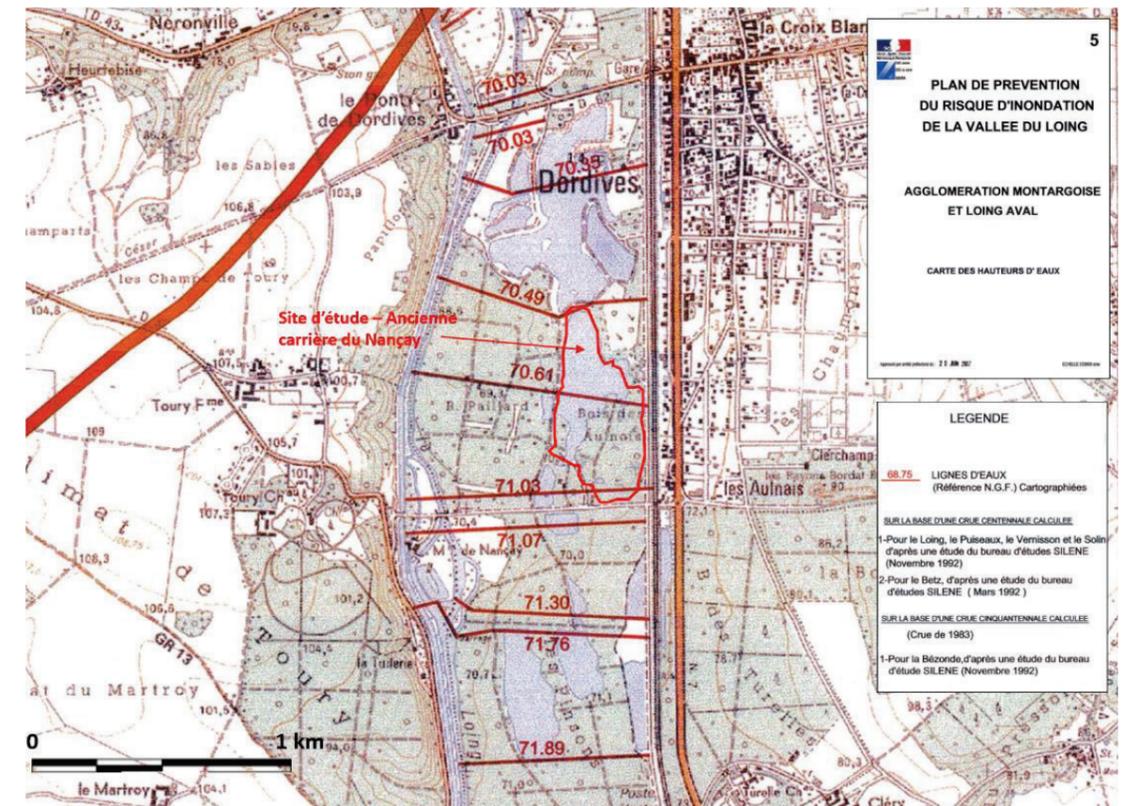


Figure 3-7 : Extrait de la carte des hauteurs d'eau du PPRI de 2007 (source : site Loiret)

Les cotes d'inondation de référence au droit du plan d'eau de l'ancienne carrière du Nançay étaient 71.03 m NGF en amont et 70.49 m NGF en aval.

3.5.2 Révision en cours du PPRI

Lors de la crue de mai-juin 2016, les niveaux d'eau observés ont été en plusieurs points du tronçon Loing aval supérieurs à ceux caractérisant l'aléa de référence pris en compte pour l'élaboration du PPRI de 2007 actuellement en vigueur.

Afin de tenir compte de ces nouvelles connaissances et des évolutions réglementaires (nouveau décret n°2019-715 du 5 juillet 2019 relatif aux plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours d'eau et submersion marine »), le Préfet du Loiret a lancé dès 2016 les études sur les cartographies des zones inondées sur l'ensemble du tracé du Loing et de ses principaux affluents (à l'exception de l'Ouanne) dans le Loiret. Ces études menées par la DRIEE-IDF, le CEREMA et la DDT, qui sont maintenant finalisées, accompagnent la prescription de révision du PPRI du Loing aval.

L'arrêté préfectoral prescrivant la révision du plan de prévention du risque d'inondation de la Vallée du Loing « Agglomération montargoise et Loing aval » a été signé le 13 décembre 2021 et concerne le secteur suivant.

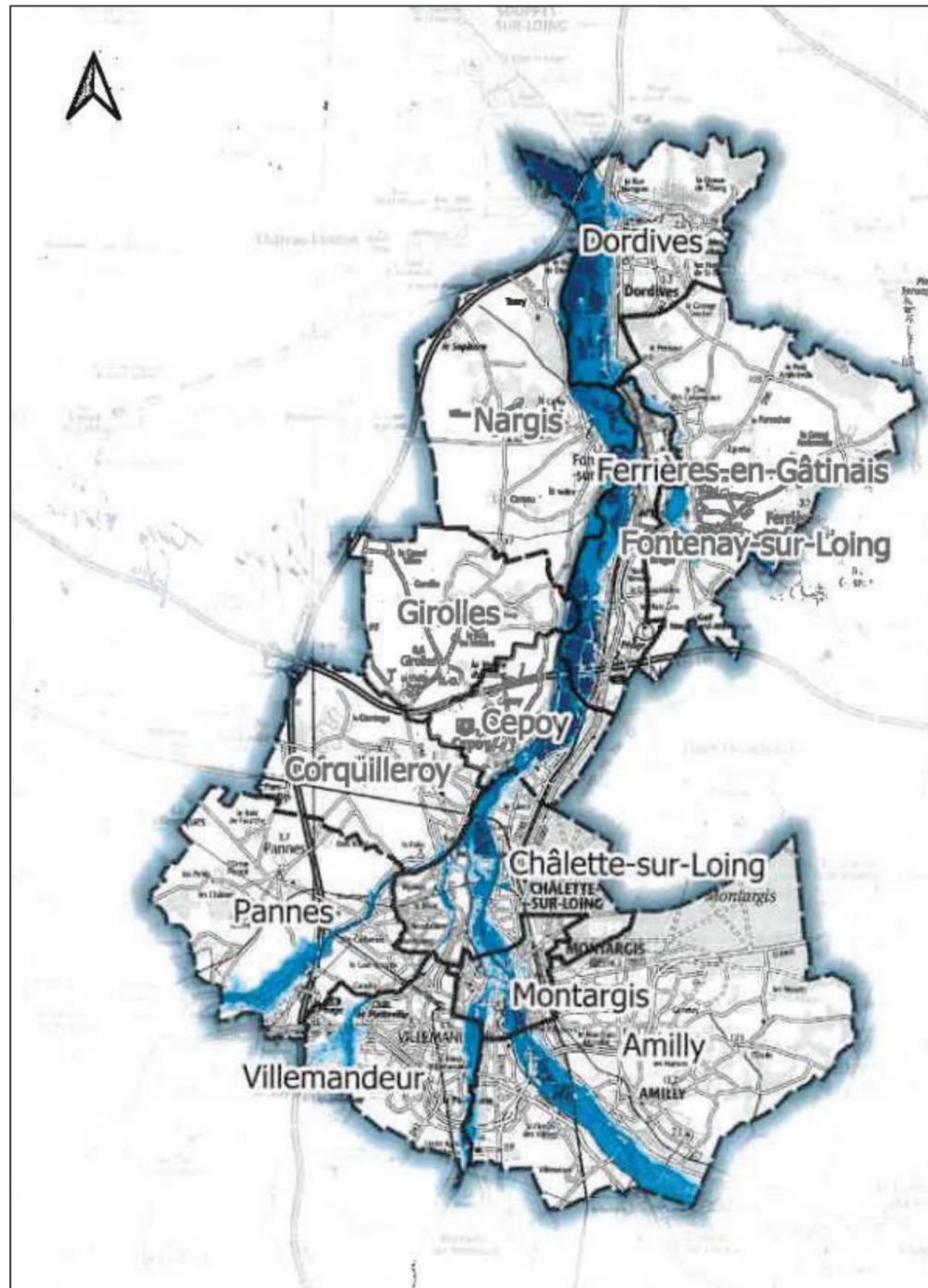


Figure 3-8 : Périmètre mis à l'étude pour l'établissement du plan de prévention du risque d'inondation de la Vallée du Loing (source : site Loiret)

Une première étape de cette révision du PPRI a consisté en l'élaboration d'une cartographie de l'évènement survenu en mai-juin 2016 (qui a été lancée avant même la prescription de révision

du PPRI). Elle s'est basée sur un Modèle Numérique de Terrain (MNT) qui a été produit par l'IGN en janvier 2020. Cette donnée de base, constituant la topographie du terrain, a permis au CEREMA de finaliser les études sur les affluents avec une livraison des résultats qui s'est échelonnée de novembre 2020 à avril 2021 après échanges avec la DDT.

Pour information, la reconstitution de la crue des affluents couvre une quarantaine de communes en plus des 12 communes concernées par la révision du PPRI de la Vallée du Loing – Loing aval.

La priorité de la réalisation de l'Atlas des Zones Inondées (AZI) a été fixée sur les 12 communes couvertes par le PPRI du Loing aval, dont fait partie la commune de Dordives.

La reconstitution de la crue de mai-juin 2016 est fournie sur la figure suivante au droit du site d'étude.

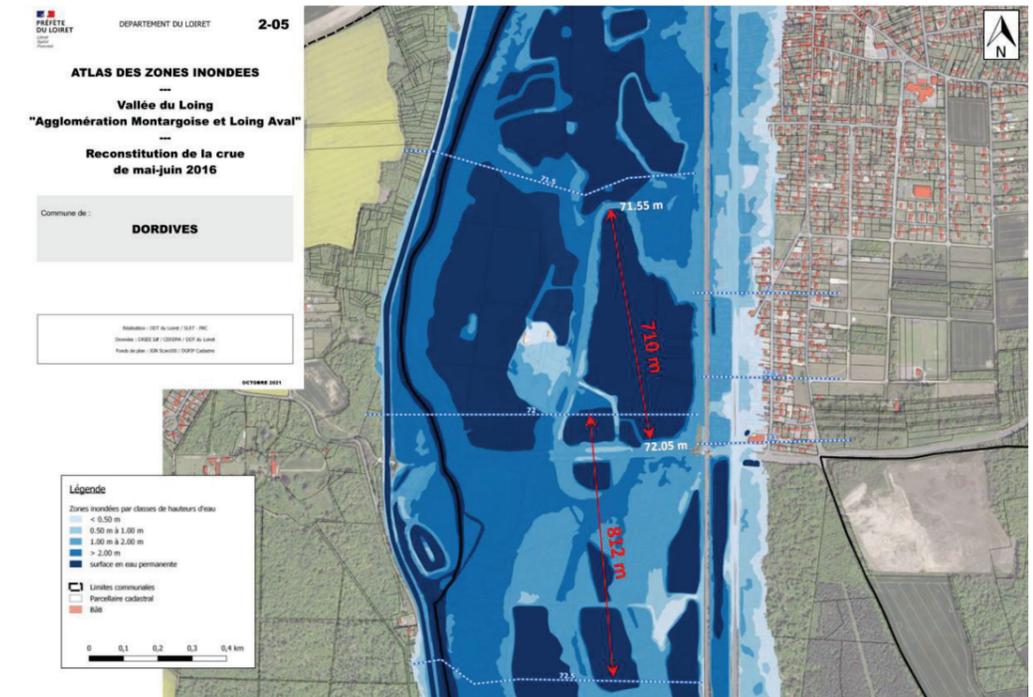


Figure 3-9 : Extrait de l'atlas de la crue de mai-juin 2016 (source : Loiret)

Les cotes d'inondation de la crue de mai-juin 2016 au droit du plan d'eau du Nançay sont de 72.05 m NGF en amont et 71.55 m NGF en aval. Ces cotes sont environ 1 m plus hautes que les cotes de référence du PPRI approuvé en 2007.

La carte suivante permet de localiser plus précisément l'emprise de l'inondation et donc les secteurs hors inondation.

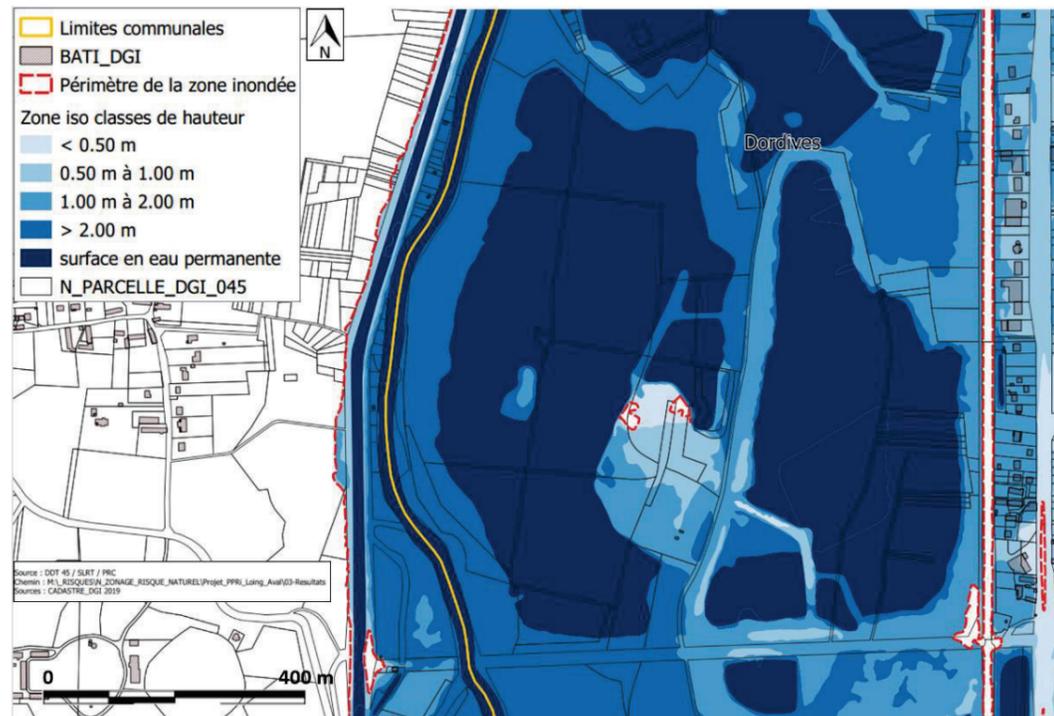
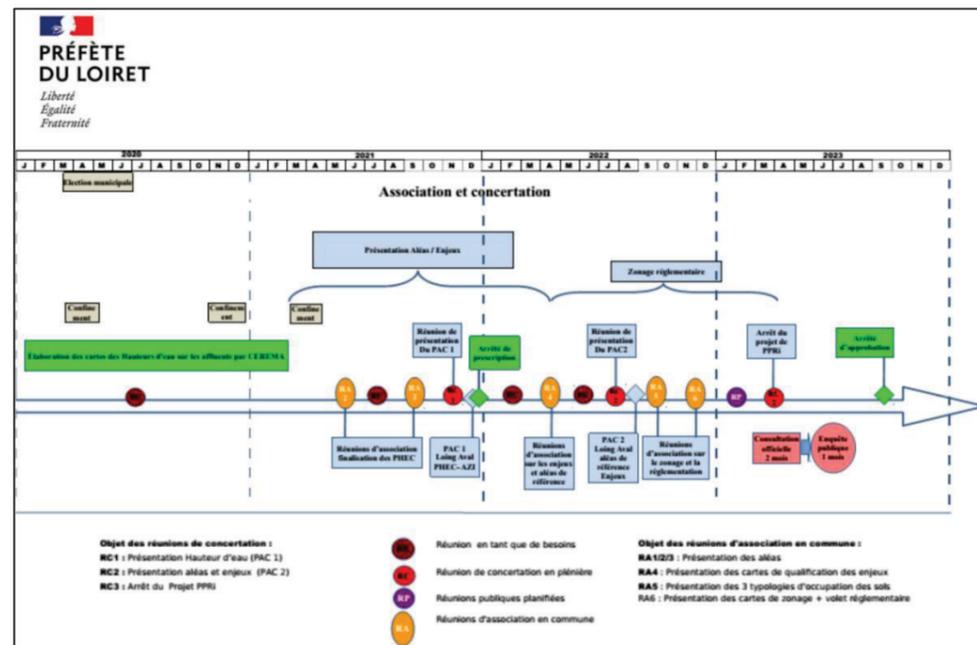


Figure 3-10 : Extrait Atlas Zone Inondable au niveau du projet (source : Préfète du Loiret)

Seule une petite parcelle située au sud-est du plan du Nançay est restée hors inondation lors de la crue de mai-juin 2016.

Le planning de la révision du PPRI mis à jour en mai 2021 est le suivant (source : Préfète du Loiret).



3.6 PAPI SUR LE LOING

Lancés en 2002, les Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) visent à promouvoir une gestion intégrée des risques d'inondation afin d'en réduire les conséquences dommageables sur les territoires, les habitations, les biens et les activités. Outil de contractualisation entre l'Etat et les collectivités territoriales, le dispositif PAPI permet le financement et la mise en œuvre d'une politique globale de gestion du risque d'inondation, menée à l'échelle d'un bassin de risque. Initié en 2002, le dispositif a depuis évolué à plusieurs reprises, notamment en 2011, 2018 et 2021.

Ainsi en 2021, l'EPAGE (Etablissement Public d'Aménagement et de Gestion des Eaux) du Bassin du Loing (créé le 01/01/2019), avec l'appui de l'Etat, de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et du Conseil Départemental de Seine-et-Marne avec un peu plus de 60% d'aide, lance une grande étude hydraulique pour se projeter pleinement dans une résilience du territoire.

Pour ce faire, un ambitieux PAPI a été labellisé sous la supervision de la Préfecture de la Région et animé par l'Etablissement Public Territorial de Bassin (EPTB) Seine Grands Lacs en étroite collaboration avec l'EPAGE du Bassin du Loing. On parle de PAPI d'intention car il précède un PAPI complet qui verra les plus gros travaux.

4. ANALYSE HYDROLOGIQUE

4.1 GENERALITE SUR LE BASSIN VERSANT DU LOING

Quelques stations hydrométriques des cours d'eau du bassin versant sont présentées sur la figure suivante.

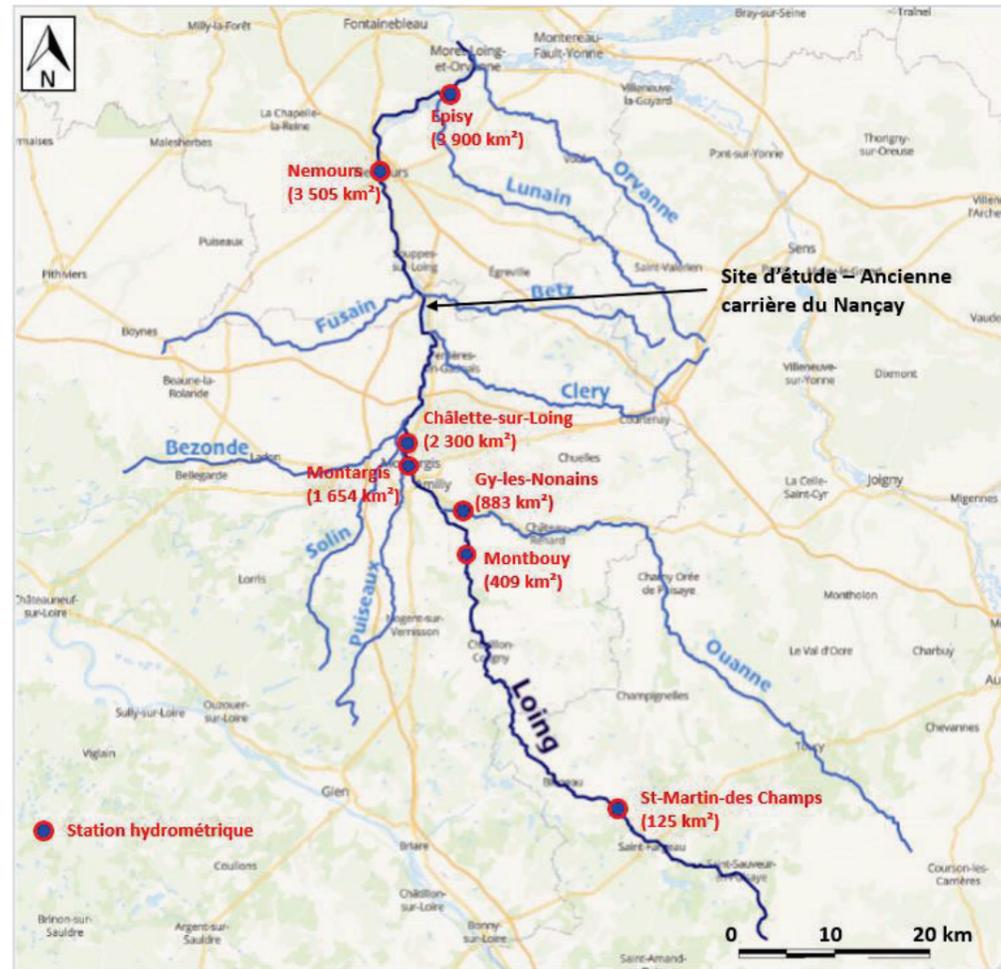


Figure 4-1 : Quelques stations hydrométriques sur le BV du Loing

Les trois plus fortes crues qui ont touché le bassin versant du Loing sont de la plus faible à la plus importante :

- La crue de mars 1978 avec un débit de 231 m³/s à Châlette-sur-Loing,
- La crue de janvier 1982 avec un débit de 292 m³/s à Châlette-sur-Loing,
- La crue de mai-juin 2016 avec un débit de 454 m³/s à Châlette-sur-Loing.

Le tableau suivant indique les débits maximum instantanés pour ces trois crues sur les quelques stations présentées précédemment.

Code Station	Lieu	Surface BV (km ²)	Producteur	Période d'observations	Débit crue 1978 (m ³ /s)	Date crue 1978	Débit crue 1982 (m ³ /s)	Date crue 1982	Débit crue 2016 (m ³ /s)	Date crue 2016
H3001020	Saint-Martin-des-Champs (Le Moulin de la Prairie)	125	DRIEE IDF	2007-2021					8.6	30/05/2016
H3021010	Montbouy	409	DRIEE IDF	1981-2021			60	09/01/1982	88	31/05/2016
H3201021	Montargis (Pont de Tivoli)	1654	DRIEE IDF	Pas de données disponibles						
H3201010	Châlette-sur-Loing	2300	DRIEE IDF	1968-2021	231	01/03/1978	292	01/01/1982	454	01/06/2016
H3601010	Nemours	3505	DRIEE IDF	Pas de données disponibles						
H3621010	Episy	3900	DRIEE IDF	1949-2021	175	01/04/1978	296	11/01/1982	485	02/06/2016
H3122020	Gy-les-Nonains	883	DRIEE IDF	1969-2021	106	01/03/1978	?	?	172	31/05/2016

Tableau 4-1 : Débits maximum instantanés au niveau de quelques stations hydrométriques du BV du Loing (source : Banque Hydro)

Les hydrogrammes de la crue de mai-juin 2016 sur le Loing sont présentés sur la figure suivante.

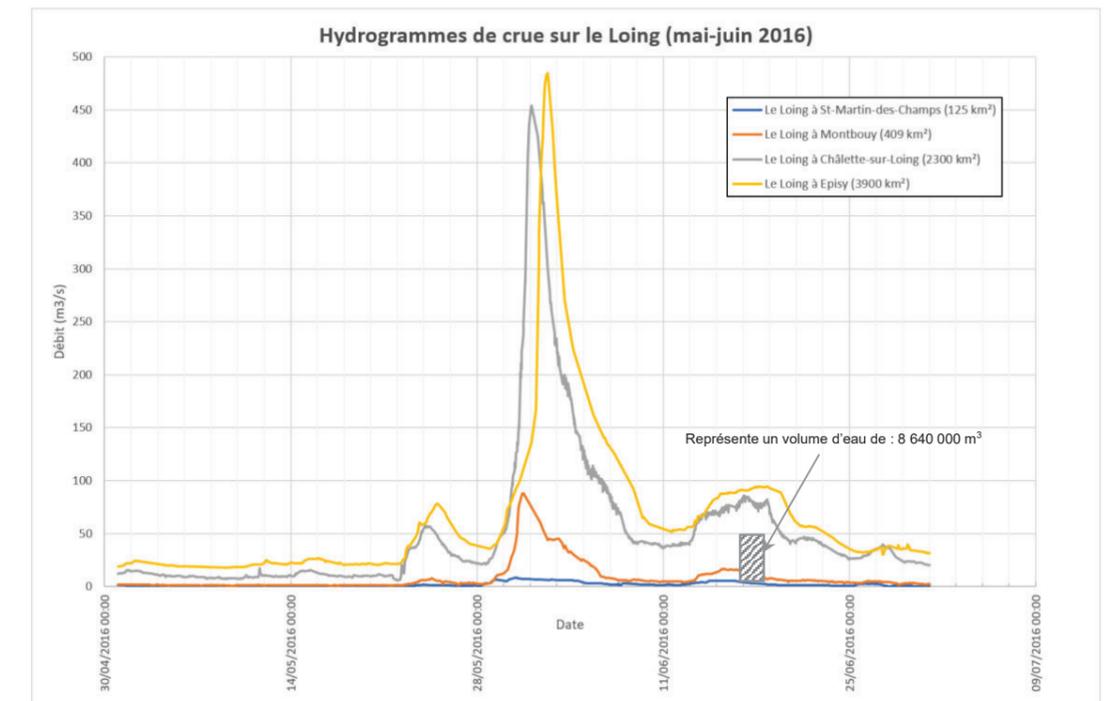


Figure 4-2 : Hydrogrammes de crue sur le Loing (source : Banque Hydro)

On constate que les différentes pointes de crue sont bien identifiées dès la station de Montbouy. L'apport de l'Ouanne vient donc gonfler la crue en volume sans pour autant ajouter une nouvelle pointe de crue. La forme des hydrogrammes de crue à Châlette-sur-Loing et Episy est identique, la pointe de crue s'est propagée en une journée entre les 2 stations.

Il faut noter que les données de débit de ces hydrogrammes sont estimés :

- Pour les débits supérieurs à 20 m³/s à la station de Montbouy,
- Pour les débits supérieurs à 120 m³/s à la station de Châlette-sur-Loing.

Entre les stations de Châlette-sur-Loing et Episy, le débit maximum de crue n'évolue pas beaucoup malgré une forte augmentation du bassin versant, passant de 454 m³/s pour une superficie de 2 300 km² à 485 m³/s pour une superficie de 3 900 km².

Une rupture de la digue du canal de Briare s'est produite entre Montbouy et Montcresson lors de la crue, le bief du canal s'est donc vidé dans le Loing. Cette information nous avait été rapportée par l'adjoint au maire de Dordives.

On peut estimer le volume d'eau induit par cette rupture sachant que le canal fait 8.35 km entre les écluses numéro 26 de Montbouy et numéro 27 de Montambert. Le canal a un gabarit de type Freyssinet, sa largeur est de 38.6 m pour une hauteur de 5.2 m, le tirant d'eau est de 1.8 m et le tirant d'air de 3.5 m. Le volume d'eau de ce bief est donc : $8\,350 \times 38.6 \times 1.8 = 580\,158 \text{ m}^3$. Ce volume reste très modeste par rapport au volume de la crue du Loing. Pour comparaison, un carré de la figure précédente représente un volume d'eau de 8 640 000 m³ soit 15 fois le volume d'eau du bief qui s'est vidé dans le Loing.

4.2 ESTIMATION DU DEBIT DE LA CRUE DE JUIN 2016

La station hydrométrique la plus proche du secteur d'étude sur le Loing est la station de Châlette-sur-Loing. Elle est située 13,7 km en amont de la RD62 à Dordives au niveau de la passerelle au Gué de Lancy.

Les débits caractéristiques de crue du Loing donnés dans le PPRI de 2007 sont les suivants au niveau de Châlette-sur-Loing :

- Débit décennal : environ 240 m³/s,
- Débit centennal : environ 380 m³/s.

Au niveau de Nançay, le débit centennal avait été estimé à 410 m³/s par INGEROP dans l'étude concernant la modélisation hydraulique du projet de poursuite d'exploitation de la gravière de Nançay (octobre 2002).

Au niveau de Dordives, le bassin versant représente une superficie d'environ 2700 km².

Avec un débit de 454 m³/s le 01/06/2016 à Châlette-sur-Loing, le débit centennal évalué dans le PPRI de 2007 a été largement dépassé.

Pour déterminer le débit centennal approximatif au niveau de Dordives, on peut faire le ratio entre le débit mesuré à Châlette-sur-Loing (454 m³/s pour 2300 km²) et celui mesuré à Episy (485 m³/s pour 3900 km²). On obtient ainsi un débit de l'ordre 462 m³/s pour 2700 km² au niveau de Dordives.

On retiendra donc un débit de l'ordre de 462 m³/s au niveau de Dordives et donc au niveau de la carrière de Nançay pour la crue de juin 2016.

5. DETERMINATION DES CONDITIONS D'INONDATION DU SITE D'ETUDE – ANALYSE HYDRAULIQUE

5.1 FONCTIONNEMENT EN CRUE CENTENNALE D'APRES LA BIBLIOGRAPHIE

Au fil du temps et des différentes crues qui se sont produites au niveau du bassin versant du Loing, des études hydrologique et hydraulique ont été réalisées afin de mieux connaître son fonctionnement.

Ainsi, pour donner suite à la crue de 1978, une première étude hydrologique du Loing à Châlette a été réalisée en novembre 1978 par le CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipe) de Lyon. Puis une étude de l'écoulement des crues du Loing dans l'agglomération montargoise a été réalisée en 1980 par le CETE de Lyon pour le compte du Syndicat Intercommunal des vallées du Loing et de l'Ouanne.

La crue de mai-juin 2016 sur le Loing, la plus forte enregistrée, a été un élément déclencheur pour de nouvelles études et notamment la révision du PPRI et la phase de cartographie de cette crue inédite. Une étude hydrologique et hydraulique est en cours sur le bassin versant du Loing par le bureau d'études ISL pour le compte de l'Etablissement Public d'Aménagement et de Gestion des Eaux (EPAGE). Il s'agit d'un schéma d'aménagement complet du bassin versant du Loing dans le cadre d'un PAPI (Programme d'Actions de Prévention des Inondations) sur le Loing et ses affluents.

5.1.1 Etude hydraulique de Silene de 1990

En décembre 1990, le bureau d'études Silene a réalisé une étude préliminaire du risque inondation dans l'agglomération montargoise et la vallée du Loing entre Montargis et Dordives.

Les données de cette étude avaient été fournies à Setec hydratec par la DDE du Loiret en 2010 dans le cadre de la réalisation de l'étude hydraulique et hydrogéologique pour une demande d'autorisation d'ouverture d'une carrière et de renouvellement pour une carrière existante pour le compte de Lafarge Granulats.

La figure page suivante présente le plan de situation des profils en travers utilisés dans cette étude.

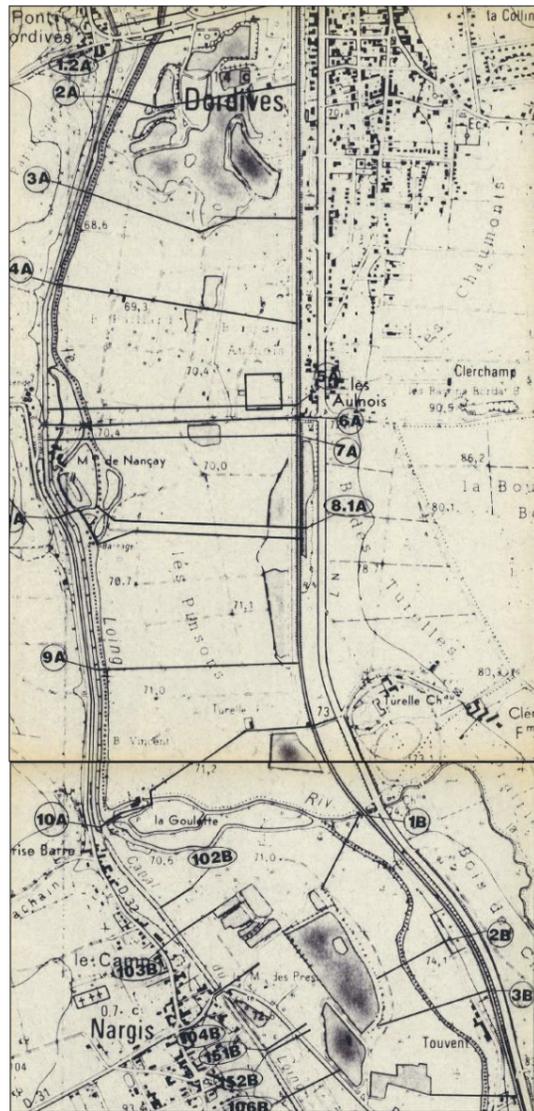


Figure 5-1 : Profils en travers utilisés dans le modèle SILENE de 1990

Le tableau suivant donne les valeurs de débit et les cotes d'eau atteintes en crues centennale et décennal entre le secteur de la Goulette et le pont de Dordives.

Profil en travers	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Z ₁₀₀ (m)	Q ₁₀ (m ³ /s)	H ₁₀ (m)	Z ₁₀₀ - Z ₁₀ (m)
1A	410	69.92	255	69.4	0.52
1.2 A	410	70.17	255	69.6	0.57
2A	410	70.37	255	69.7	0.67
3A	410	70.49	255	69.9	0.59
4A	410	70.61	255	70	0.61
5A	410	71.03	255	70.4	0.63
6A	410	71.01	255	70.4	0.61
7A	410	71.07	255	70.5	0.57
8.1A	410	71.3	255	70.8	0.5
8A	410	71.76	255	71.2	0.56
9A	410	71.89	255	71.3	0.59
10A	410	72.43	255	71.8	0.63

Tableau 5-1 : Résultats de la modélisation de SILENE de 1990

L'amont de la carrière de Nançay se trouve au niveau du profil 6A et la cote de la crue centennale était alors de 71.01 m NGF ce qui est cohérent avec le PPRI actuel qui indique une cote de 71.03 m NGF.

Cette modélisation uniquement filaire ne nous apporte cependant pas d'information sur la répartition du débit dans le lit majeur.

5.1.2 Modélisation hydraulique d'INGEROP de 2001

Une modélisation a été réalisée par INGEROP dans le cadre du projet de poursuite d'exploitation de la gravière de Nançay.

Cette modélisation fournit des informations concernant les débits maximums pour une crue centennale de débit 410 m³/s au niveau de certains secteurs.

Pour rappel les limites du modèle sont les suivantes :

- Le chemin du moulin de Nançay en amont,
- Le chemin de César en aval,
- Le canal du Loing à l'ouest,
- Le talus de la voie de chemin de fer à l'est.

5.2 ANALYSE DES PRINCIPAUX EVENEMENTS HISTORIQUES

5.2.1 Analyse de la crue de 2016 dans la zone d'étude

La description suivante est extraite du site de l'EPISSEINE (dispositif porté par l'EPTB Seine Grands Lacs et conçu pour sensibiliser et préparer les franciliens à la prochaine inondation majeure).

« En 2016, après une période pluvieuse d'avril à mi-mai, le bassin amont du Loing a connu à la fin du mois une phase de pluies orageuses, intenses et localisées, puis plus généralisées mais toujours aussi intenses. Ces précipitations ont généré des crues exceptionnelles sur l'ensemble des cours d'eau du bassin. En plusieurs points du bassin, les débits et les hauteurs d'eau enregistrés ont été supérieurs à ceux de la crue de janvier 1910, qui servait jusque-là de référence. La crue du Loing a été accentuée par ses différents affluents dont les ondes de crue se sont rejointes à leur confluence de façon concomitante.

Chiffres clés :

- A Nemours 4,63 m en 2016 contre 4,25 en 1910,
- A Montargis 3,44 m en 2016 contre 3,16 en 1910,
- A Saint-Mammès 6,77 m en 2016 et 7,96 m en 1910,
- Débit de pointe : 330 m³/s à Episy en 1910,
- Débit de pointe : 450 m³/s à Episy en 2016.

Le caractère exceptionnel de la crue a provoqué des inondations majeures et jamais observées au moins dans les trois derniers siècles tout le long du Loing, et en particulier dans les agglomérations de Montargis, de Nemours et de Moret-Loing et Orvanne. Les nombreuses évacuations des centres-villes anciens sont un fait marquant des événements de juin 2016 : 8 000 évacuations en Seine-et-Marne dont 4 000 à Nemours, 800 à Souppes-sur-Loing, 400 à Saint-Mammès, une clinique et une maison de retraite à Montargis ainsi qu'un collège à Château-Renard. Le musée Girodet de Montargis a été totalement inondé. Par ailleurs, de nombreuses pollutions aux hydrocarbures ont été causées par des ruptures de cuves à fioul domestique. Le phénomène pluvieux a concerné une partie du bassin de la Seine et de la Loire. Le montant total des dommages (biens assurés) a été estimé à 1,4 milliard d'euros ce qui en fait la catastrophe naturelle la plus coûteuse depuis la création du dispositif CatNat en 1982 (Fédération Française de l'Assurance, 2017). La présence prolongée de l'eau a non seulement causé des dommages aux bâtiments, aux réseaux et aux terres agricoles, mais elle a également mis en évidence des dysfonctionnements en matière de gestion des déchets dans les villes impactées. »

Contrairement aux autres crues (1978, 1982), la crue de 2016 s'est accompagnée d'un débordement de ces trois cours d'eau (Le Loing, le Betz le Fusain) qui a créé un « nouveau cours d'eau » au niveau de la Nationale 7 inondant les maisons riveraines de la route. Sur les 3300 habitants de la commune, 500 ont été touchés par les inondations.

Cet écoulement au niveau de la route s'est donc trouvé un peu déconnecté de l'écoulement principal du Loing car lorsqu'on regarde les cotes d'inondation de part et d'autre de la nationale 7, elles sont plus élevées à l'est qu'à l'ouest sur la cartographie de la crue qui a été réalisée.

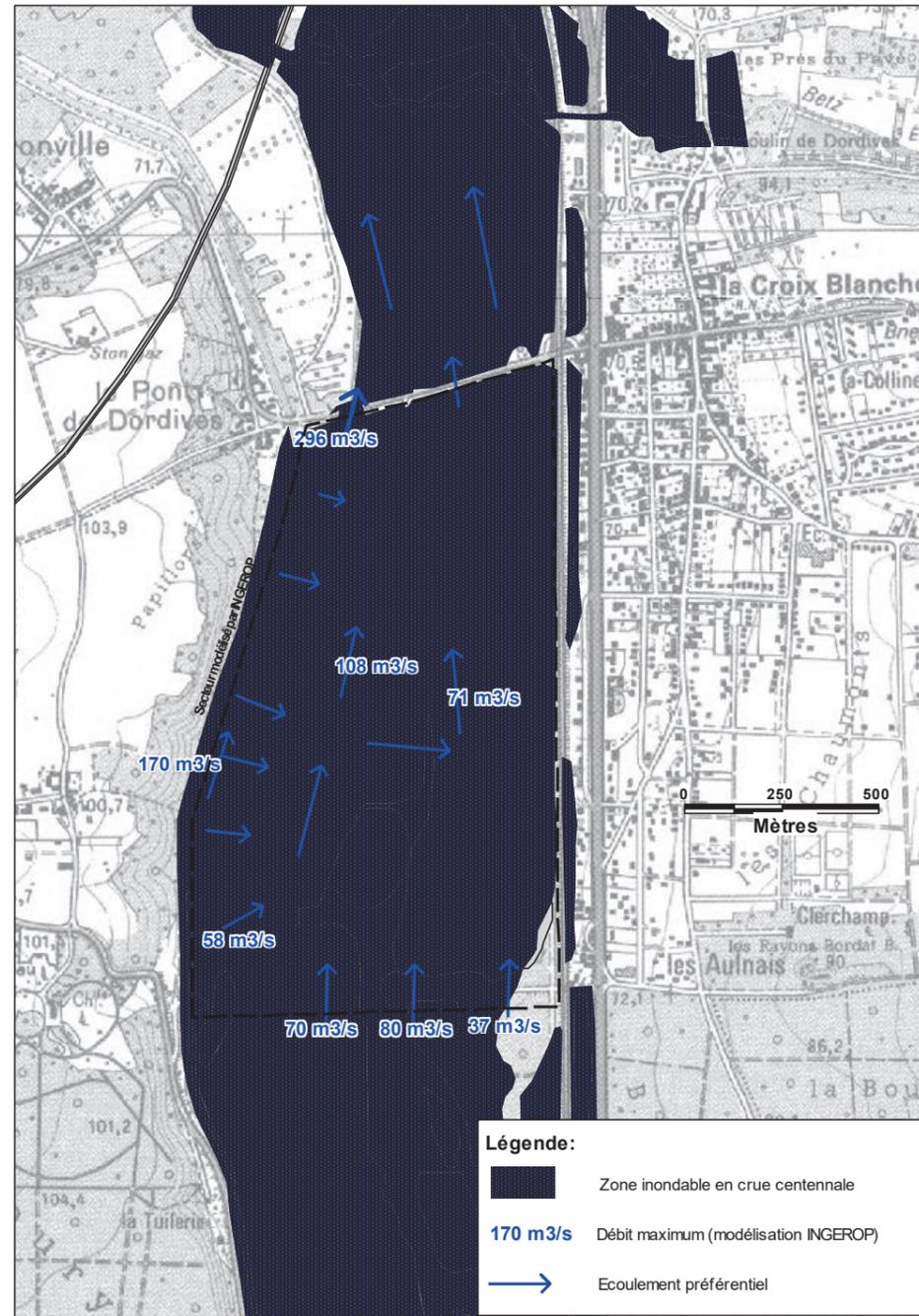


Tableau 5-2 : Zone inondable pour un débit de 410 m³/s et écoulements préférentiels

Pour une crue de 410 m³/s sur le Loing, le débit maximum qui transite en rive droite du Loing au niveau des plans d'eau est de l'ordre de 180 m³/s. En entrée du modèle d'Ingerop, on constate qu'environ 117 m³/s se dirigent vers le plan d'eau objet de l'étude, soit 30% du débit total.

En faisant l'hypothèse d'une proportionnalité de débit, pour un débit de 462 m³/s sur le Loing, il y aurait environ 140 m³/s qui transiterait par le plan d'eau.

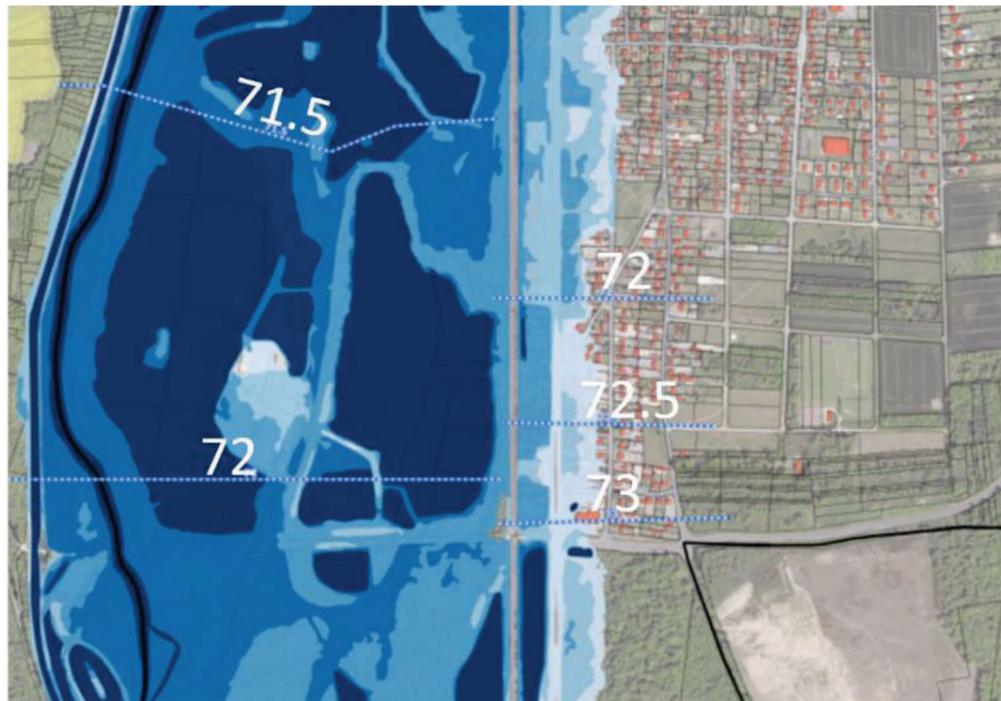


Figure 5-2 : Extrait de la carte d'inondation de la crue de 2016 (source : Département du Loiret)

L'écoulement à l'est s'est sans doute accompagné d'un débordement du réseau pluvial de la commune, en plus du débordement des affluents de la rive droite (Cléry en amont et Betz en aval) qui ne pouvait pas s'écouler dans le Loing déjà en crue. C'est pourquoi les cotes d'inondation sont différentes de part et d'autre de la voie ferrée.

Une interview avec monsieur Acerra (adjoint au maire de Dordives) nous a confirmé les faits décrits. Son entreprise située entre les voies ferrées et la Nationale a été envahie par les eaux (82 cm d'eau dans les bureaux) alors que cette zone, qui avait été remblayée, était hors inondation dans le PPRI de 2007. Les photographies aériennes suivantes montrent la création de l'actuel parc d'activité des Ailes, zone probablement remblayée.



Figure 5-3 : Photographies aériennes de 1981 et 1984 (source : remonterletemps)

Monsieur Romaric Selb, responsable des services techniques de Dordives, nous a communiqué des photos des inondations de la crue de 2016. Il a indiqué que les plans d'eau ne formaient plus qu'un grand lac avec des vitesses de courant limitées. Les tables en bois de la base de loisirs n'ont pas bougé lors de cette crue. C'est plutôt au moment de la décrue que les objets flottants sont venus s'accumuler contre le grillage qui entoure la base de loisirs, dans le sens des écoulements vers le Loing.

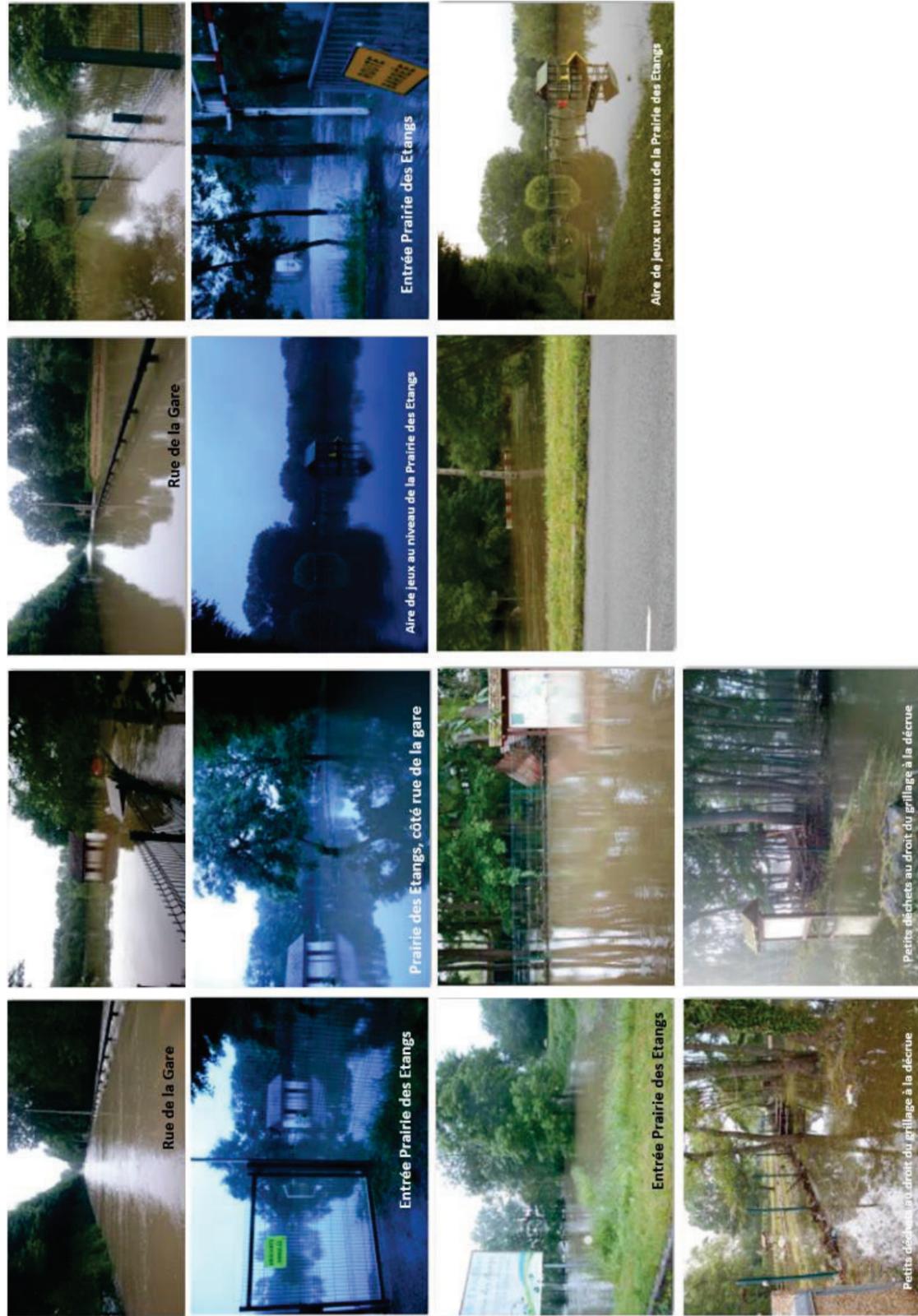


Figure 5-4 : Photographies de la crue de 2016 au niveau de la base de loisirs au nord du plan d'eau projet (source : Services Techniques de Dordives)

BayWa r.e.

Etude hydraulique et hydrogéologique – Plateforme photovoltaïque (45) | Setec hydratec
51307 | Rapport | Mars 2022 - v2

p.27/51

5.2.2 Informations locales sur la crue de janvier 1910

La crue qui faisait référence sur le Loing (avant la crue récente de 2016) était celle de janvier 1910. La description suivante est extraite du site de l'EPSEINE (dispositif porté par l'EPTB Seine Grands Lacs et conçu pour sensibiliser et préparer les franciliens à la prochaine inondation majeure).

« A l'automne 1909, un épisode pluvieux intense (50% supérieur à la moyenne) sature les sols et engendre une première hausse des niveaux de la Seine et de ses principaux affluents (dont le Loing). Aussi, lorsqu'en janvier 1910 trois épisodes pluvieux se succèdent, c'est l'intégralité des cours d'eau du bassin de la Seine qui entrent en crue en raison, notamment, de ruissellements rapides sur des sols rendus imperméables par le gel. Cette crue considérée comme exceptionnelle a engendré des inondations catastrophiques tant à Paris que sur les territoires situés plus en amont, comme le bassin du Loing.

Sur le bassin du Loing, la période de retour de cette crue est estimée à 100 ans. Lors de cette crue, le débit maximum estimé sur le Loing a été de près de 330 m³/s à la station d'Episy. Les hauteurs d'eau enregistrées ont été tout aussi impressionnantes : 3,16 m à Montargis, 4,25 m à Nemours et 7,96 m à Saint-Mammès au niveau de la confluence avec la Seine.

Lors de cet épisode, on dénombre d'importants dommages tant corporels que structurels et fonctionnels. Montargis, qui constitue un goulot d'étranglement pour le Loing, est ainsi largement inondée dès le 20 janvier : plus des ¾ des rues de la ville sont inondées, la sous-préfecture est noyée sous 50 cm d'eau et tous les commerces du centre-ville sont sinistrés. Les communes des alentours sont également fortement impactées : à Courtenay, l'usine à gaz chargée d'alimenter l'éclairage public est submergée, ce qui provoque une interruption de l'éclairage pendant 3 jours. À Château-Renard, c'est la place du Vieux Marché qui est couverte par 1 mètre d'eau. Mais l'évènement le plus tragique intervient le 21 janvier, lorsque l'effondrement d'une colline, minée par les infiltrations d'eau, emporte 5 habitations près de Dordives, causant la mort de 7 personnes et plusieurs blessés graves. »

5.3 DEFINITION DES PARAMETRES D'INONDATION POUR LA CRUE DE REFERENCE

La crue de référence qui va être prise en compte dans la révision du PPRI est la crue de mai-juin 2016. La cote d'inondation en amont du plan d'eau est estimée à 72.05 m NGF, celle en aval à 71.55 m NGF (cf § 3.5.2), ce qui représente une surcote de l'ordre de 3 m pour un niveau d'eau dans le plan d'eau de 69 m NGF.

Le débit maximum de la crue au niveau de Dordives a été évalué à 462 m³/s (débit de la crue de juin 2016) et au droit du plan d'eau à 140 m³/s (cf § 5.1.2).

5.4 MECANISME D'INONDATION DU PLAN D'EAU

Le plan d'eau n'est pas cerné de remblais mais du fait de sa taille, les cotes d'eau ne sont pas les mêmes tout autour. Il s'agit donc de repérer les points bas par où l'eau va rentrer au début du débordement de la crue dans le plan d'eau.

A l'aide de la topographie, nous avons fait l'exercice de mettre en évidence les points en-dessous d'une certaine cote (en bleu), ainsi on obtient en quelque sorte le « film » des entrées d'eau dans le plan d'eau avant le débordement généralisé. Les entrées d'eau sont matérialisées par des flèches rouges.

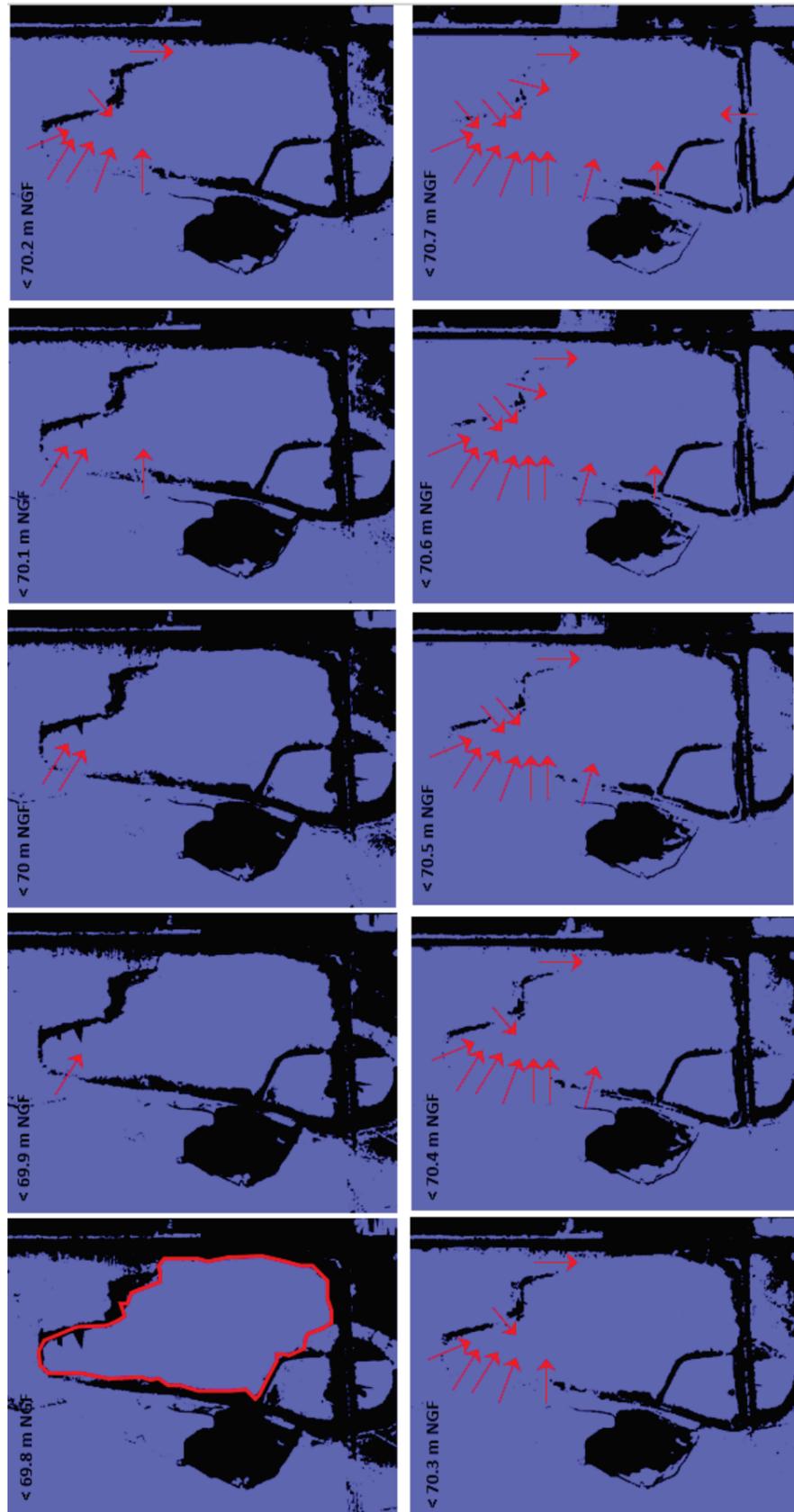


Figure 5-5 : Inondation en fonction de la cote d'eau entre 69.8 et 70.7 m NGF (source : Setec hydratec)

Les premières rentrées d'eau dans le plan d'eau se produisent donc à la cote 69.9 m NGF par l'aval côté ouest. Elles s'intensifient jusqu'à la cote 70.2 m NGF où une seconde voie d'eau commence en aval est. Puis tout l'aval du plan d'eau subit des débordements vers la cote 70.6 m NGF. Les premiers débordements en provenance de l'amont viennent à partir de la cote 70.7 m NGF.

La figure suivante montre les cotes d'inondation supérieures à 70.8 m NGF. L'aval de la carrière est alors sous l'eau et les débordements s'intensifient depuis l'amont.

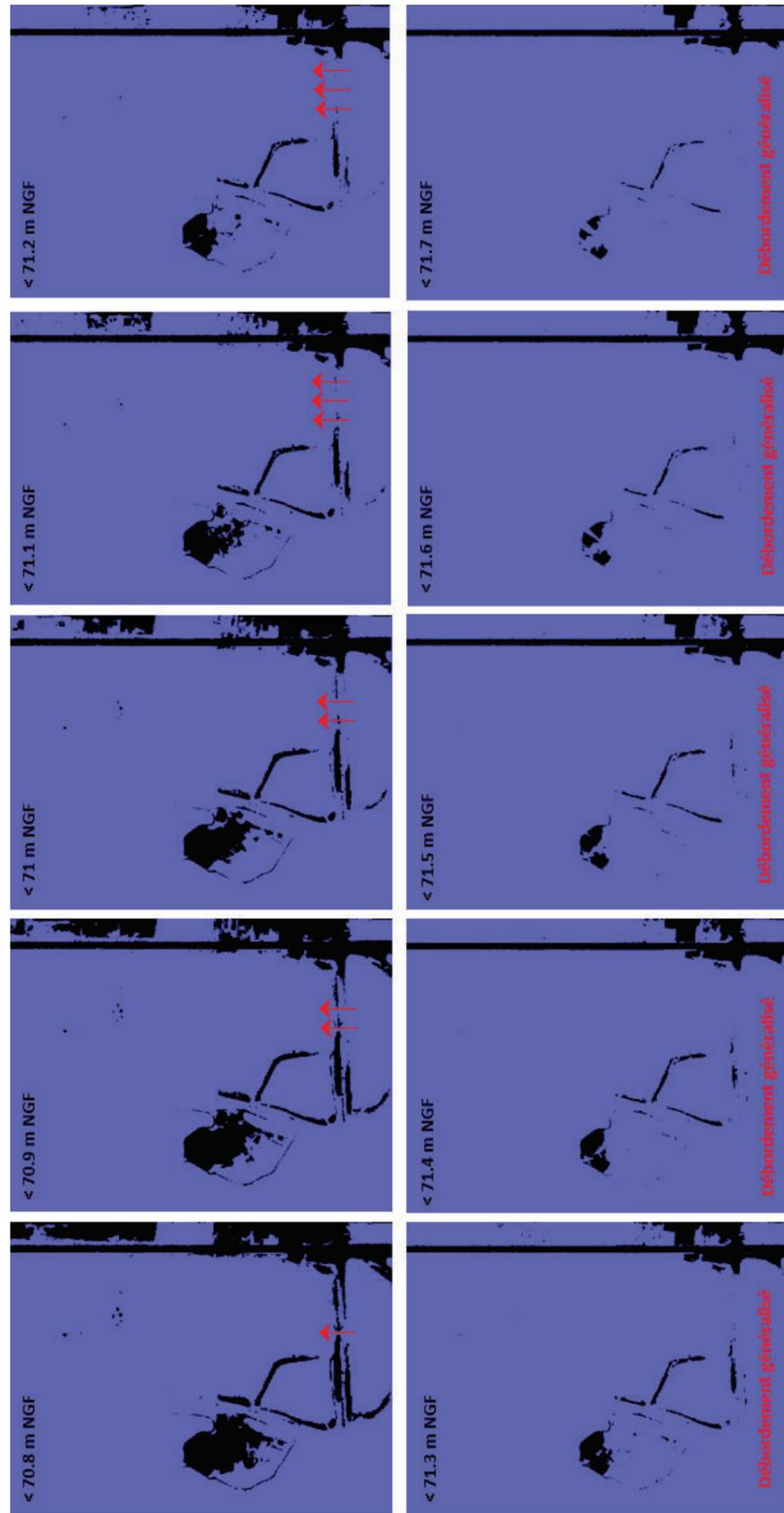


Figure 5-6 : Inondation en fonction de la cote d'eau entre 70.8 et 71.7 m NGF (source : Setec hydratec)

5.5 DETERMINATION DES VITESSES D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN D'EAU

A partir de la cote 71.3 m NGF, on peut dire qu'il y a débordement généralisé au niveau de la carrière avec des écoulements par l'amont.

Il faut bien noter que les premiers débordements ne généreront pas de vitesse gênante pour la plateforme dans la mesure où ils contribuent à faire monter le niveau d'eau dans le plan d'eau peu à peu par l'aval. Pendant ce temps-là, la plateforme devra suivre la montée des eaux dans le plan d'eau grâce à son système d'ancrage.

A partir de différentes coupes au droit du plan d'eau, on peut estimer la vitesse moyenne connaissant la section d'écoulement.

Le débit qui va circuler dans le plan d'eau du projet va générer un certain profil de vitesse vertical et on va donc chercher à déterminer la vitesse la plus importante.

Rappelons que sur une ligne verticale, on rencontre trois types de vitesses caractéristiques :

- Au fond, ou au contact de l'interface eau-lit, on peut considérer (hypothèse très classique) qu'il y a adhérence (non glissement) entre le filet liquide et le matériau constitutif du lit d'où une vitesse nulle,
- Sur une couche d'eau voisine de l'interface eau-lit, d'épaisseur ξ , l'écoulement est turbulent rugueux, c'est-à-dire qu'il est fortement perturbé par la proximité d'anfractuosités et dissipe localement de l'énergie, occasionnant le gros de la perte de charge linéaire et atténuant fortement la vitesse, si bien qu'on peut écrire $V_\xi < V$. Il résulte nécessairement de ces deux considérations qu'il existe une tranche de liquide dans laquelle les molécules d'eau ont une vitesse sensiblement supérieure à la vitesse moyenne, atteignant un maximum noté V_M . Cette tranche est appelée le filon.
- Au niveau de l'interface eau-air, les frottements et les tensions superficielles réduisent la vitesse des molécules d'eau du filet liquide de surface libre à quelques pourcents de moins que la vitesse maximale $V_\eta < V_M$.

Le profil des vitesses sur une verticale de fluide est donc le suivant.

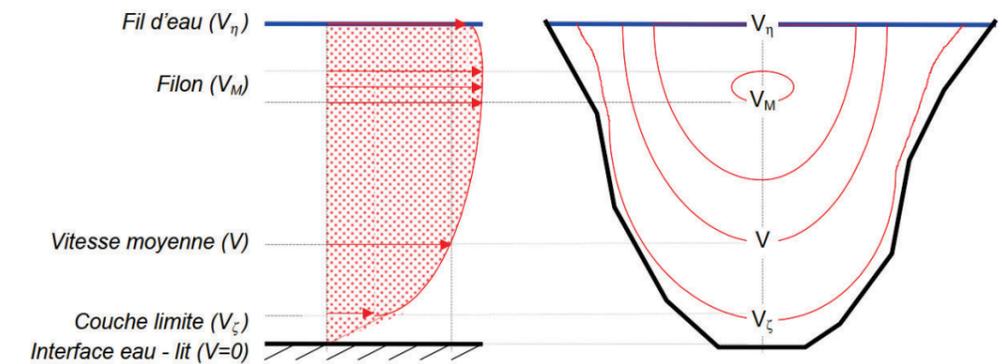


Figure 5-7 : Profil de vitesse dans une section d'écoulement (Source : CETMEF)

Pour mémoire, on peut retenir les quelques ordres de grandeurs indicatifs suivants :

- $V_\eta \sim 0.95 V_M$

- $V_M \sim 1.25 V$
- $V_\xi \sim 0.30 V$

On estime la profondeur de submersion du filon entre 20 et 30% de la hauteur d'eau, comptée à partir du fil d'eau, et la hauteur ξ de la couche limite entre 1 et 3 fois le diamètre d_{90} .

Dans le cas de notre plan d'eau et pour rester sécuritaire, **on s'attachera à retenir la vitesse maximale qui est égale à 1.25 fois la vitesse moyenne**, bien que le filon soit certainement situé en-dessous de la ligne de flottaison de la future plateforme compte-tenu de la grande profondeur du plan d'eau. Par exemple, pour une profondeur de 4 m, le filon doit être situé entre 0.8 et 1.2 m de profondeur.

Les figures suivantes présentent quelques coupes en travers au droit du plan d'eau. Rappelons que nous ne disposons pas de la bathymétrie au niveau du Loing ni au niveau du deuxième plan d'eau entre le Loing et le plan d'eau du projet.

Considérant qu'il y a 140 m³/s pour la crue de 2016 qui passe dans le plan d'eau projet, on peut en déduire la vitesse moyenne en divisant le débit par la section de passage au niveau des différents profils en travers. Le plan d'eau est assimilé à un rectangle équivalent pour faciliter les calculs. On en déduira donc une vitesse moyenne.

Cependant la vitesse qui nous intéresse est celle qui concernera les flotteurs de la plateforme et dans un souci sécuritaire, on prendra la vitesse maximale.

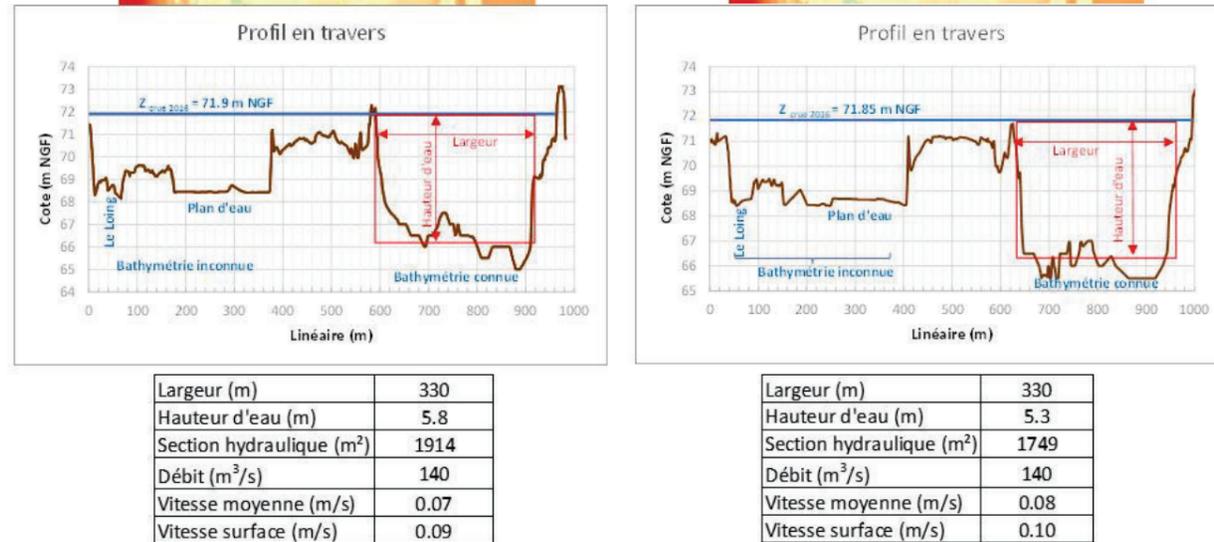
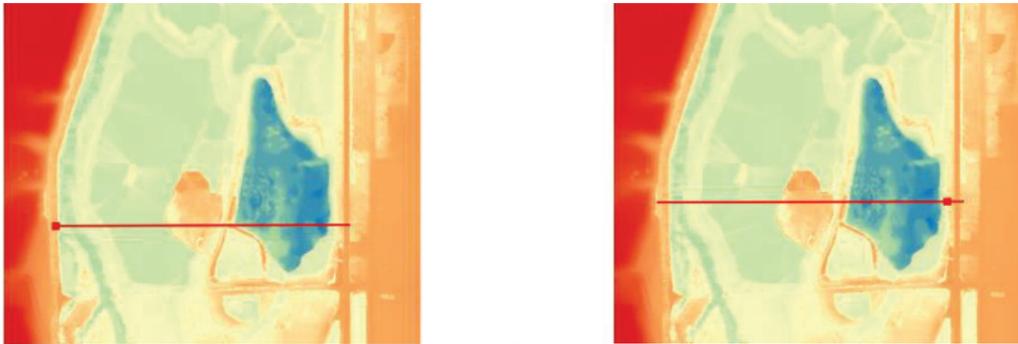


Figure 5-8 : Profils en travers au niveau du plan d'eau et calculs des vitesses

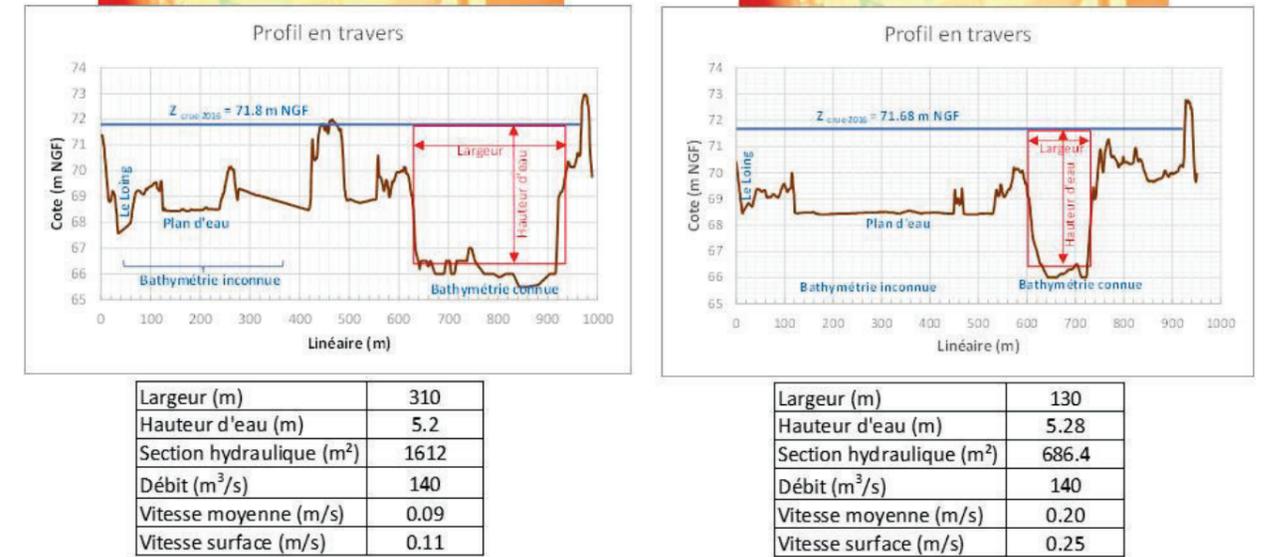
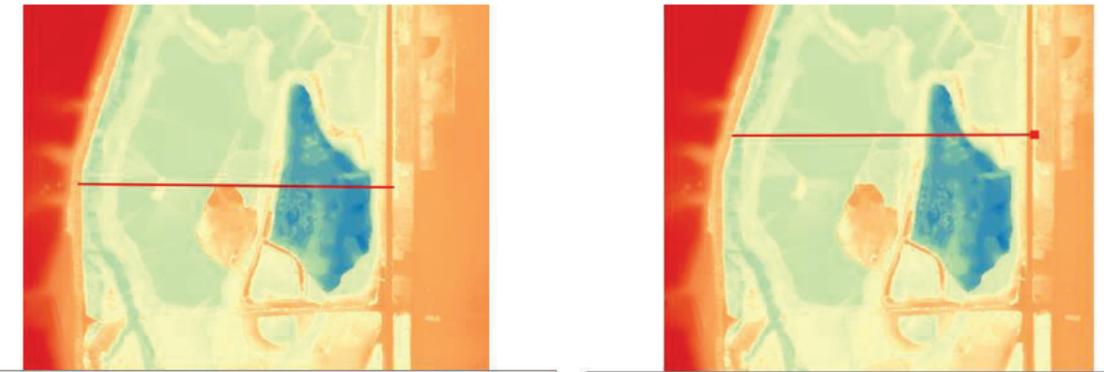


Figure 5-9 : Profils en travers au niveau du plan d'eau et calculs des vitesses (suite)

Les vitesses restent faibles entre 0.09 et 0.25 m/s compte-tenu de la profondeur importante du plan d'eau.

6. ANALYSE HYDROGEOLOGIQUE

6.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le projet se situe sur le territoire de la commune de Dordives et est situé dans la vallée alluviale du Loing dans la région géologique dite du Gâtinais. La vallée alluviale du Loing entaille les formations crayeuses du Crétacé (Figure 6-1).

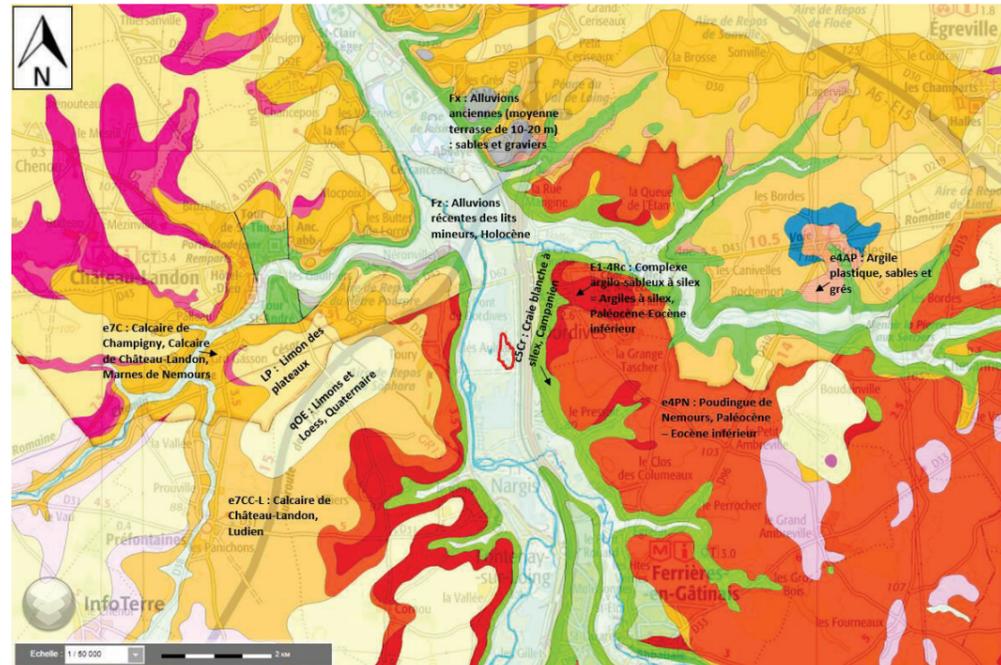


Figure 6-1 : Carte géologique au droit du site (source : Infoterre)

La craie du Crétacé affleure largement sur toute la rive droite du Loing, où se situe le projet. C'est une craie blanche dure et aquifère. Il existe peu de données sur sa perméabilité, cependant de nombreux forages montrent qu'elle doit être très perméable sur les premières dizaines de mètres de profondeur. Elle affleure au pied du coteau en rive gauche.

La craie a une puissance d'environ 300 mètres. Elle repose sur les argiles de Gault, qui constituent l'étage de l'Albien Supérieur. Cette formation argileuse isole la nappe de la craie de la nappe dite de l'Albien contenue dans les sables sous-jacents.

Sur le coteau, les formations tertiaires recouvrent la craie avec une faible épaisseur.

Ce sont les formations dites à chailles, constituées d'un conglomérat non stratifié contenant des galets très divers et de toutes dimensions dans un liant argileux noir non plastique. Les formations de l'éocène lacustre et du Sparnacien sont également présentes de façon discontinue. La craie reste vulnérable aux pollutions de surface malgré ce recouvrement tertiaire.

Le Loing constitue une limite entre les plateaux Est présentant les formations de l'Eocène et les plateaux Ouest (aux confins de la Beauce) présentant ces mêmes dépôts éocènes, surmontés de calcaires lacustres datant de l'Oligocène et du Miocène entre lesquels s'intercalent des formations marines.

Le Loing marque la limite entre les formations de la Beauce isolant la craie de la surface en rive gauche et celles du Crétacé en rive droite.

Les alluvions occupent la large vallée du Loing mais sont peu puissantes. Leur épaisseur moyenne est de l'ordre de 1,5 à 3,5 mètres en amont de Château Landon et de 5 à 6 mètres en aval.

Les alluvions anciennes (Fy) sont constituées de sables, graviers et galets siliceux, légèrement argileuses et riches en silex. Sur le site elles étaient peu épaisses, en moyenne 2.3 m avec un écart-type de 0.9 m.

Les alluvions modernes sont constituées d'argiles et éventuellement de tourbe, et recouvrent entièrement les alluvions anciennes Fy. Leur épaisseur moyenne était de 1.9 mètres sur le site avec un écart-type de 0.8 m

6.2 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

6.2.1 Contexte hydrogéologique global

La nappe de la craie est une nappe d'étendue régionale. La carte piézométrique générale de la figure 6-2 montre que dans la région du Gâtinais la pente de la nappe est assez faible, de l'ordre de 40‰. Les vallées du Betz et du Cléry sont drainantes.

La craie est karstique dans le Gâtinais. Elle influence les lignes d'eau du Loing par ses résurgences. La carte géologique ne montre pas de dolines sur le bassin versant hydrogéologique du site.

Le Loing s'écoule a priori directement sur la craie, il draine la nappe de la craie.

Les écoulements de la nappe de la craie sont globalement dirigés dans le sens Est Ouest.

La nappe de la craie alimente la nappe alluviale du Loing. Des piézomètres ont été réalisés dans la nappe alluviale pour les carrières de Nançay et la carrière de Dordives.

La nappe alluviale, drainée par le Loing s'écoule globalement dans le sens Sud-Est – Nord-Ouest. De nombreux plans d'eau modifient les écoulements de la nappe alluviale dans la vallée. Les alluvions, notamment les alluvions modernes, sont argileuses. La nappe de la craie peut alors être en charge sous cet horizon moins perméable.

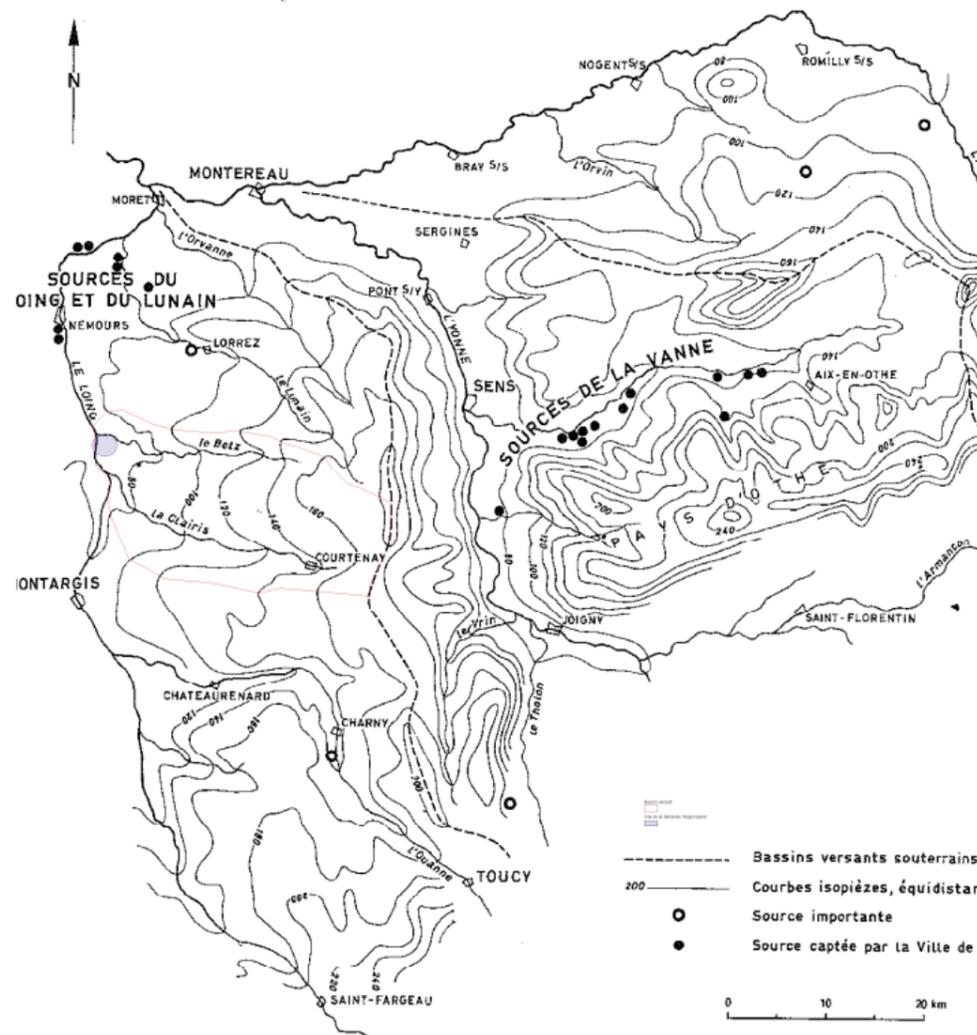


Figure 6-2 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (source : Hydrogéologie du centre du bassin de Paris – Claude Mégrien)

6.2.2 Contexte hydrogéologique local

La carte suivante présente la dernière carte piézométrique qui a été réalisée sur le secteur d'étude. Cette carte permet de mesurer un gradient hydraulique d'environ 3‰ entre le BSS00YJEZ et la vallée du Loing.

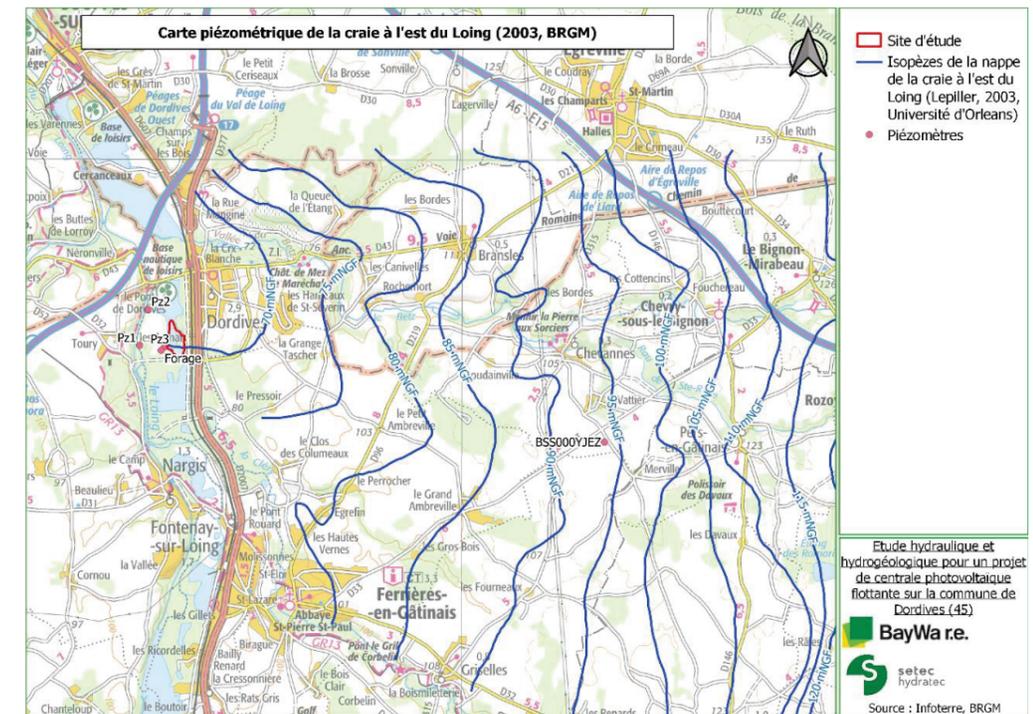


Figure 6-3 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (source : SIGES)

Dans le cadre de l'étude et avec les données qui sont à notre disposition, nous ferons l'hypothèse qu'au niveau du site d'étude le niveau de la nappe alluviale est en équilibre avec le niveau de la nappe de la Craie.

6.3 DONNEES DISPONIBLES

6.3.1 Données piézométriques LAFARGE GRANULATS

LAFARGE dispose de 3 piézomètres sur le site de la carrière de « Nancay » situé immédiatement à l'ouest du site d'étude à Dordives.

Cette carrière est exploitée depuis 1973. Dans le cadre de la surveillance quantitative et qualitative des eaux souterraines environnantes du site, 3 piézomètres ont été installés, un en amont et deux en aval. Ils sont actuellement utilisés dans le cadre des suivis annuels de la qualité des eaux souterraines et des niveaux de nappes.

Le site est également équipé d'un forage privé équipé d'une pompe d'un débit de 10m³/h. Il sert actuellement à l'alimentation en eau des toilettes, à l'arrosage des pistes et au nettoyage des botes. L'eau prélevée dans la nappe par ce forage n'est pas destinée directement ou indirectement à la consommation humaine en eau.

L'inspection de ces ouvrages en 2014 a montré que les 3 piézomètres sont en bon état mais que le forage semble peu fonctionnel et nécessiterait une réfection complète ou son rebouchage pour la création d'un nouveau forage.

Les piézomètres sont situés dans les alluvions récentes du Loing, composés de sables et graviers, directement en contact avec la craie du Campanien. Les ouvrages captent la nappe alluviale du Loing (alimentée par la nappe de la craie) qui s'écoule du Sud-Est vers le Nord-Ouest.

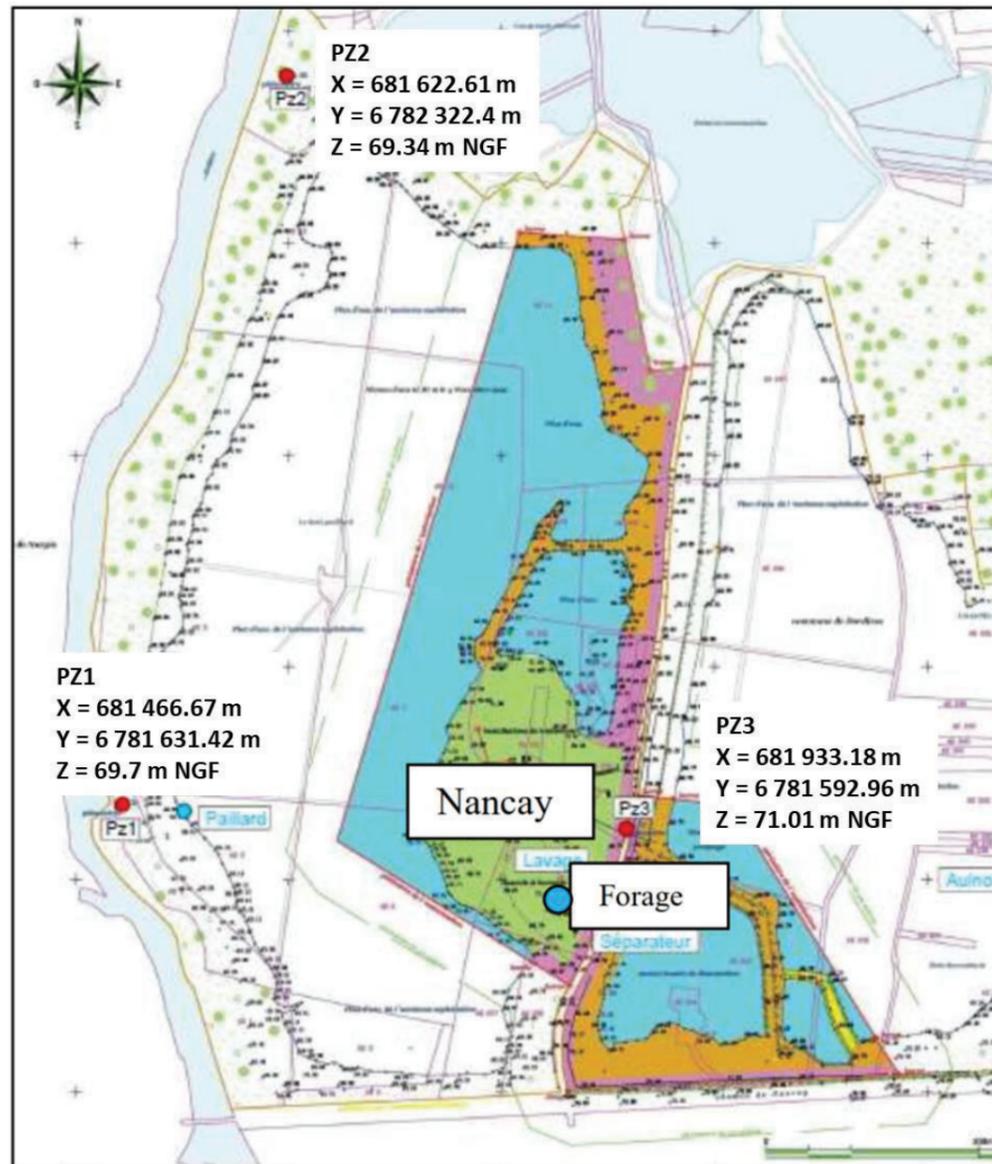


Figure 6-4 : Localisation des ouvrages de la carrière de « Nancay » (source : rapport d'inspection LAFARGE)

Les altitudes Z des différents ouvrages ont été estimées par le MNT en l'absence de données plus précises de géoréférencement. Cette estimation donnera une bonne tendance sur les niveaux de la nappe mais ne sera pas précise en termes d'altitude de la nappe.

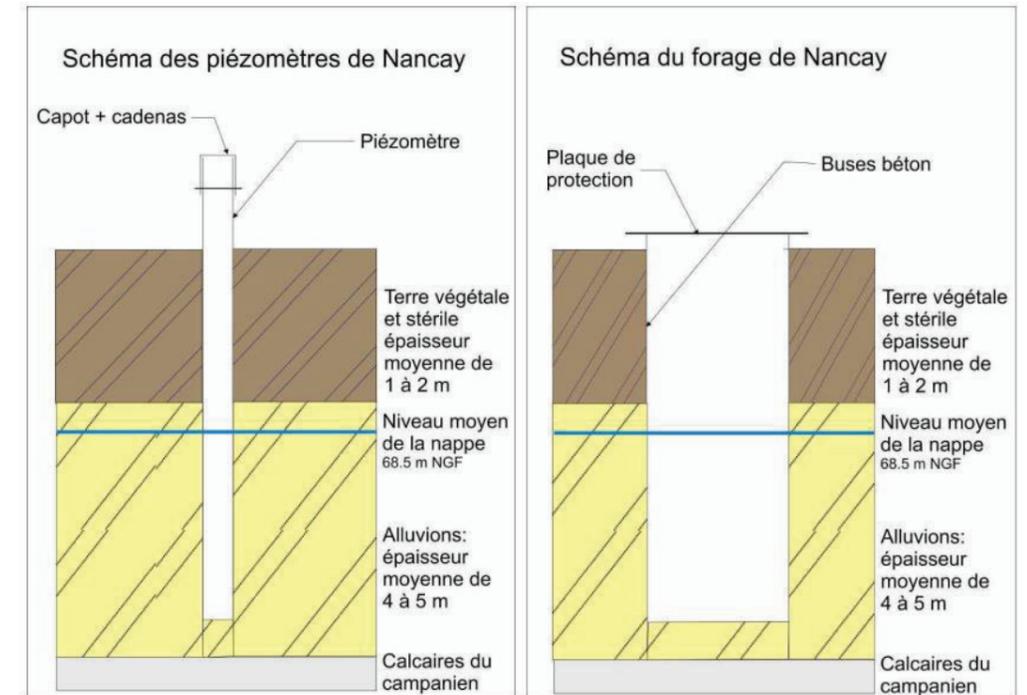


Figure 6-5 : Schéma de principe des piézomètres et du forage (source : rapport d'inspection LAFARGE)

Le rapport d'inspection de 2014 fourni par LAFARGE suggère un **niveau moyen de la nappe sur leur site de 68.5 m NGF.**

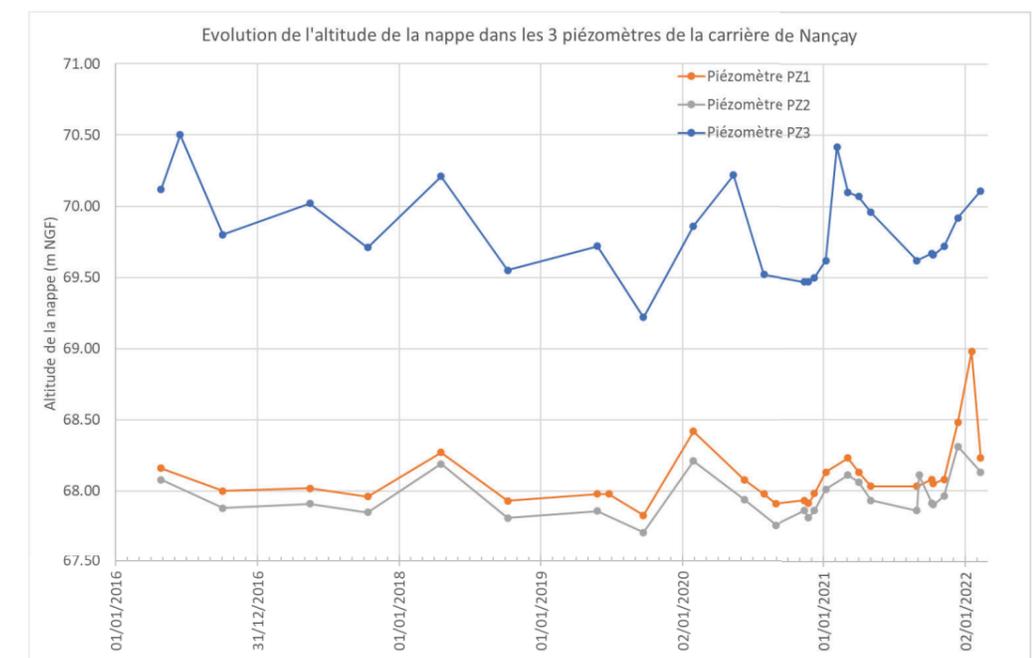


Figure 6-6 : Evolution du niveau de la nappe sur la carrière de Nancay de 2016 à début 2022

6.3.2 Etude de demande d'autorisation d'ouverture d'une carrière et de renouvellement pour une carrière existante par Lafarge Granulats menée par Setec hydratec en 2010

Cette étude avait pour but d'étayer la demande d'autorisation d'ouverture de carrière du site « camping » et la demande de renouvellement d'autorisation pour le site de Dordives « Nançay ».

A cette occasion, une étude hydrogéologique du site a été réalisée.

- **Extrait de l'étude de 2010 :**

Une campagne piézométrique a été réalisée le 21 juillet 2009 (Figure 6-7).

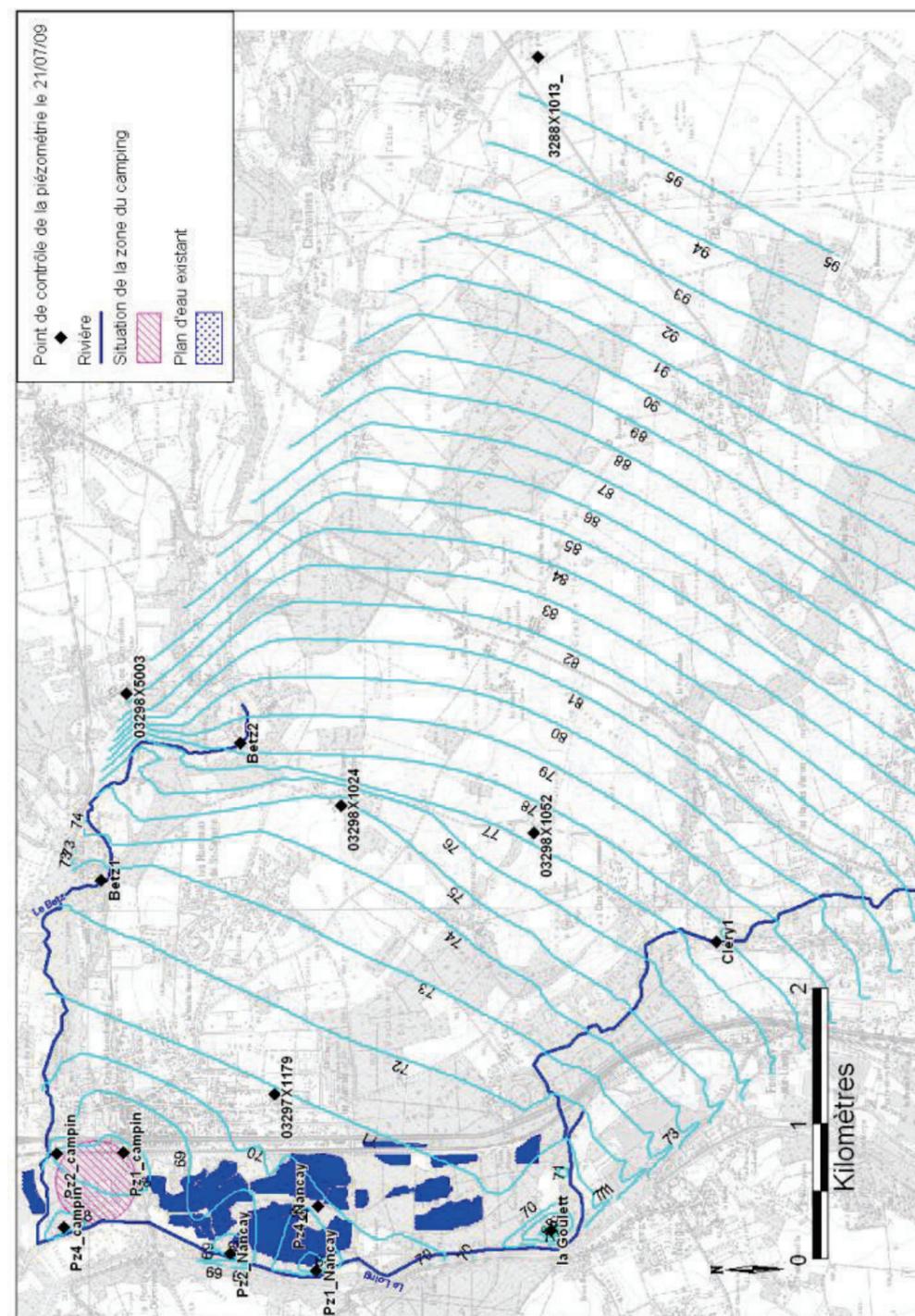


Figure 6-7 : Carte piézométrique de la campagne du 21 juillet 2009

Des suivis mensuels de la piézométrie de la nappe sont réalisés dans les piézomètres en présence sur la carrière de Nançay entre 1995 et 2009 et sur le camping de Dordives en 2009.

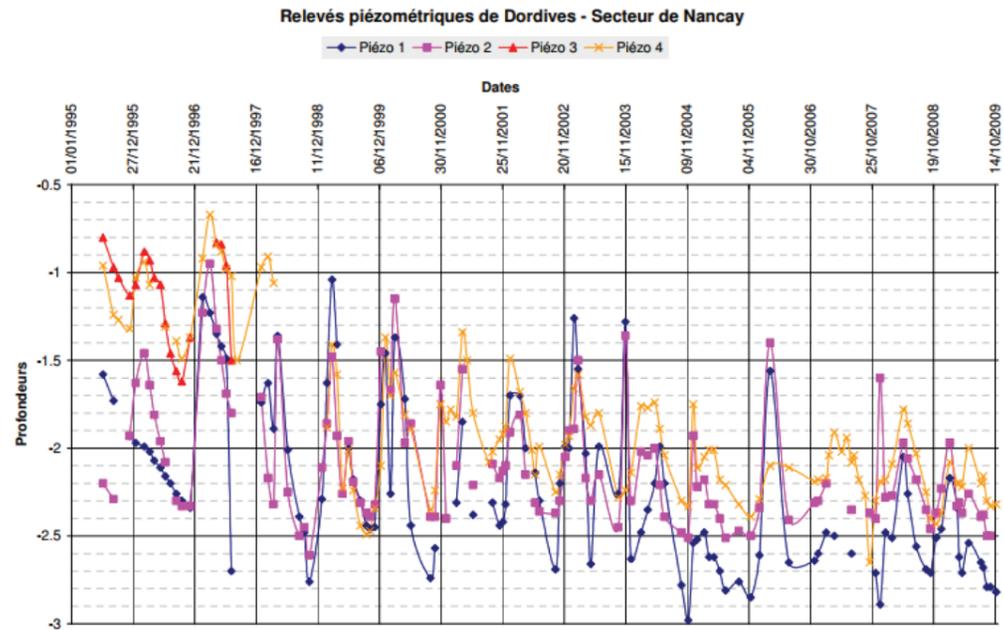


Figure 6-8 : Chroniques piézométriques mesurées entre 1995 et 2009 sur la carrière de Nançay

Le piézomètre 4 est situé en amont hydrogéologique des plans d'eau créés au cours de la carrière. Les niveaux piézométriques ont eu tendance à baisser, notamment à partir de 1998. Ce point de contrôle est situé dans la zone d'influence des plans d'eau, à l'amont hydrogéologique, secteur où la nappe est drainée par le plan d'eau. L'impact de la création du plan d'eau est donc de l'ordre de 1 mètre sur ce piézomètre. **Les variations piézométriques saisonnières enregistrées sont de l'ordre de 60 cm à 1 m.**

Les piézomètres 1 et 2 sont situés le long du Loing, **les variations piézométriques saisonnières** enregistrées sont plus fortes, **de l'ordre de 1.10 m.** Ce secteur n'a pas fait l'objet de rabattement de nappe d'après l'exploitant. Les variations enregistrées sont donc des variations naturelles influencées par la création du plan d'eau.

On observe 2 périodes de hautes eaux successives sur les chroniques : des hautes eaux hivernales (décembre – janvier) et des hautes eaux printanières (avril – mai). Les hautes eaux hivernales sont plus marquées sur les piézomètres 1 et 2, proches du Loing. Il existe donc une double influence de la nappe alluviale sur le secteur de Nançay. En hiver, le Loing alimente la nappe alluviale, et la draine en été. La nappe de la craie des coteaux alimente également la nappe alluviale. L'influence des hautes eaux du Loing est déjà moins forte sur les piézomètres 3 et 4, de l'ordre de 30 cm, alors qu'elle est de l'ordre d'1.10 m sur les piézomètres 1 et 2.

Sur les chroniques piézométriques de Nançay, on constate que les niveaux de l'étiage 2009 correspondent au niveau moyen d'étiage des années 1998, 2000, 2002, 2003. En 2004 et en 2007, les étiages ont été plus sévères. Tandis que 2001, 1999 et 1996 n'ont pas eu d'étiage marqué. L'étiage de 2009 peut donc être qualifié d'étiage moyen.

Pour la suite, le piézomètre 4 correspondant au forage du site de Lafarge n'a plus été suivi à cause de son état de délabrement.

6.3.3 Données banque ADES

Le suivi de l'ouvrage BSS000YJEZ (03298X1013/P) entre 1989 et 2018 sur le site de la banque ADES permet de visualiser les variations de la nappe de la craie sur le coteau.

La nappe de la craie suit un cycle pluriannuel. Une période de basses eaux a été observée en 1992, de très hautes eaux en 2000 – 2001, des basses eaux de 2005 à 2012 puis entre 2013 et 2016 des hautes eaux et enfin entre 2016 et 2018 on observe des années avec des extrêmes très marquées. Ce schéma est commun à l'ensemble du pays crayeux. On peut ainsi estimer que le cycle pluri annuel a 13 ans. Les variations maximales enregistrées sont de 8 m sur le piézomètre présenté ci-dessous.

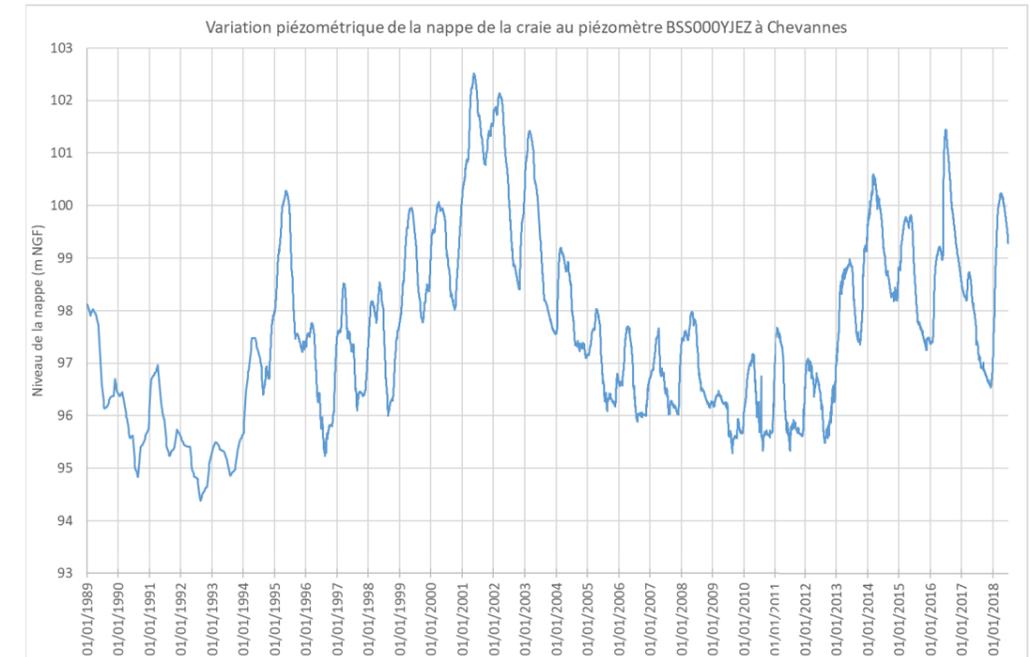


Figure 6-9 : Variations piézométriques de la nappe de la craie sur le piézomètre référencé BSS000YJEZ à Chevannes (source : banque ADES)

Sur une année, les variations peuvent être de 1.60 à 4.50 m en fonction de l'année hydrologique.

Les rivières constituent cependant des niveaux stables par rapport aux variations de la nappe de la craie. Ainsi, la pente de la nappe de la craie, et donc le débit d'apport de la nappe à la rivière évolue en fonction de la situation hydrologique.

6.4 CALCUL DES VARIATIONS DE LA NAPPE A PARTIR DU PIEZOMETRE BSS000YJEZ

6.4.1 Méthodologie

A partir du suivi piézométrique de l'ouvrage BSS000YJEZ et du niveau du Loing, il est possible d'estimer le niveau du plan d'eau.

En effet, le niveau du plan d'eau est estimé pour chaque mesure sur l'ouvrage BSS000YJEZ en prenant en compte les différents gradients de la nappe et le niveau du Loing.

Dans un premier temps, le niveau du Loing à proximité du site est estimé à partir des stations suivies de Châlette-sur-Loing (F422 0002) et de Nemours (F437 0002) par un calcul proportionnel à la distance. La présence de différents ouvrages, dont des seuils, empêche l'obtention immédiate du niveau à proximité du site. Le calcul proportionnel est ainsi calé sur le suivi piézométrique des ouvrages PZ1 et PZ2 de Lafarge réalisé entre 2016 et aujourd'hui. Ce calage est possible car les ouvrages sont très proches du Loing et leur niveau peut être considéré quasi-similaire au niveau du Loing (Figure 6-10).

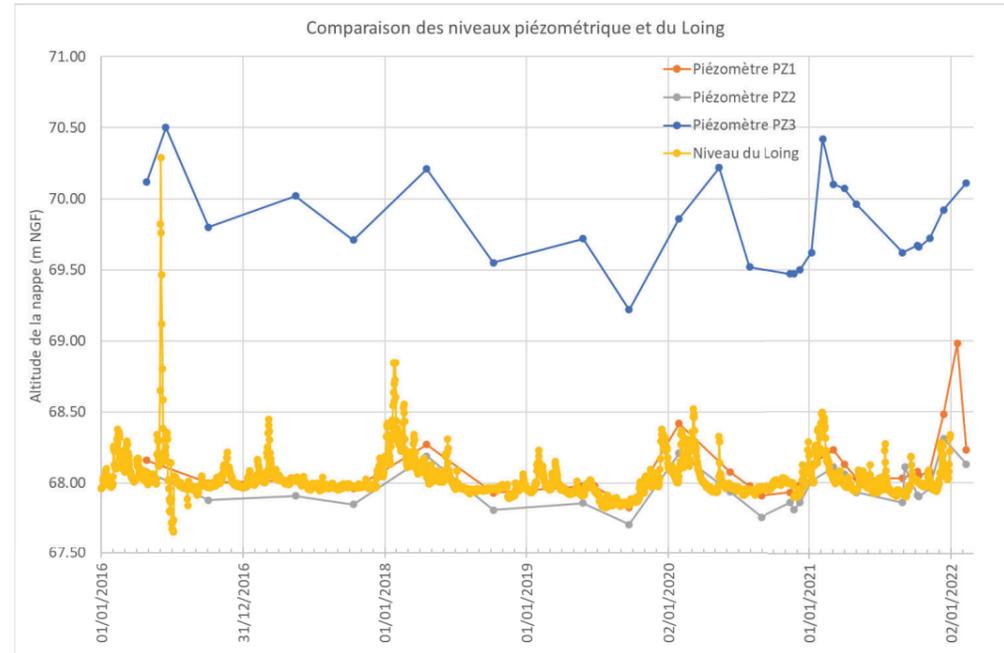


Figure 6-10 : Calage du niveau du Loing

L'estimation des variations du Loing indique un minimum atteint entre 2005 et 2021 à 67,65 m NGF et un niveau moyen à proximité du site de 68,03 m NGF.

Dans un deuxième temps pour calculer le niveau dans le plan d'eau, le niveau piézométrique est calculé au point A (Figure 6-11) à partir de la mesure de l'ouvrage BSS000YJEZ et le gradient hydraulique observé sous le plateau (Figure 6-3). La mesure au droit du site (point B) est ensuite estimée par un calcul de proportionnalité entre le niveau calculé au point A et le niveau du Loing à la même date.

La mesure estimée au point B correspond à la mesure piézométrique qui serait obtenue s'il n'y avait pas de plan d'eau, c'est-à-dire si la nappe était dans les alluvions du Loing.

Pour estimer le niveau du plan d'eau, nous considérons que les alluvions du Loing ont une porosité de 15% (valeur classiquement admise pour des alluvions) et appliquons la formule suivante à chaque pas de temps :

$$Z_{\text{plan eau}} = Z_{\text{Loing}} + (Z_{\text{piézométrique}} - Z_{\text{Loing}}) * 0.15$$

Le résultat obtenu correspond à l'estimation du niveau du plan d'eau.

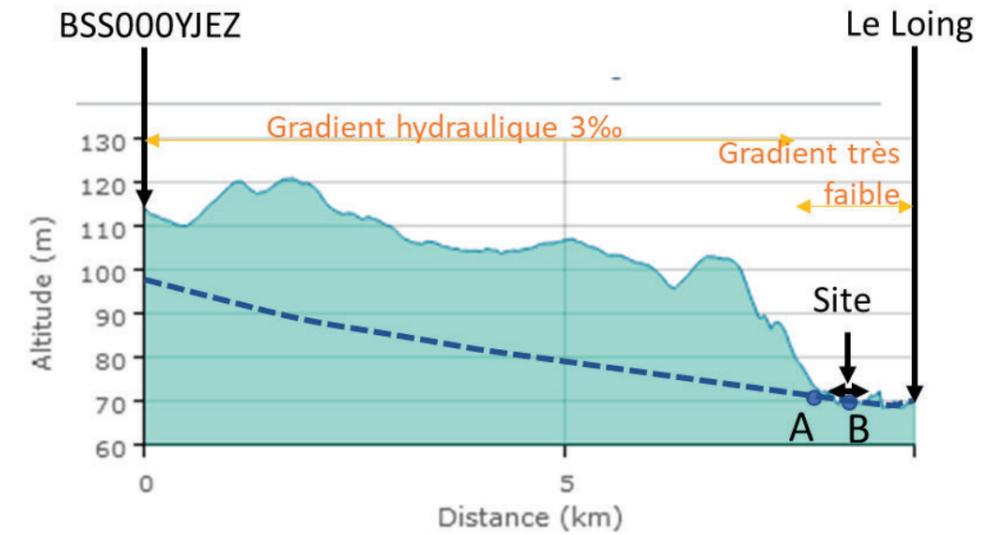


Figure 6-11 : Schéma conceptuel du calcul analytique

6.4.2 Calcul de la variation du plan d'eau par la nappe

Sur la période de 2005 à 2018, l'estimation du niveau du plan d'eau permet d'identifier des niveaux allant de 68,2 m NGF à 70,8 m NGF avec une moyenne à 68,5 m NGF (Figure 6-12).

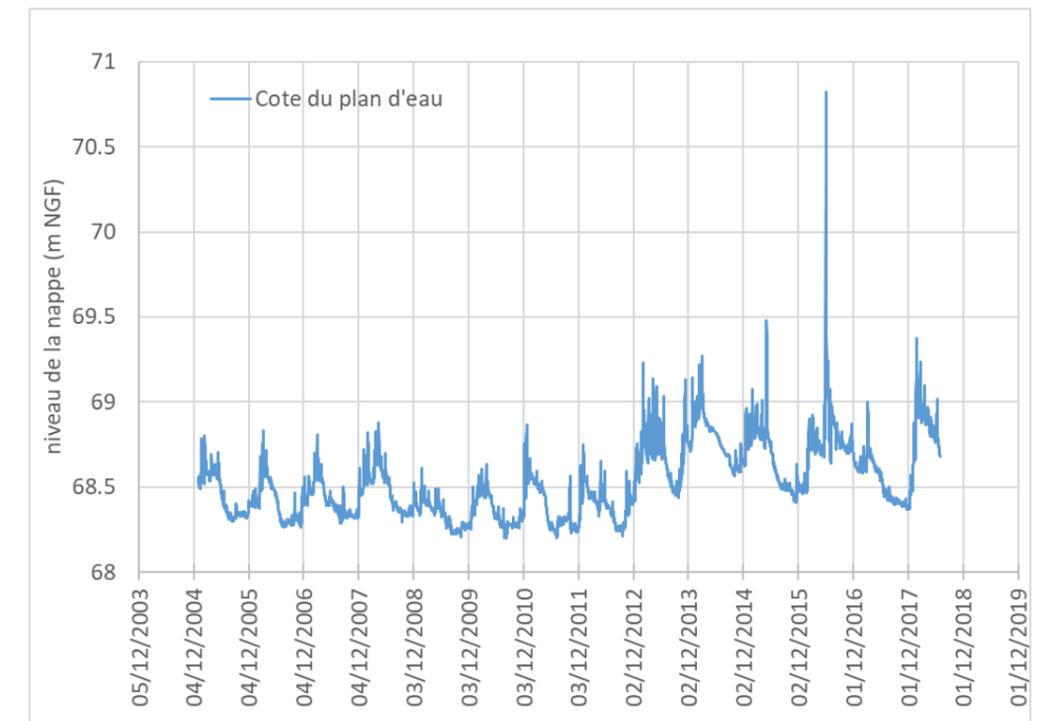


Figure 6-12 : Estimation des variations du plan d'eau sur la période 2005-2018

Le maximum est atteint lors des épisodes de crue de juin 2016 mais cette valeur ne reflète pas la réalité puisqu'au-delà de 69,9 m NGF le plan d'eau est rempli par débordement du Loing et la part de participation de la nappe devient négligeable face au volume apporté par la crue.

Au cours d'une année sans crue, la variation du plan d'eau est d'environ 50 cm à 1 m entre la période de hautes eaux et de basses eaux. Avec une période de basses eaux aux mois d'août et septembre et de hautes eaux à partir de janvier et parfois jusqu'en avril.

Au-delà de la cote 69,9 m NGF, l'apport de la nappe au niveau du plan d'eau est négligeable face au volume apporté par le débordement de surface.

On peut donc considérer que le niveau minimal de la nappe ne descendra pas en-dessous de 68 m NGF, si l'alimentation par le Loing reste la même.

7. PRECONISATIONS POUR L'INSTALLATION DE LA PLATEFORME

7.1 SYSTEME D'AMARRAGE DE LA PLATEFORME

Le plan d'eau est entouré de surfaces boisées qui peuvent représenter des sources d'embâcles en crue. Cependant les vitesses d'écoulement calculées au niveau du plan d'eau restent faibles. Les embâcles sont généralement rencontrés lorsque les vitesses d'écoulement sont importantes c'est le cas dans le lit mineur où le bois mort vient s'accumuler par exemple sur les piles d'un pont. Au niveau du plan d'eau, les risques d'embâcles sont donc faibles.

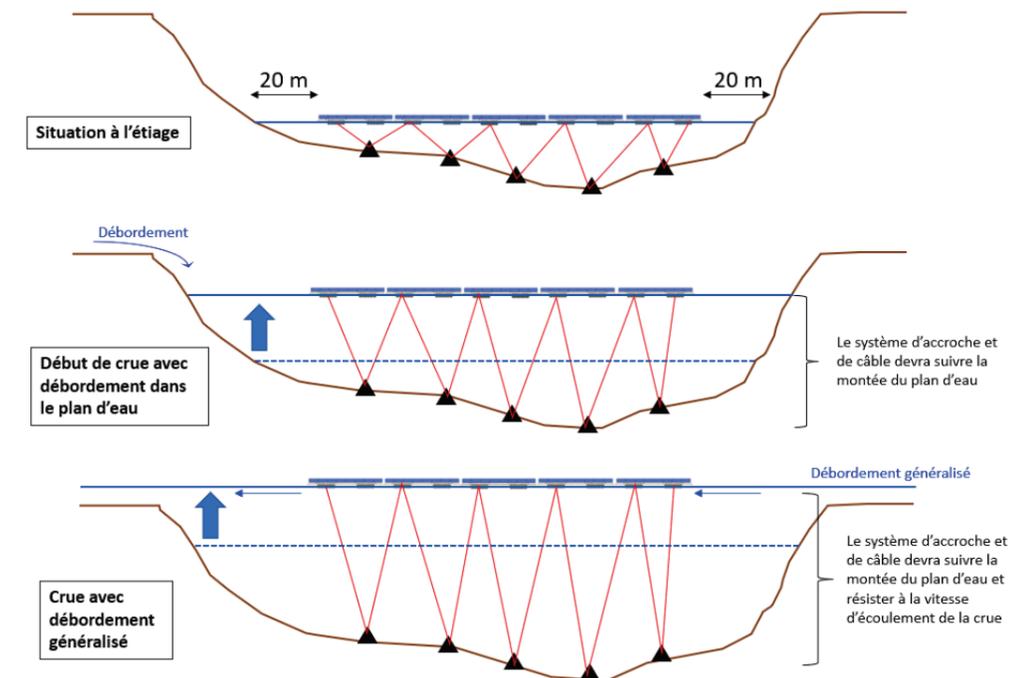
Pour pallier ce risque si faible soit-il, il serait souhaitable de privilégier l'amarrage de la plateforme par le fond du plan d'eau pour éviter d'avoir des câbles en surface qui pourraient retenir d'éventuels embâcles.

Si un amarrage en berge était indispensable, les seuls acceptables seraient dans le sens des écoulements de crue lorsque la crue est généralisée.

La plateforme photovoltaïque devra respecter une distance minimale de 20 m par rapport aux berges en considérant le régime de basse eau.

Le système d'amarrage devra pouvoir passer d'une cote à l'étiage de 68 m NGF à 72.05 m NGF, soit une amplitude de l'ordre de 4 m.

La figure suivante reprend les trois configurations possibles pour la plateforme.



7.2 MISE EN PLACE DE L'ANNEXE DE LA PLATEFORME

Il est prévu la réalisation d'un poste de livraison/comptage de 25 m².

Un secteur hors zone inondable a été identifié au sud-est du plan d'eau qui pourra accueillir ce poste de livraison.

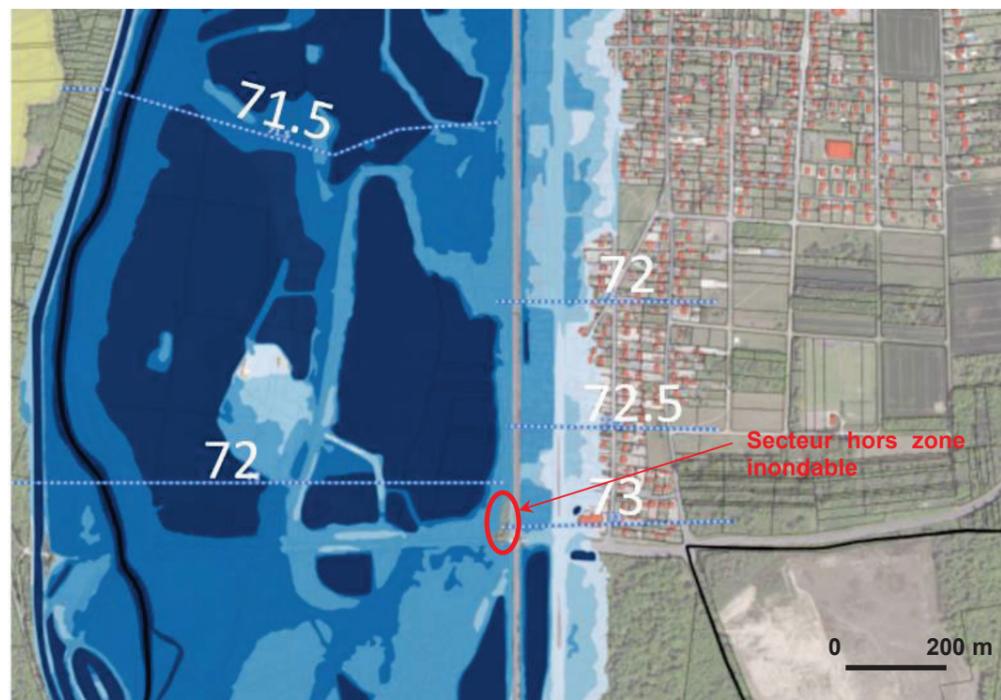


Figure 7-1 : Position envisagée pour le poste de livraison (extrait carte PPRi)

Si ce poste ne pouvait pas être mis sur une zone non inondable, il serait possible de faire un poste sur pilotis mais une compensation devrait être trouvée pour le volume d'emprise des pilotis, de la dalle et de l'escalier jusqu'au niveau des PHEC comme indiqué sur la figure suivante.

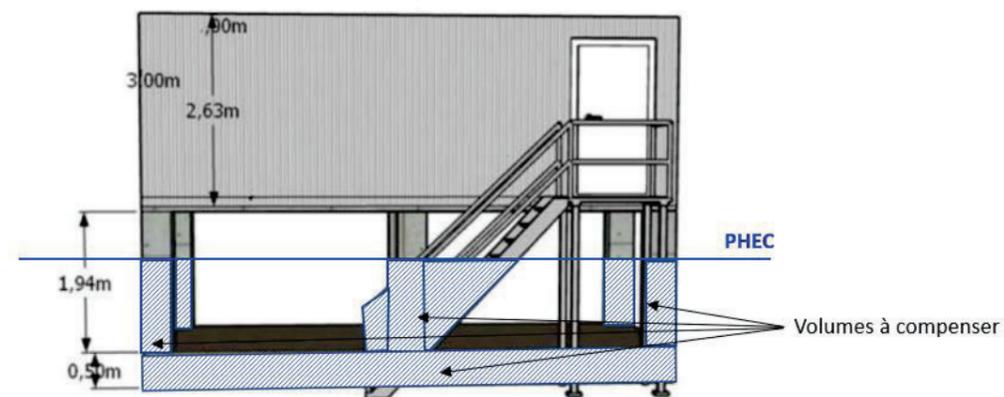


Figure 7-2 : Schéma de principe pour la compensation volumique

En effet, il existe une note rédigée par la DRIEE en 2010, concernant les aménagements impactant le libre écoulement des eaux, qui donne des prescriptions pour compenser des remblais en zone inondable.

7.3 CONSIGNES D'ENTRETIEN

La présente étude a démontré que les vitesses d'écoulement au niveau du plan d'eau restent faibles comparées à d'autres endroits (lit mineur, zones étroites, zones avec rupture de pente hydraulique, ...).

Cependant la zone boisée entourant le plan d'eau est une source importante d'embâcles, il faudrait donc s'assurer régulièrement de son bon entretien. Dans la mesure où elle encercle totalement le plan d'eau, elle peut être également perçue comme une barrière qui empêchera la plateforme photovoltaïque de passer au-delà de l'emprise du plan d'eau au cas où elle viendrait à se décrocher de ses attaches.

Après une crue débordante, une visite de site pourra être réalisée afin de s'assurer du bon état général de la zone.

8. CONCLUSIONS

La société BayWa r.e. projette l'installation d'une plateforme photovoltaïque flottante au niveau d'une ancienne carrière réaménagée en plan d'eau sur la commune de Dordives (45). Celle-ci sera positionnée au milieu du plan d'eau et à 20 m minimum de part et d'autre des berges.

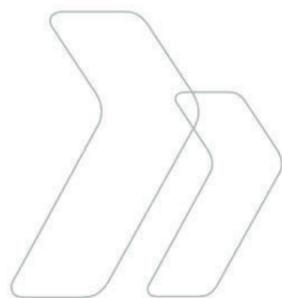
L'étude hydrogéologique a mis en évidence que la nappe alluviale (en étroite relation avec la nappe de la Craie) qui alimente le plan d'eau ne devrait pas descendre en-dessous de la cote de 68 m NGF. Par ailleurs, les PHEC sur ce secteur sont de 72 m NGF, il s'agit de la crue de référence de juin 2016 prise en compte dans le nouveau PPRI en cours d'élaboration. Ainsi la plateforme photovoltaïque pourra subir un marnage d'environ 4 m.

Les premiers débordements de crue au niveau du plan d'eau se produisent pour une hauteur d'eau de 69.9 m NGF. A partir de là, le niveau du plan d'eau se met à monter jusqu'à la cote 71.3 m NGF où le débordement généralisé se produit. La vitesse moyenne maximale au droit du plan d'eau n'excède pas 0.3 m/s pour la crue de référence du futur PPRI

La présente étude a démontré que cet aménagement n'aura pas d'incidence sur les écoulements de crue dans la mesure où :

- La mise en place de la plateforme, qui se fera petit à petit, n'aura pas d'incidence sur le niveau de la nappe alluviale,
- Les vitesses d'écoulement au droit du plan d'eau sont faibles en crue du fait de la grande profondeur du plan d'eau (< 0.3 m/s), ce qui a été confirmé par les témoignages recueillis lors de la visite de site,
- Au regard des faibles vitesses de courant (< 0.3 m/s), le risque d'embâcle généré par la rupture des ancrages des blocs flottants est très peu probable ; si une rupture se produisait malgré tout, la trame boisée entourant le plan d'eau servira de barrière naturelle et empêchera les blocs flottants de sortir de la zone,
- Le système d'amarrage de la plateforme sera positionné au fond du plan d'eau et devra permettre un marnage de l'ordre de 4 m,
- Le poste de livraison/comptage de 25 m² sera positionné hors zone inondable,
- Un entretien de la zone boisée autour du plan d'eau sera assuré, ainsi qu'une visite du site après toute crue débordante au niveau du plan d'eau.

ANNEXE 5 : ÉTUDE D'IMPACT HYDRAULIQUE - ISL INGENIERIE



BayWa r.e.

BAYWA R.E.

ETUDE PV FLOTTANT DORDIVES

Rapport

N° : 22F-152-RL-1

Révision n° : A

Date : 27/01/2023

Votre contact :
Adrien GUIHEUX
guiheux@isl.fr



// Etude d'impact de l'installation de panneaux photovoltaïques à Dordives

ISL Ingénierie SAS – LYON
84 boulevard Marius Vivier Merle
Immeuble LE DISCOVER
69003 – Lyon
France
Tel : +33.4.27.11.85.00
Fax : +33.4.72.34.60.99

www.isl.fr

ISL
Ingénierie

Visa

Document verrouillé du 16/02/2023.

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	27/01/2023	AGU	AGU	BSE	

AGU : GUIHEUX Adrien

BSE : SEUROT Benjamin



SOMMAIRE

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	1
1.1	CONTEXTE.....	1
1.2	OBJECTIFS	1
2	MODELISATION HYDRAULIQUE 2D.....	2
2.1	OBJECTIFS DE LA MODELISATION	2
2.2	LOGICIEL DE MODELISATION	2
2.3	CONSTRUCTION DU MODELE	2
2.4	CALAGE DES PARAMETRES DU MODELE : CRUE DE MAI 2016	7
2.5	EXPLOITATION DU MODELE EN SITUATION ACTUELLE	11
2.5.1	Débit de référence.....	11
2.5.2	Résultats en situation actuelle aux abords du site : crue de 2016.....	11
2.5.2.1	Hauteurs d'eau maximales.....	11
2.5.2.2	Vitesses d'écoulement maximales.....	13
2.5.3	Résultats en situation actuelle aux abords du site : premiers débordements 14	
3	IMPACTS HYDRAULIQUES DU PROJET.....	17
3.1	INTEGRATION DU PROJET	17
3.2	IMPACTS HYDRAULIQUES PAR RAPPORT A L'ETAT ACTUEL	18
3.2.1	Impact sur les hauteurs d'eau	18
3.2.2	Impact sur la dynamique de la crue	19
3.2.3	Impact sur les vitesses	19
3.3	POINT COMPLEMENTAIRE SUR LE POSTE DE LIVRAISON ET LE CONTENEUR DE STOCKAGE.....	20
4	EVALUATION DU RISQUE EMBACLES.....	21
4.1	OBJECTIFS DE L'ANALYSE.....	21
4.2	QUANTIFICATION DES BOIS FLOTTANTS	22

4.2.1	Point de calcul	22
4.2.2	Méthode de quantification	23
4.2.3	Données	24
4.2.4	Valeurs des paramètres	24
4.2.5	Résultats	25
4.2.6	Conclusion.....	25
4.3	ANALYSE DU RISQUE D'ARRIVEE D'EMBACLES SUR LE SITE	26
4.3.1	Préambule	26
4.3.2	Occupation des sols et analyse morphologique.....	26
4.3.3	Analyse courantologique	30
5	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	32

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1	LOGICIEL HEC-RAS.....	1
-----------------	------------------------------	----------

TABLE DES FIGURES

Figure 1-1:	Localisation du secteur d'étude	1
Figure 1-2 :	Ancienne carrière du Nançay (source SIG Drone)	1
Figure 2-1 :	MNT créé par assemblage des différentes sources de données topographiques.....	3
Figure 2-2:	présentation du maillage et mise en évidence des lignes de contraintes au droit de la gravière.....	4
Figure 2-3 :	Schéma de l'ouvrage de franchissement (ouverture en blanc) du Loing à l'aval de la gravière (RD62)	5
Figure 2-4 :	Condition limite aval du Loing à l'aval de l'autoroute	5
Figure 2-5 :	Condition limite amont du Loing pour la crue de projet.....	6
Figure 2-6:	Zonage des coefficients de Strickler aux alentours de la gravière	7
Figure 2-7 :	Profil en long du MNE retenu pour la crue de référence du PPRi du Loing (source : DDT45).....	8
Figure 2-8:	écarts aux repères de crue de mai 2016 à la suite du calage.....	9
Figure 2-9:	écarts entre le MNE d'ISL et le MNE du PPRi Loing aval lors de la crue de calage (mai 2016)	10
Figure 2-10:	hauteurs d'eau maximales aux alentours de la zone d'étude pour la crue de référence	11

Figure 2-11: hauteurs d'eau maximales en mètres dans la gravière en situation normale.	12
Figure 2-12: vitesses maximales en m/s aux alentours de la zone d'étude pour la crue de référence	13
Figure 2-13: lignes de courant aux alentours de la zone d'étude pour la crue de référence.	14
Figure 2-14 : Premières entrées d'eau dans la gravière	15
Figure 2-15 : Entrée d'eau à l'amont dans la gravière	16
Figure 3-1: Implantation du projet (source BayWa r.e.), et modification rugosité dans modèle.....	17
Figure 3-2 : Comparaisons des hauteurs d'eau (en mètres) pour la crue de référence entre état aménagé et état initial	18
Figure 3-3 : Impact sur les vitesses – crue de référence ($dV = V_{\text{aménagé}} - V_{\text{initial}}$, en m/s)	19
Figure 3-4 : Localisation conteneur (en vert) et poste de livraison (en rose).....	20
Figure 3-5 : Schéma de principe pour la compensation volumique (source : Hydratec).....	21
Figure 4-1 : Point de quantification du volume d'embâcles.....	23
Figure 4-2 : Volume de bois flottant susceptible d'arriver au niveau du point d'étude, estimé par différents paramètres, pour une crue cinq-centennale du Loing	25
Figure 4-3 : Occupation des sols et morphologie du cours d'eau	26
Figure 4-4 : Evolution du cours d'eau en amont de la gravière.....	28
Figure 4-5 : Entrées d'eau principales dans la gravière par visualisation des lignes de courant (en blanc) et continuité du pourtour boisé du plan d'eau	30
Figure 4-6 : trajectoire possible des embâcles avant arrivée sur la trouée au sud de la gravière ..	31
Figure 5-1 : Recommandations vis-à-vis du risque d'embâcles relatives à la haie située en amont de la gravière.....	33

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 4-1 : Valeurs des paramètres étudiés pour une crue centennale du Loing	24
--	----

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1 CONTEXTE

BayWa r.e. a confié à ISL la réalisation d'une étude hydraulique concernant le projet d'implantation de panneaux photovoltaïques flottants sur la commune de Dordives, dans le Loiret.

Plus précisément, le site se situe en rive droite inondable du Loing, et en bordure de la voie ferrée reliant Montargis à Paris.



Figure 1-1: Localisation du secteur d'étude



Figure 1-2 : Ancienne carrière du Nançay (source SIG Drone)

1.2 OBJECTIFS

L'étude a pour objectif d'apprécier les conditions d'écoulements et leurs modifications au droit de la zone d'implantation du futur parc.

Plus précisément, l'étude consiste à modéliser les écoulements (hauteur, vitesse) en état actuel et état projet pour la crue de référence du PPRI en vigueur sur la zone d'étude.

2 MODELISATION HYDRAULIQUE 2D

2.1 OBJECTIFS DE LA MODELISATION

Les objectifs de la modélisation hydraulique 2D sont multiples :

- évaluer les caractéristiques de l'écoulement (hauteurs d'eau et vitesses) ;
- déterminer les lignes de courant en lit majeur pour alimenter l'expertise sur les embâcles et les risques induits ;
- quantifier l'impact du projet sur les écoulements.

2.2 LOGICIEL DE MODELISATION

Le logiciel HECRAS2D a été exploité pour la modélisation bidimensionnelle. HECRAS2D résout les équations de Saint-Venant. Il permet d'effectuer des simulations en régime transitoire aussi bien qu'en régime permanent. Développé par le corps d'ingénieur de l'armée américaine, le logiciel est libre d'accès et disponible à l'adresse suivante : <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>.

2.3 CONSTRUCTION DU MODELE

L'emprise du modèle et sa structuration générale sont présentées ci-après.

Les données topographiques intégrées au modèle sont les données Lidar, celles du géomètre GEOMEXPERT pour les profils en travers et les ouvrages hydrauliques du Loing et celles fournies par SIG Drone pour la bathymétrie de la gravière.

Le relevé LIDAR ne permet pas de prendre en compte le fond du lit, la surface libre de la rivière reflétant les rayons émis par le LIDAR. Il convient alors d'interpoler la bathymétrie entre les profils en travers relevés par le géomètre et d'effectuer ainsi un MNT du lit mineur. Un calcul sous un logiciel SIG permet de fusionner le MNT du lit mineur avec le relevé LIDAR. On effectue la même opération pour la bathymétrie de la gravière. La figure ci-après représente le MNT ainsi créé.

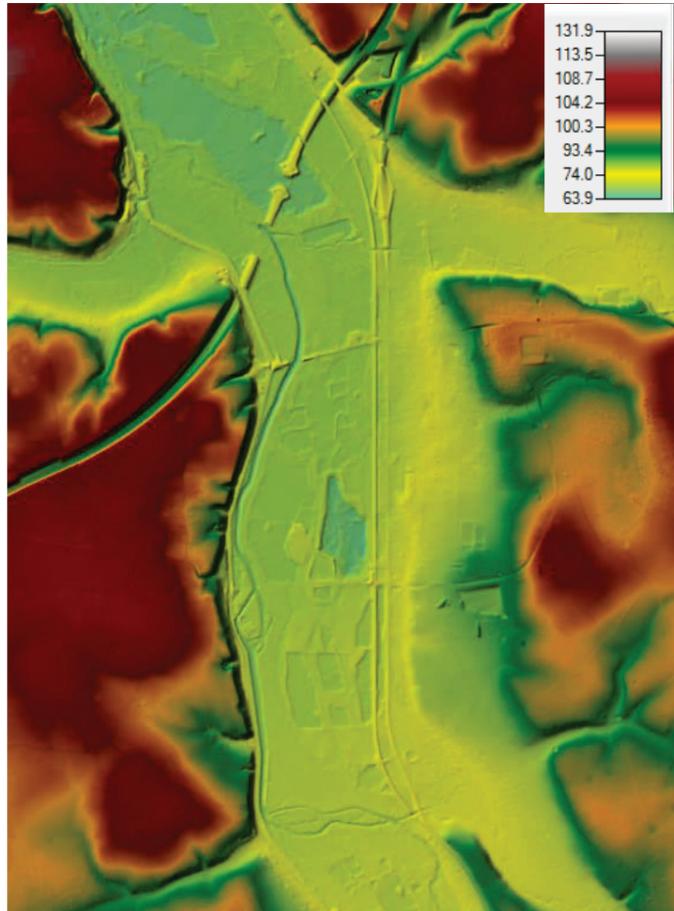


Figure 2-1 : MNT créé par assemblage des différentes sources de données topographiques

Un modèle 2D est constitué d'un maillage. Ce dernier est construit de façon à bien représenter les spécificités structurant les écoulements, des lignes de contraintes sont alors définies (fossés, remblais, routes si nécessaire). Finalement, le modèle comprend environ 13 500 nœuds dont les tailles varient entre 30 m et 10 m dans les secteurs les plus détaillés tels que le lit mineur du Loing, de la Cléry et du Betz. Les lignes de contraintes et le maillage créé sont représentés sur la figure ci-après.

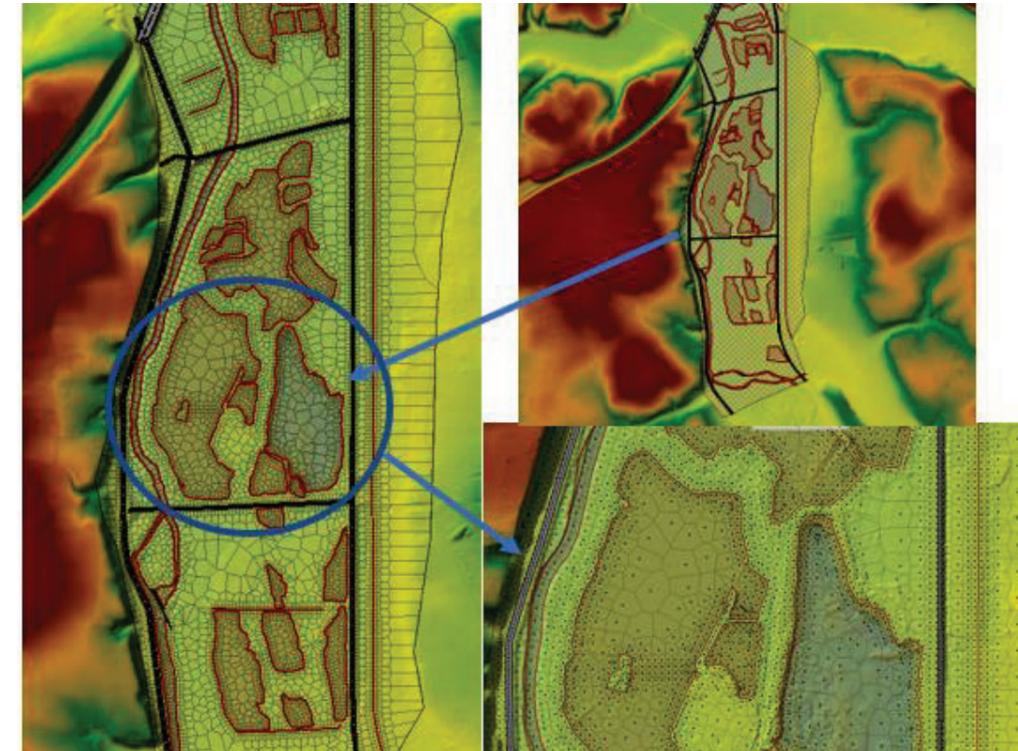


Figure 2-2: présentation du maillage et mise en évidence des lignes de contraintes au droit de la gravière.

Une fois le maillage créé, les ouvrages de franchissement hydraulique sont intégrés au modèle en précisant leurs caractéristiques géométriques le long du profil où ils sont implantés. La figure ci-après donne pour exemple le cas du franchissement du Loing à l'aval de la gravière (pont de la RD62). Les autres ouvrages pris en compte sont :

- Les seuils et moulins présents sur le secteur,
- Le pont de l'autoroute situé à l'aval du modèle,
- Les franchissements du canal du Loing, de la Cléry et du Betz, notamment la voie ferrée.

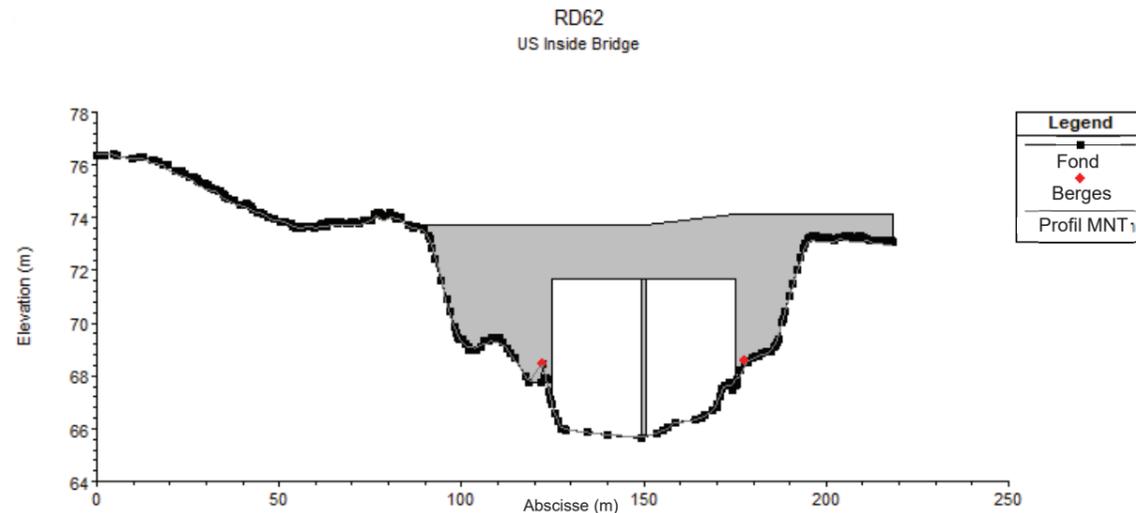


Figure 2-3 : Schéma de l'ouvrage de franchissement (ouverture en blanc) du Loing à l'aval de la gravière (RD62)

A l'amont du modèle, le débit de crue est imposé en condition limite, tandis qu'à l'aval une loi hauteur-débit est rentrée (reconstituée à partir des données du PPRi et une loi de Manning-Strickler). La condition limite aval est prise suffisamment éloignée (à l'aval du pont de l'autoroute) pour qu'elle n'est pas d'influence sur la zone d'étude, c'est-à-dire au droit de la gravière.

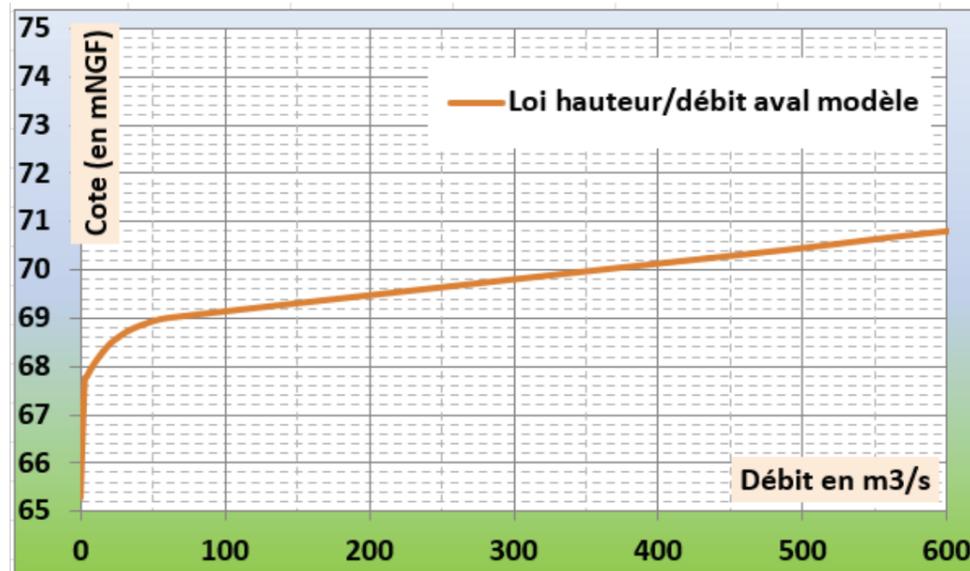


Figure 2-4 : Condition limite aval du Loing à l'aval de l'autoroute

La crue de projet est la crue de référence du PPRi, la crue de mai-juin 2016.

Cette crue de projet a été reconstituée à partir des données existantes sur le secteur, fournies dans le rapport de l'étude Hydratec, ainsi qu'à partir des hydrogrammes mesurés aux stations de Chalette sur Loing, du Betz à Bransles et de la Cléry à Ferrières en Gatinais.

Le graphique ci-dessous présente les hydrogrammes injectés en amont au niveau du Loing, la Cléry et le Betz :

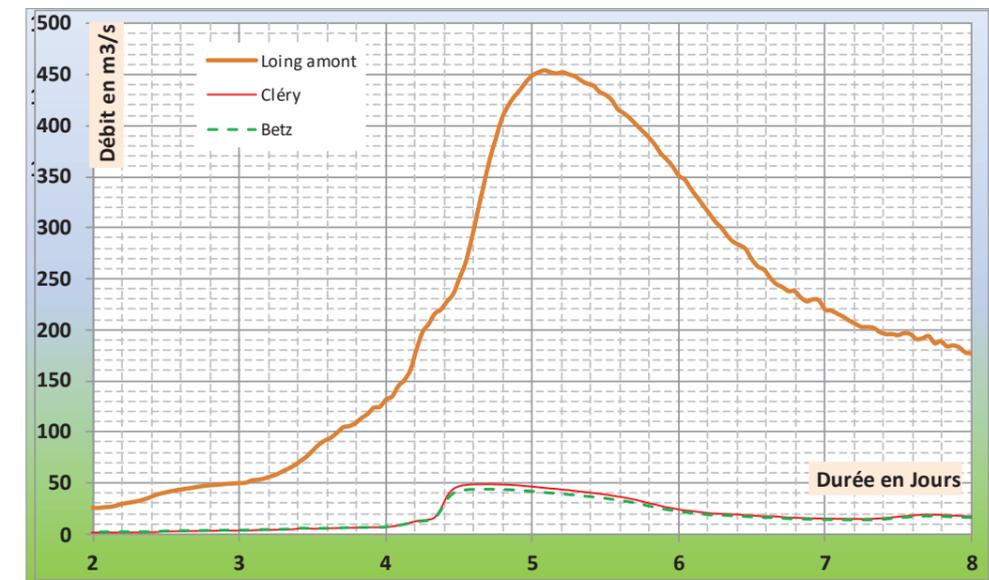


Figure 2-5 : Condition limite amont du Loing pour la crue de projet

Le débit de pointe de la crue de mai 2016 au niveau de la gravière est de 462 m³/s.

Les coefficients de frottement (Strickler) traduisant les effets liés la rugosité du lit mineur et de la vallée sont calés pour que le modèle reproduise au mieux les crues réelles observées (cf. phase de calage au paragraphe 2.4).

Les coefficients retenus sont les suivants :

- K= 5 au droit des zones boisées ;
- K= 15 au droit des zones urbaines diffuses et des routes ;
- K = 25 au droit des prairies;
- K = 25 dans les lits mineur du Loing, Cléry et Betz ;
- K = 33 au droit des étangs/gravières.

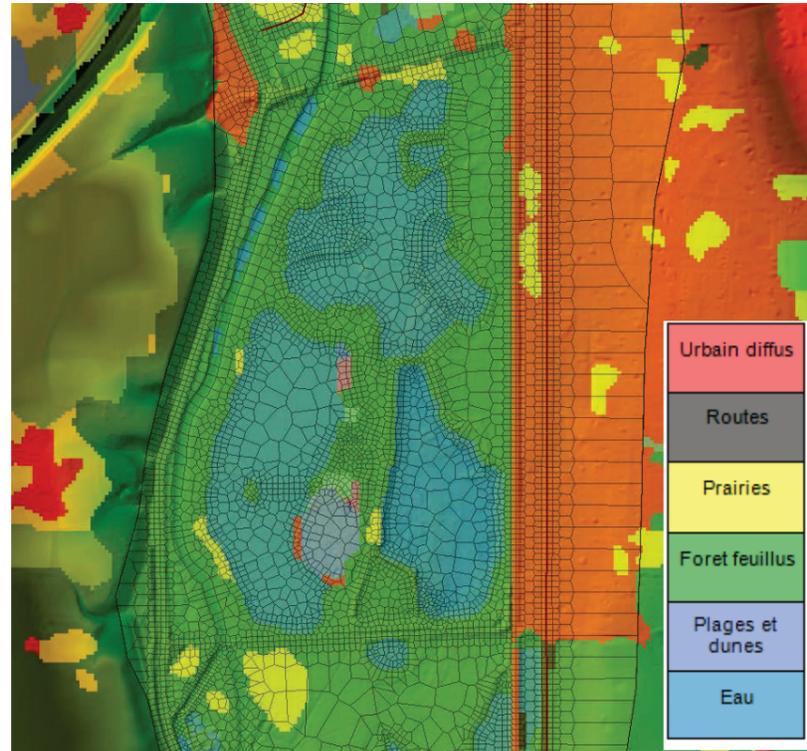


Figure 2-6: Zonage des coefficients de Strickler aux alentours de la gravière

2.4 CALAGE DES PARAMETRES DU MODELE : CRUE DE MAI 2016

La crue de mai 2016 a été modélisée pour caler le modèle.

En effet, sur le secteur d'étude, 4 repères de crue sont disponibles. De plus, c'est la crue de référence du nouveau PPRi du Loing à Dordives.

Le modèle numérique d'élévation (MNE) servant de référence au zonage du PPRi et élaboré par la DDT est aussi disponible et a été utilisé pour le présent calage.

Le calage de ce MNE par la DDT45 est présenté sur la figure ci-dessous :

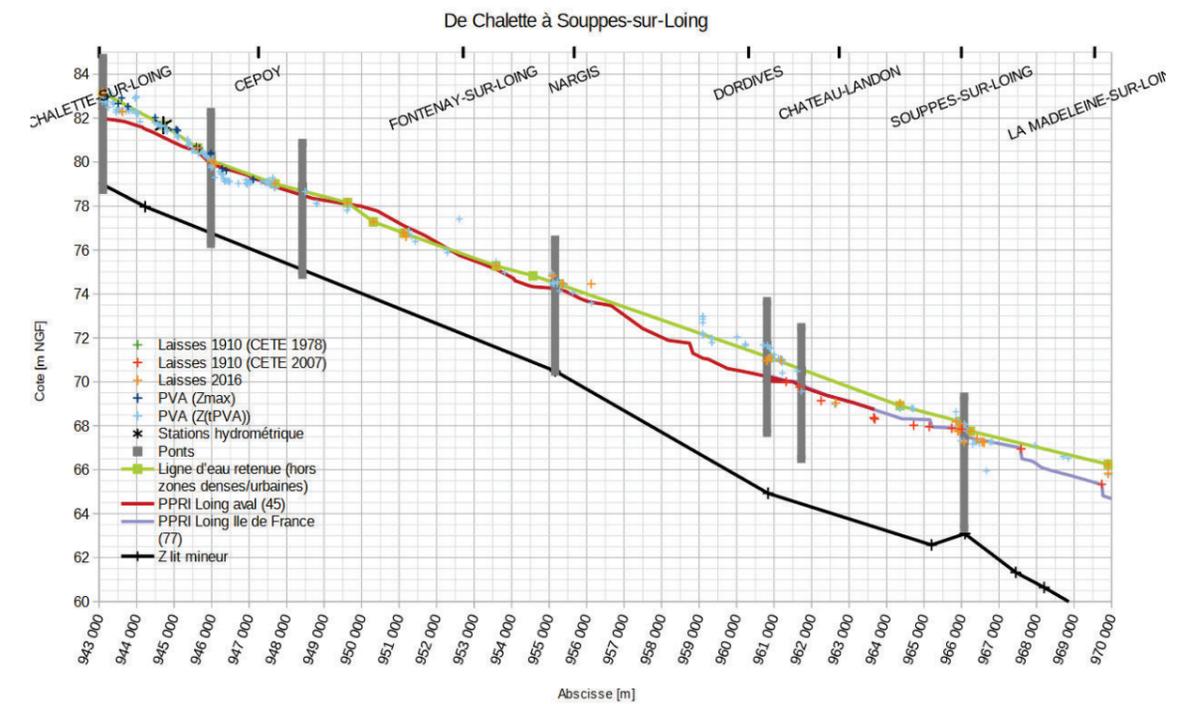


Figure 2-7 : Profil en long du MNE retenu pour la crue de référence du PPRi du Loing (source : DDT45)

La courbe verte présente le profil en long de la crue de 2016, tel que présenté dans le présent PPRi du Loing aval à Dordives.

La courbe rouge présente la ligne d'eau du PPRi précédent, calé sur la crue centennale du Loing (plus ou moins équivalente à la crue de 1910).

On peut ainsi voir sur ce profil que la crue de 2016 dans le secteur de Dordives est supérieure à la crue centennale précédente et donc que la crue de 1910.

Quelques itérations sur le calage du modèle ont été effectuées pour aboutir aux résultats ci-après, à partir donc de deux éléments :

- Les 4 repères de crues présents dans le secteur pour la crue 2016 ;
- Le MNE de la DDT45 pour la crue de 2016.

La Figure 2-8 synthétise les écarts de hauteur d'eau par rapport au niveau des repères existants pour la crue de 2016.

NB : un écart positif signifie que cote de la surface libre modélisée est supérieure à la cote de la surface libre donnée par le repère de crue.

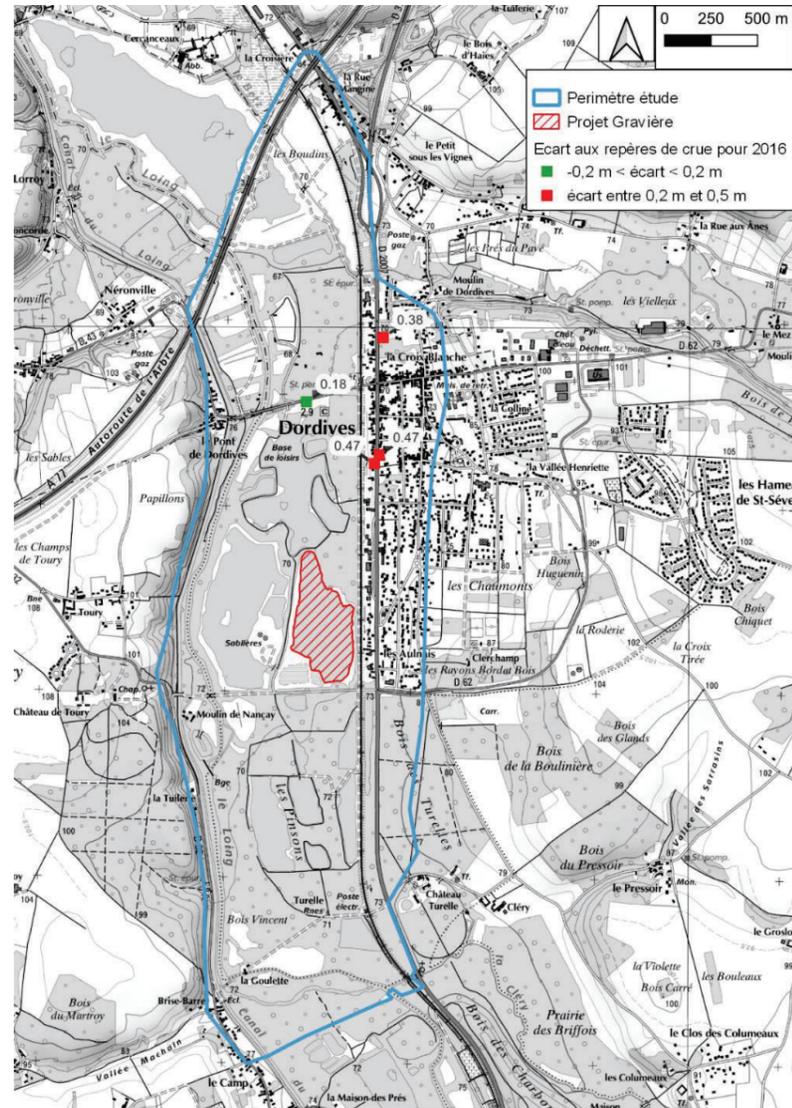


Figure 2-8: écarts aux repères de crue de mai 2016 à la suite du calage.

L'écart de hauteurs d'eau au niveau du RC le plus proche du Loing est acceptable puisqu'il est inférieur à 20 cm.

En revanche, les repères de crue situés dans le centre bourg de Dordives présentent tous des écarts autour de 40cm, ce qui signifie que notre modèle présente une hauteur d'eau supérieure de 40cm par rapport aux repères de crue pour la crue de 2016.

Si cela semble à première vue peu satisfaisant, nous avons croisé ces éléments avec le modèle numérique d'élévation calculé par la DDT45 pour l'élaboration du PPRi Loing aval.

Cette comparaison est présentée sur la figure ci-dessous :

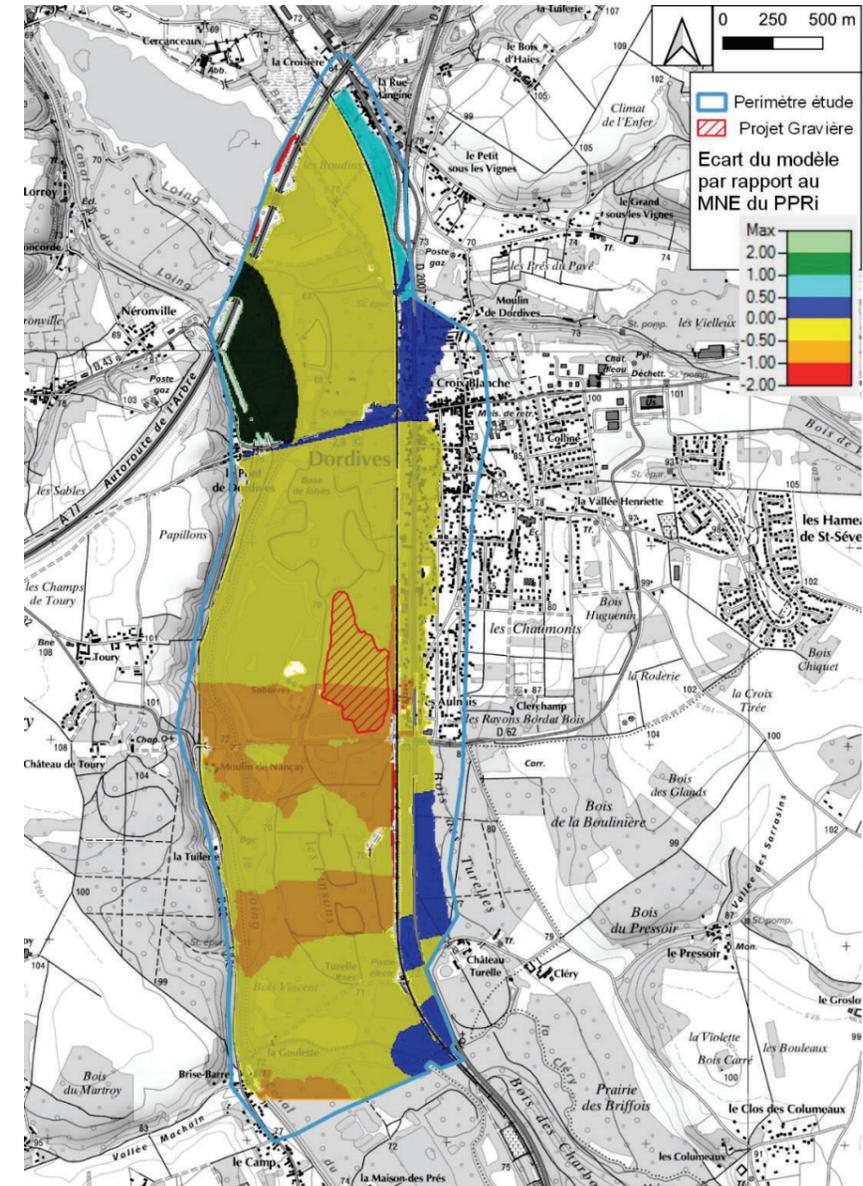


Figure 2-9: écarts entre le MNE d'ISL et le MNE du PPRi Loing aval lors de la crue de calage (mai 2016)

On peut voir à travers cette figure, qu'à l'inverse des repères de crue, notre modèle se trouve systématiquement ou presque à une cote inférieure à celle calculée par la MNE de la DDT (écart moyen de 30-40cm).

En conclusion, on observe des écarts positifs de 20 à 40cm de notre modèle par rapport aux repères de crue, mais des écarts négatifs de 40cm de notre modèle par rapport au MNE du PPRi Loing aval.

N'ayant pas d'informations sur la fiabilité des repères de crue dans ce secteur, et considérant que la méthode d'obtention du MNE pour le PPRi est relativement peu précise (car à large échelle et sans simulation numérique), nos résultats, situés entre ces deux éléments, paraissent satisfaisants.

2.5 EXPLOITATION DU MODELE EN SITUATION ACTUELLE

2.5.1 DEBIT DE REFERENCE

Conformément aux éléments présentés dans la synthèse des données hydrologiques, le débit retenu est celui de la crue de référence du PPRI, soit 462 m³/s. Les calculs sont menés en régime transitoire.

Les cartographies des vitesses et hauteurs d'eau maximales atteintes figurent dans les paragraphes ci-après.

2.5.2 RESULTATS EN SITUATION ACTUELLE AUX ABORDS DU SITE : CRUE DE 2016

2.5.2.1 Hauteurs d'eau maximales

Les cartes ci-après présentent les hauteurs d'eau maximales atteintes pour la crue centennale aux alentours du secteur d'étude et dans la gravière.

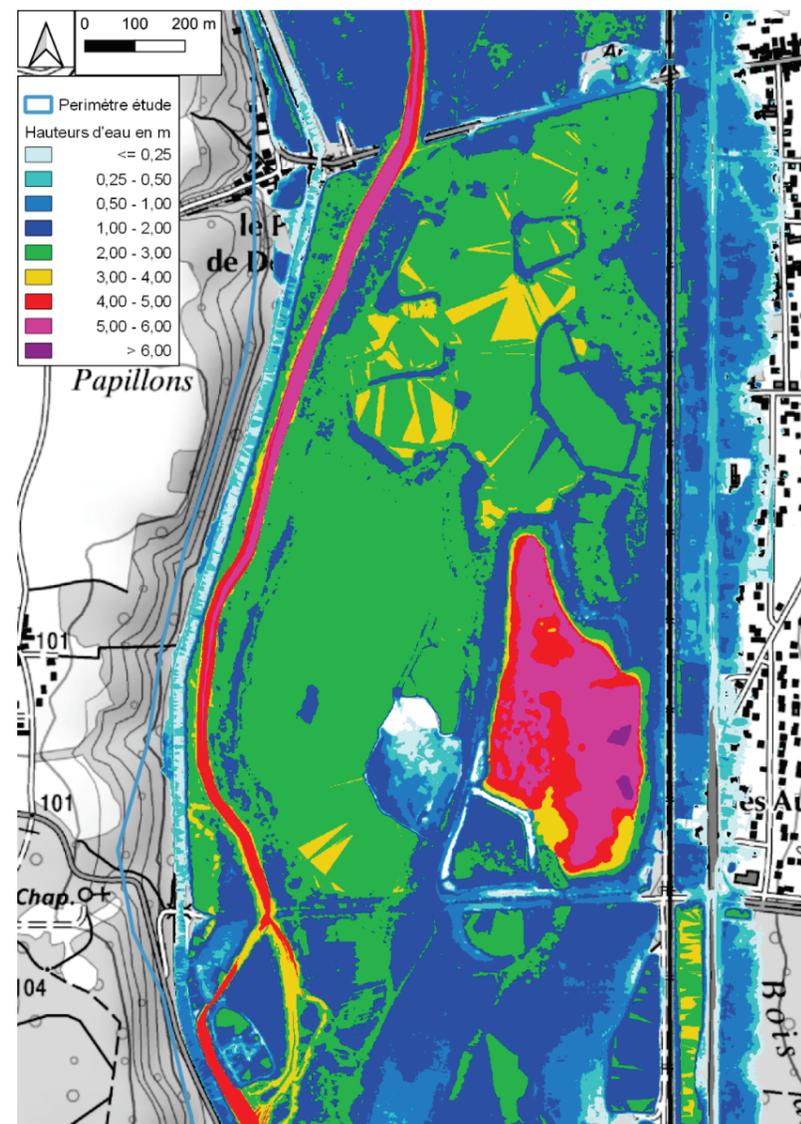


Figure 2-10: hauteurs d'eau maximales aux alentours de la zone d'étude pour la crue de référence

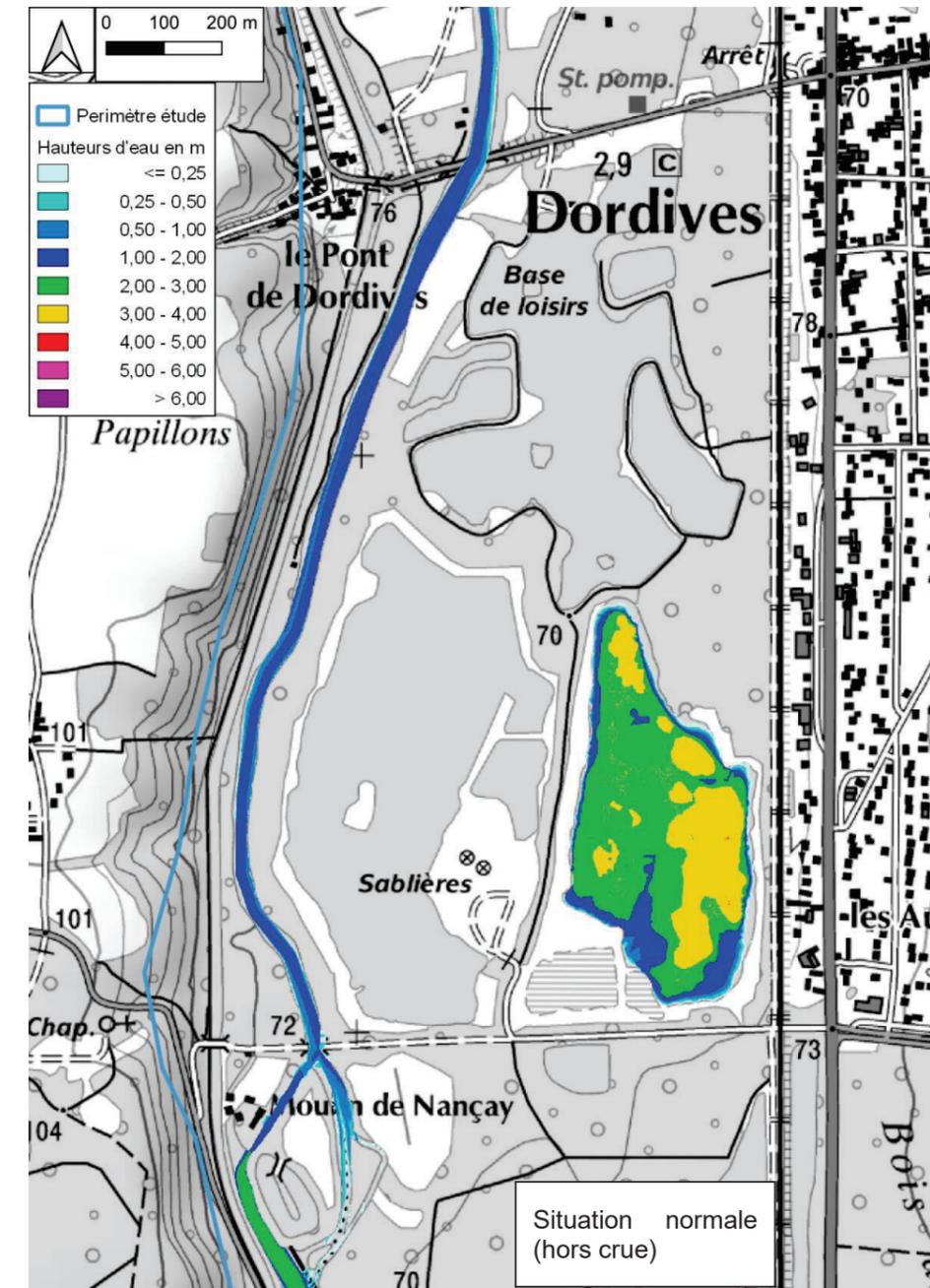


Figure 2-11: hauteurs d'eau maximales en mètres dans la gravière en situation normale.

Le 28/09/2021, le géomètre (SIG Drone) a relevé la surface libre de la gravière et l'a estimée à 69 mNGF. La surface libre maximale atteinte lors de la simulation de la crue de référence est d'environ 71,36 mNGF ce qui correspond à un marnage d'environ 2,36 m pour la crue de référence.

Les hauteurs d'eau maximales atteintes dans la gravière sont globalement comprises entre 5 et 6 m pour la crue de référence et autour de 3m en situation normale.

2.5.2.2 Vitesses d'écoulement maximales

La figure ci-après donne les vitesses d'écoulement maximales pour la crue de référence aux abords de la gravière.

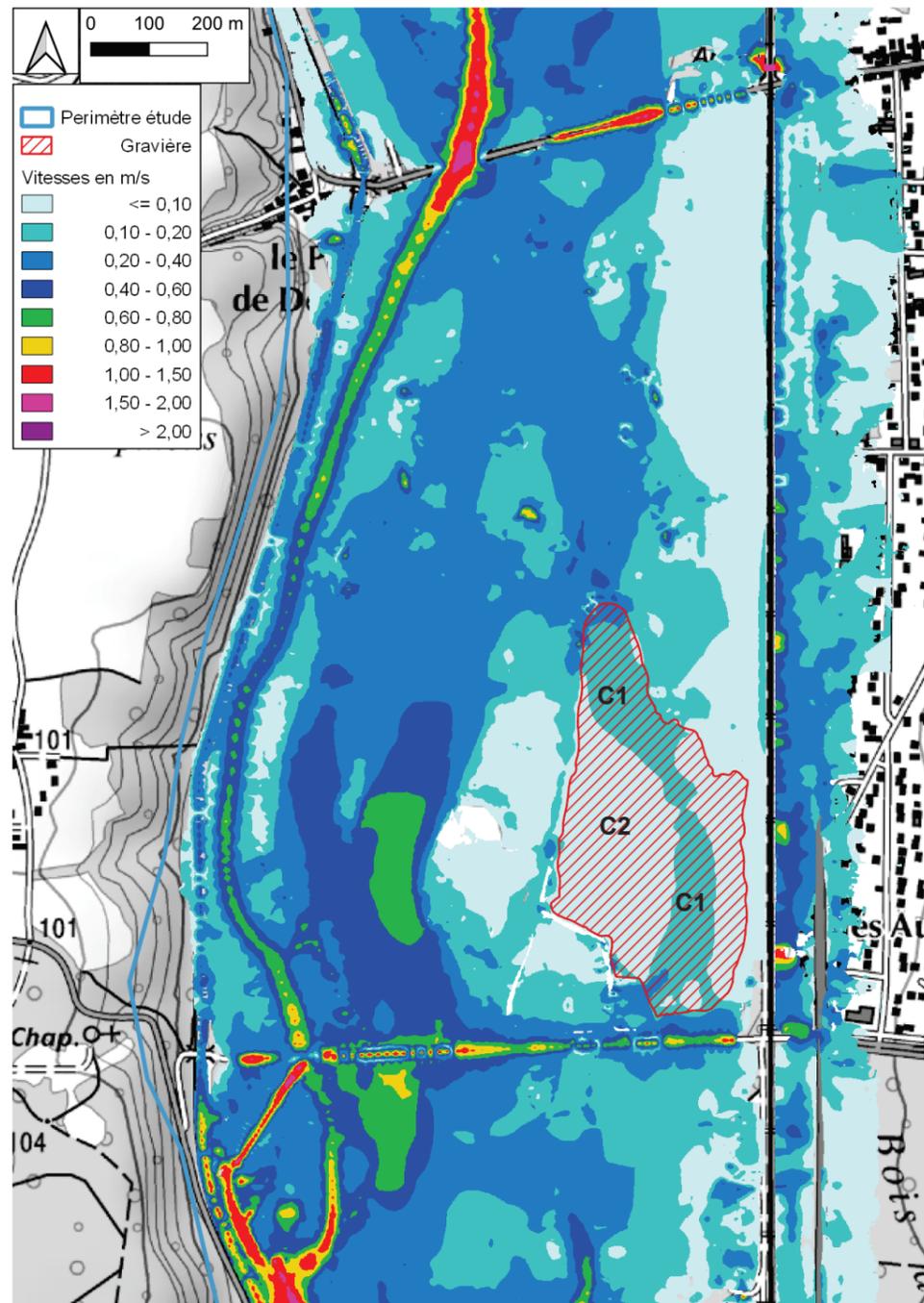


Figure 2-12: vitesses maximales en m/s aux alentours de la zone d'étude pour la crue de référence

Les vitesses d'écoulements maximales dans la gravière pour la crue centennale sont de manière générale comprises au sein de 2 classes :

- C1 : Inférieures à 0,1 m/s sur les parties occidentales et orientales de la gravière,
- C2 : Entre 0,1 et 0,2 m/s sur une fine langue en partie centrale de la gravière.



Figure 2-13: lignes de courant aux alentours de la zone d'étude pour la crue de référence.

2.5.3 RESULTATS EN SITUATION ACTUELLE AUX ABORDS DU SITE : PREMIERS DEBORDEMENTS

Les premières rentrées d'eau dans le plan d'eau se produisent donc à la cote 69,81 m NGF par l'aval côté nord-ouest (pour un débit du Loing d'environ 105-110 m³/s).

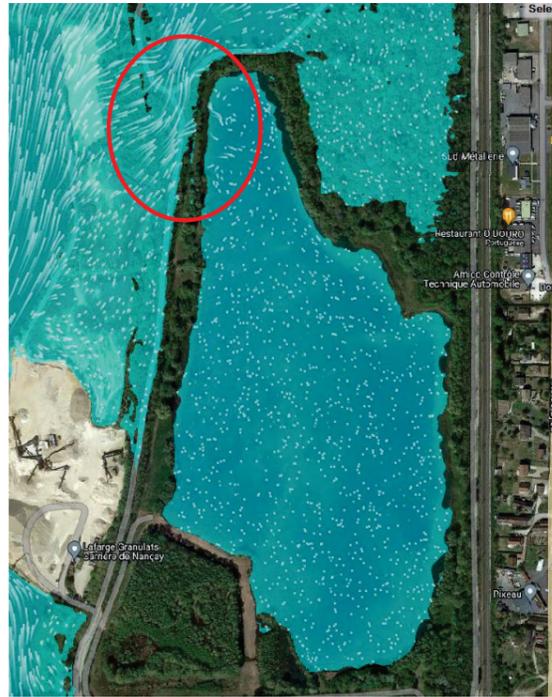


Figure 2-14 : Premières entrées d'eau dans la gravière

Les premiers débordements en provenance de l'amont viennent à partir de la cote 70,03 m NGF, soit pour un débit de 180 m³/s (débit globalement équivalent à une crue décennale du Loing).

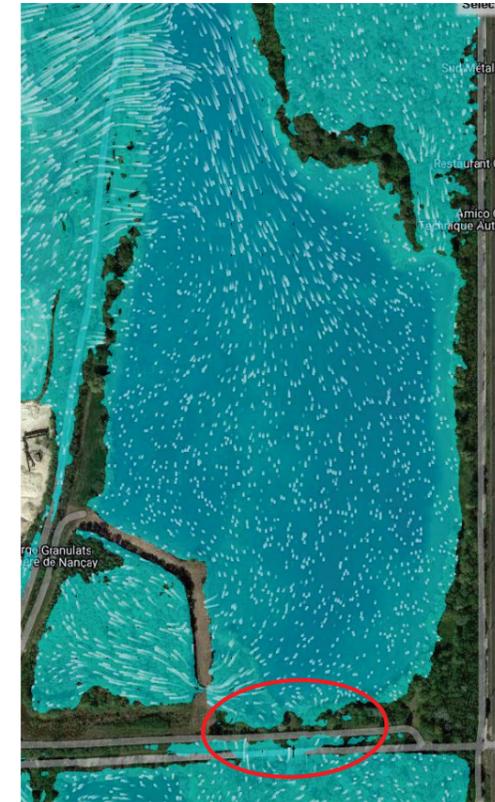


Figure 2-15 : Entrée d'eau à l'amont dans la gravière

3 IMPACTS HYDRAULIQUES DU PROJET

3.1 INTEGRATION DU PROJET

Les obstacles à l'écoulement des eaux, causés par les panneaux photovoltaïques flottants, correspondent au tirant d'eau pluri-décimétrique des flotteurs.

Pour quantifier l'impact des flotteurs sur les écoulements, le coefficient de Strickler a été diminué au droit des panneaux photovoltaïques dans la modélisation 2D, coefficient qui permet de traduire la capacité d'écoulement du terrain.

Il est précisé dans le document « *Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains* » publié par le « *United States Geological Survey Water-Supply Paper* » qu'une obstruction appréciable de la section d'écoulement (entre 15 et 50 %) occasionne une diminution du coefficient de Strickler comprise entre 30 et 50 $m^{1/3}/s$. L'impact des panneaux étant dans notre cas de seulement quelques pourcents sur la hauteur d'eau du lac, l'impact du projet doit être retenu dans l'intervalle bas de la fourchette préconisée.

Par mesure de sécurité une baisse du coefficient du frottement de 13 $m^{1/3}/s$ est retenue : la rugosité sur l'étendue d'eau était initialement fixée à 33 $m^{1/3}/s$, un Strickler de 20 $m^{1/3}/s$ sur les zones aménagées, a donc été retenu.

Le positionnement des structures flottantes a été fourni par BayWa r.e.. Un design qui permet de maximiser la production d'électricité, en implantant les panneaux au droit des profondeurs les plus importantes du plan d'eau.

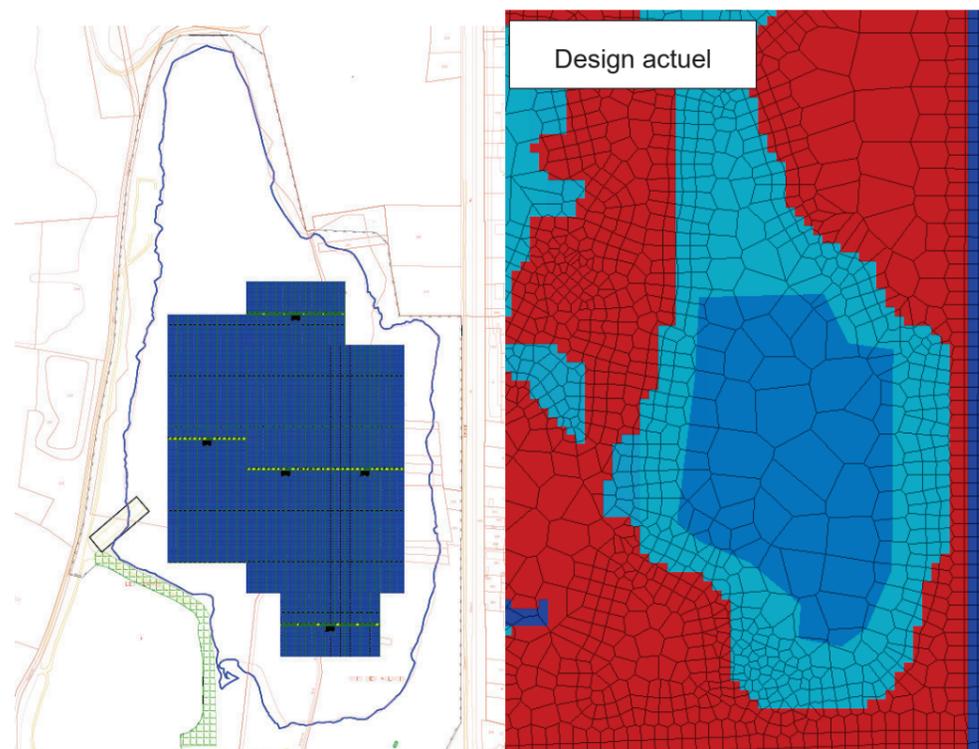


Figure 3-1: Implantation du projet (source BayWa r.e.), et modification rugosité dans modèle

3.2 IMPACTS HYDRAULIQUES PAR RAPPORT A L'ETAT ACTUEL

3.2.1 IMPACT SUR LES HAUTEURS D'EAU

Pour la crue de 2016, en termes d'hauteur d'eau, les impacts liés à l'installation des panneaux photovoltaïques sont inférieurs à 1 centimètre (hauteurs de l'ordre de grandeur de la précision de la modélisation).

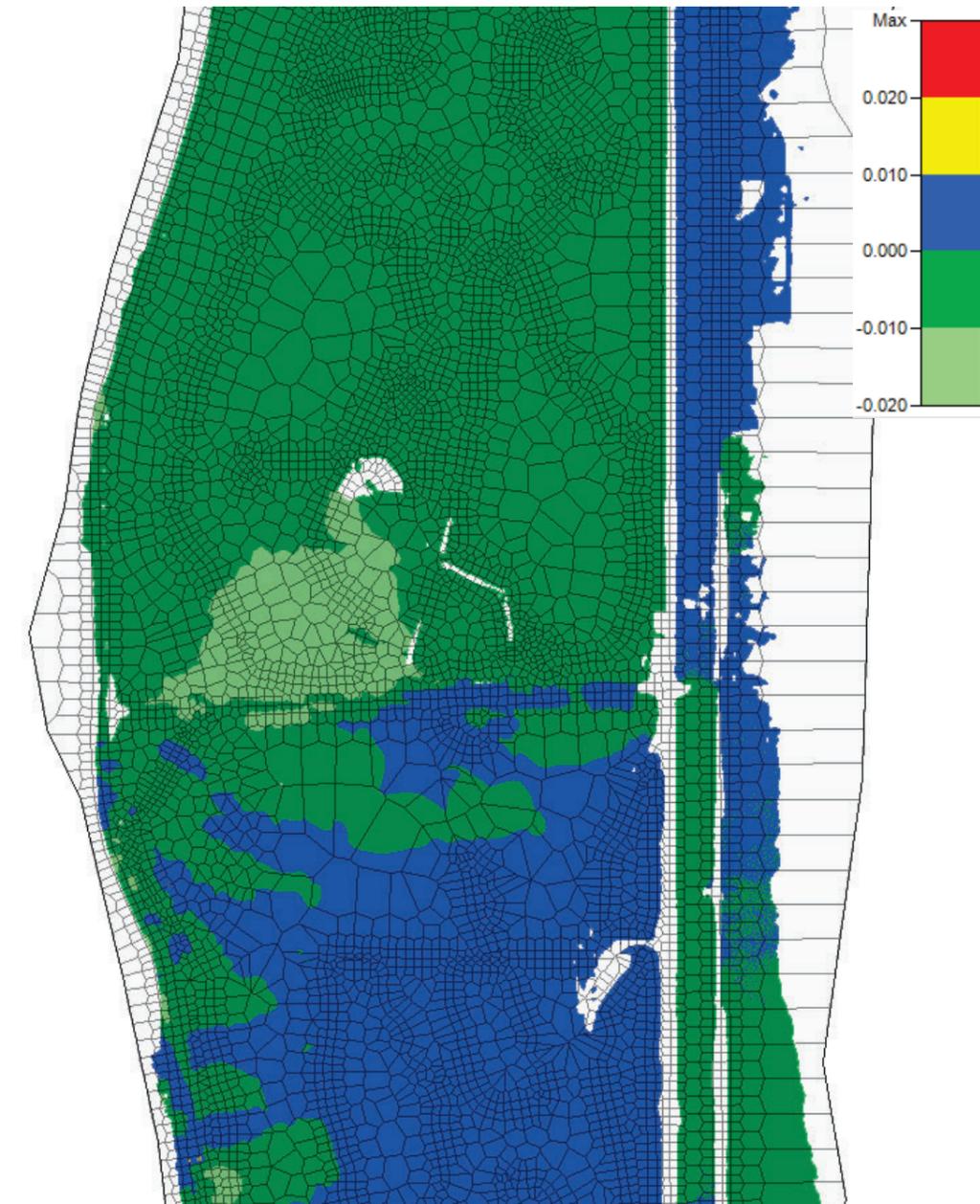


Figure 3-2 : Comparaisons des hauteurs d'eau (en mètres) pour la crue de référence entre état aménagé et état initial

La carte d'impacts des hauteurs d'eau présentée ci-dessus montre les éléments suivants :

- A l'amont, une remontée de la ligne d'eau inférieure à 1cm ;
- A l'aval de la gravière, une baisse de la ligne d'eau inférieure à 1cm, sauf très localement à l'Ouest de la gravière, où cette baisse se situe entre 1 et 2cm.

La simulation réalisée met en évidence des impacts faibles (inférieurs à 1 cm) dans le plan d'eau, impacts plus faibles que les incertitudes inhérentes aux calculs.

Le projet ne modifie pas l'emprise de la zone inondable.

Enfin il convient d'ajouter que la partie flottante est située dans une gravière dans laquelle les vitesses demeurent faibles (<0,20 m/s) y compris pour une crue de débit de période de retour supérieure à 100 ans.

Les obstacles à l'écoulement des eaux sont dus au tirant d'eau pluri-décimétrique des flotteurs : il ne peut conduire qu'à la conversion d'une fraction de la vitesse en surcote. Cette surélévation sera inférieure au centimètre ($v^2/2g = 0,2 \text{ mm}$ pour $V = 0,20 \text{ m/s}$) et locale, au voisinage immédiat des flotteurs.

3.2.2 IMPACT SUR LA DYNAMIQUE DE LA CRUE

Aucune modification n'est observée sur l'hydrogramme de crue en aval de la zone de projet. La mise en place des panneaux et des installations environnantes n'induit donc aucun impact sur la dynamique de la crue.

3.2.3 IMPACT SUR LES VITESSES

La modification des vitesses engendrée par le projet est très faible voire inexistante (en moyenne +/- 0,01m/s, cf. Figure 3-3) ;

Ces impacts sont marginaux dans la mesure où les incréments de vitesse sont très localisés et très faibles.

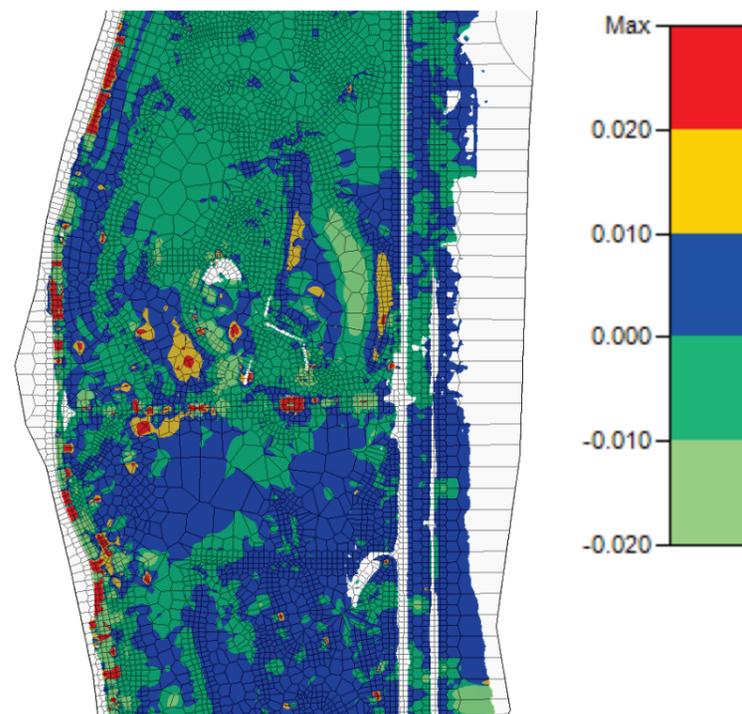


Figure 3-3 : Impact sur les vitesses – crue de référence ($dV = V_{\text{amenagé}} - V_{\text{initial}}$, en m/s)

3.3 POINT COMPLEMENTAIRE SUR LE POSTE DE LIVRAISON ET LE CONTENEUR DE STOCKAGE

Outre les panneaux solaires, installés exclusivement sur la gravière, Bayway-re prévoit l'installation sur site en bordure de gravière d'un poste de livraison et d'un conteneur de stockage.

Les deux emplacements envisagés à ce jour sont situés sur le plan suivant, au sud de la gravière :

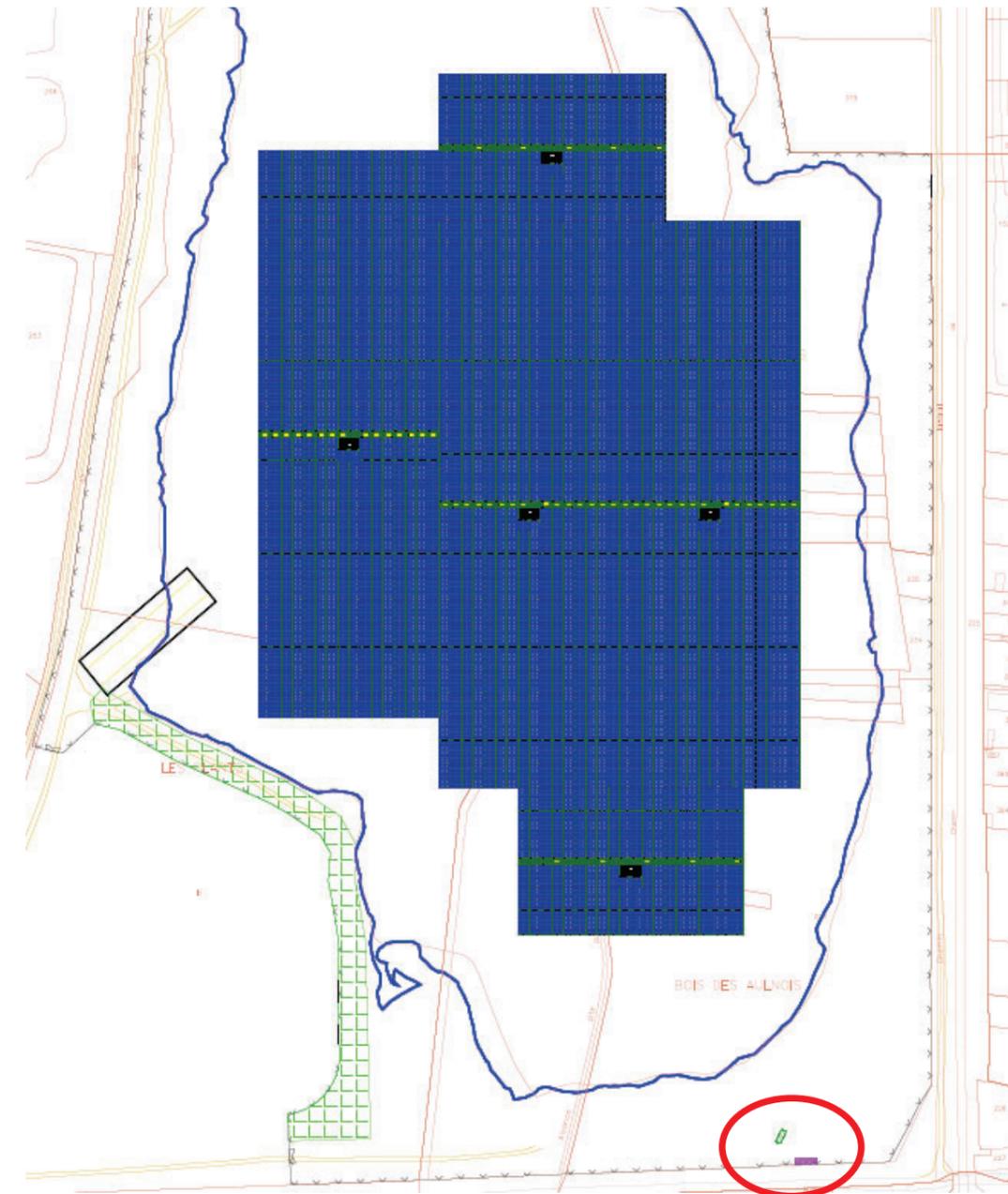


Figure 3-4 : Localisation conteneur (en vert) et poste de livraison (en rose)

Cet emplacement a volontairement été choisi, comme étant l'un des plus élevés en cote altimétrique sur la parcelle du projet, avec une cote du terrain naturel autour de 70,70 mNGF.

Cette altimétrie n'empêcherait pas ces éléments d'être inondés d'environ 70cm pour une crue type 2016.

Il est donc recommandé de positionner ces éléments au-dessus de la cote de référence (1m donc au-dessus du terrain naturel).

Le volume soustrait à l'inondation d'une telle surélévation ne génèrera aucun impact sur les écoulements, le volume de ces deux éléments étant négligeables par rapport aux volumes de crues en jeu.

Pour minimiser encore plus l'impact, il serait par exemple possible de faire un poste sur pilotis.

Afin de se conformer totalement au PPRi en vigueur, une compensation devrait être trouvée pour le volume d'emprise des pilotis (ou appuis), de la dalle et autres éléments situés jusqu'au niveau des PHEC comme indiqué sur la figure suivante :

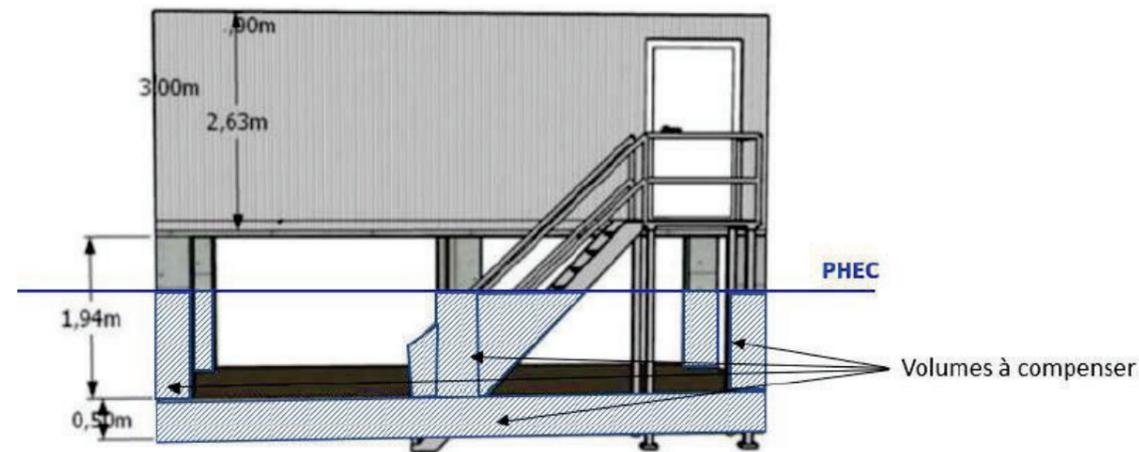


Figure 3-5 : Schéma de principe pour la compensation volumique (source : Hydratec)

Cette compensation devra s'envisager au plus proche du site du projet (préférentiellement à l'amont du site) et pourrait consister par exemple en un décaissement en lit majeur à volume équivalent sur une parcelle située en zone inondable.

4 EVALUATION DU RISQUE EMBACLES

4.1 OBJECTIFS DE L'ANALYSE

Lors des crues, la production et le transport de bois flottants sont des processus naturels mais qui peuvent être à l'origine d'une augmentation des désordres associés aux inondations (sur-inondations, chocs, etc.).

L'objectif de ce chapitre est d'analyser le risque lié aux embâcles en amont ou au niveau du projet.

Cette analyse est menée en deux étapes :

- Etape 1 : Estimer la quantité de bois pouvant être recrutée en amont du projet en cartographiant la zone d'étude sous QGIS et en utilisant des formules empiriques ;
- Etape 2 : Sur la base du volume estimé et des résultats de la modélisation hydraulique, évaluer à dire d'expert le risque d'arrivée d'embâcles sur le site du projet.

4.2 QUANTIFICATION DES BOIS FLOTTANTS

4.2.1 POINT DE CALCUL

Cette étude porte sur le risque embâcle au niveau de la zone de projet, mais il est nécessaire de considérer comme zone d'étude tout le bassin versant du Loing, de sa source au point d'étude. Le point d'étude choisi est la station SHYREG SN931 (681562, 6781312).

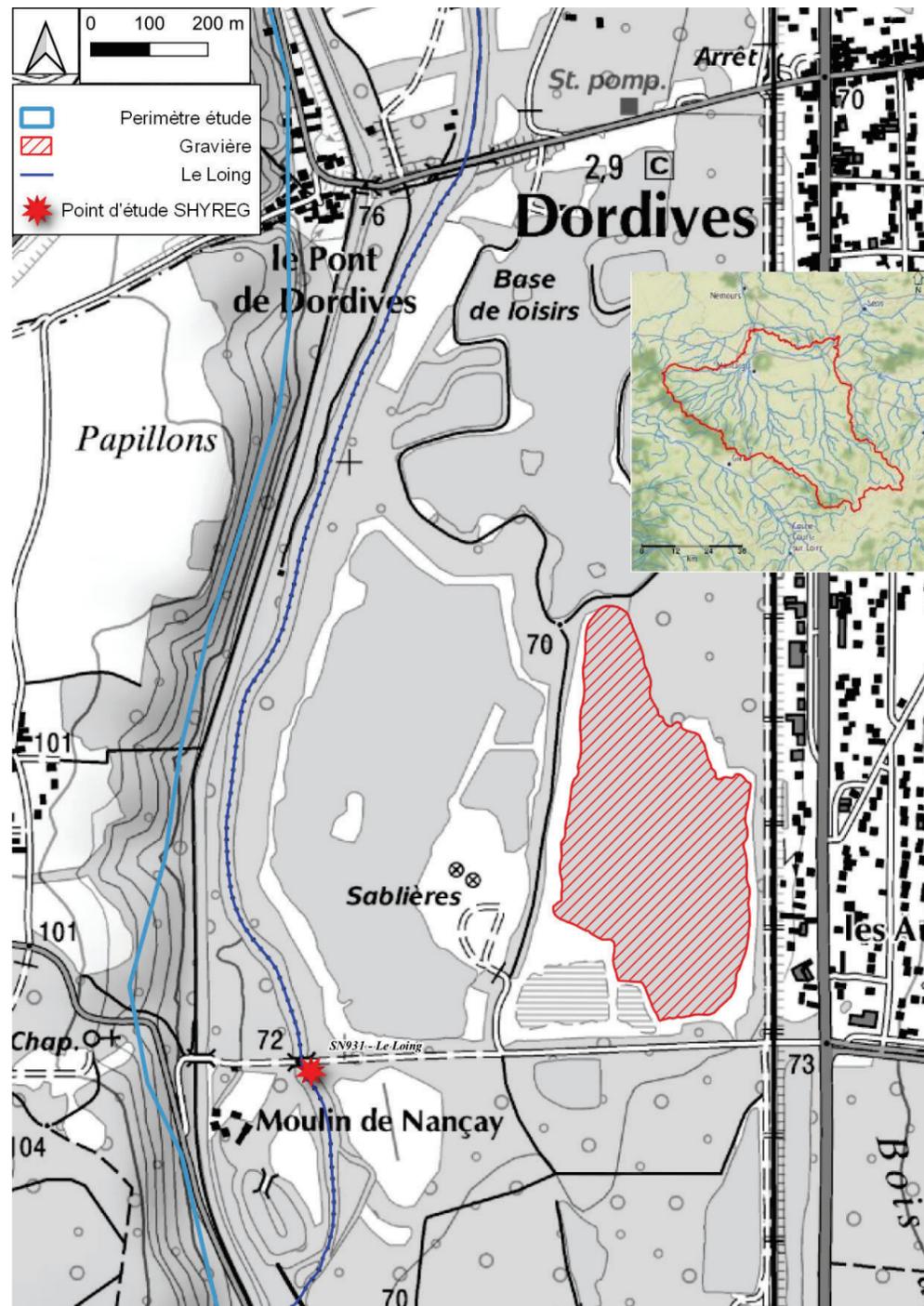


Figure 4-1 : Point de quantification du volume d'embâcles

4.2.2 METHODE DE QUANTIFICATION

Un travail de cartographie sous le logiciel QGIS permet de déterminer les paramètres nécessaires à l'élaboration d'une méthode de quantification basée sur des formules empiriques issues des recherches bibliographiques, et essentiellement du rapport du projet de recherche WoodFlow.

Une feuille de calcul sous Excel a été réalisée pour calculer les paramètres nécessaires à l'application de ces formules à partir des données SIG. Ces formules ne sont applicables qu'en considérant une crue précise, un point choisi pour les calculs et une zone d'étude bien déterminée. Les principaux paramètres pris en compte sont les suivants :

- Surface du bassin versant
- Longueur du chenal
- Largeur du chenal
- Volumes de crues et débits de pointe
- Longueur de chenal boisé
- Pentes du bassin versant
- Type de bois

4.2.3 DONNEES

Afin de déterminer la valeur des paramètres listés précédemment, nous nous appuyons sur les bases de données suivantes :

- La Base de Données BD TOPAGE © IGN
- La Base de Données SYRAH (geo.data.gouv.fr)
- La Base de Données FORET © IGN
- Les données SHYREG pour les débits et les volumes de crues

4.2.4 VALEURS DES PARAMETRES

L'analyse des données SIG permet d'extraire la valeur des paramètres utilisés dans les formules empiriques du projet WoodFlow. Ces paramètres principaux sont considérés comme étant spécifiques au bassin versant étudié (surface du bassin versant, longueur du chenal, longueur du chenal boisé ...) et à un événement particulier (volume et débit de crue).

Le tableau suivant présente les valeurs de ces paramètres déterminés pour une crue centennale du Loing (car supérieur au débit de la crue 2016 dont l'occurrence se situe entre une crue centennale et une crue cinq-centennale). Le débit cinq-centennal étudié ici est issu des données SHYREG car elles permettent également de disposer du volume de la crue. Cette hypothèse ne change pas l'ordre de grandeur des volumes de bois calculés. Dans le tableau suivant, chaque ligne correspond à l'utilisation d'une formule utilisant le paramètre de la 2^{ème} colonne.

Tableau 4-1 : Valeurs des paramètres étudiés pour une crue centennale du Loing

Paramètre utilisé pour l'estimation du volume de bois	Valeur du paramètre d'étude	Volume de bois flottant déduit – quantile 50 %
Débit de crue	507 m ³ /s	1 650 m ³
Volume de crue	67 910 400 m ³	1 439 m ³
Débit et volume de crue combinés	---	2697 m ³
Surface du bassin versant	2 691 km ²	2 704 m ³
Longueur du chenal jusqu'au point d'étude	833 km	1009 m ³
Longueur de chenal boisé	434 à 1426 km	1850 m ³

4.2.5 RESULTATS

A l'aide de ces formules empiriques, nous pouvons donc estimer le volume de bois flottant susceptible d'arriver au niveau du point d'étude. Toutefois, elles ne fournissent que des ordres de grandeur, à utiliser avec précaution.

La figure suivante présente les résultats obtenus grâce à l'application de ces formules empiriques au bassin versant du Loing, pour une crue cinq-centennale. Quatre valeurs sont présentées pour chaque paramètre : les quantiles 10%, 50 % et 90%, ainsi qu'un scénario extrême. Cela permet d'obtenir une enveloppe des résultats.

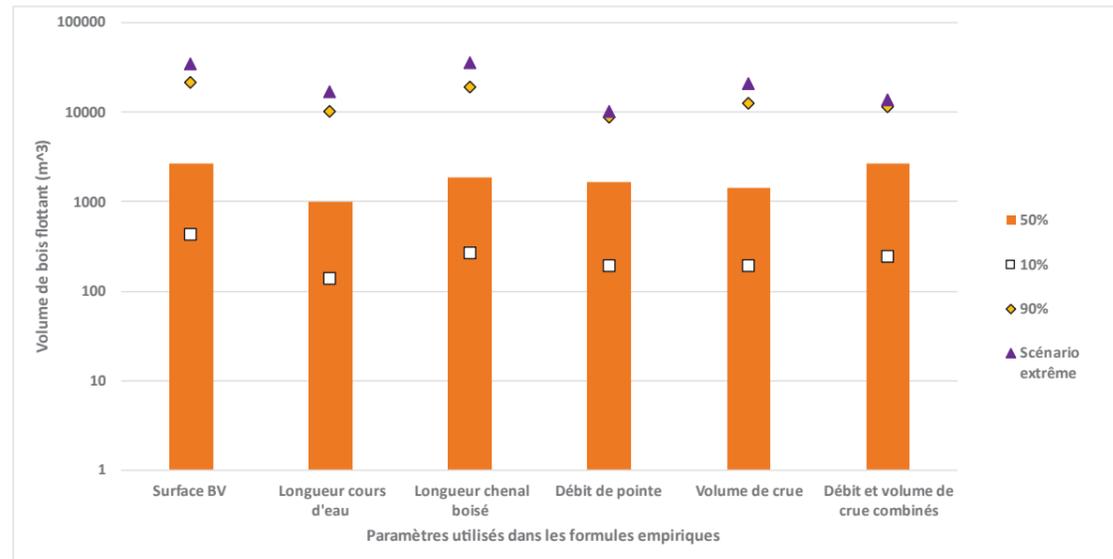


Figure 4-2 : Volume de bois flottant susceptible d'arriver au niveau du point d'étude, estimé par différents paramètres, pour une crue cinq-centennale du Loing

4.2.6 CONCLUSION

Ces formules de quantification permettent d'obtenir des ordres de grandeur du volume de bois flottant potentiellement recruté lors d'une crue et transporté par le Loing. Toutefois, en réalité, seule une partie de ce volume de bois flottant atteint le point d'étude, généralement de nombreux bois flottants se retrouvent piégés en amont ou redéposés sur les berges. En fonction des caractéristiques des bois flottants (longueur, densité ...), de la morphologie du cours d'eau et des conditions d'écoulement, une quantité plus ou moins importante de bois flottant va réellement atteindre le point d'étude. La visite de terrain nous a effectivement permis de constater que des embâcles (branches et troncs d'arbres) étaient encore coincés par la ripisylve ou par des ouvrages hydrauliques comme les ponts. Les ordres de grandeur indiqués ici sont donc majorants.

Selon la littérature concernant les risques d'embâcles, ces formules de quantification des bois flottants permettent d'obtenir des ordres de grandeur cohérents, mais tout de même soumis à d'importantes incertitudes. Ainsi, les meilleurs résultats produits par ces formules correspondent à des bassins versants entre 5 et 200 km². Pour des bassins versants plus étendus, comme celui du Loing, le niveau d'incertitude augmente et le potentiel de bois flottant devient si important que la charge est très vraisemblablement surévaluée.

Le quantile moyen 50 % est de 1892 m³. Il y a donc 50 % de chance qu'une crue cinq-centennale génère un volume d'embâcles supérieur ou égal à 1900 m³. Les paragraphes suivants analysent la probabilité que ces bois flottants impactent le site étudié.

4.3 ANALYSE DU RISQUE D'ARRIVEE D'EMBACLES SUR LE SITE

4.3.1 PREAMBULE

Une fois le volume d'embâcles estimé, il est nécessaire d'évaluer la probabilité de transfert de ce volume sur le site. Cette estimation repose sur :

- **l'analyse morphologique** : analyse de l'évolution de la zone dans le temps, observation de la ripisylve et des possibilités de recrutement de bois flottants par érosion latérale en amont du site ;
- **l'analyse courantologique** : étude des lignes de courant, champs de vitesses et de hauteurs de la modélisation hydraulique.

4.3.2 OCCUPATION DES SOLS ET ANALYSE MORPHOLOGIQUE

La carte ci-après montre des berges et un lit majeur bien boisés sur le linéaire du Loing en amont de la gravière.

La majorité du bois flottant est recrutée par l'érosion des berges, dans l'extrados du cours d'eau. Etant donnée la configuration du site, les zones d'apports possibles vont donc se situer sur les zones repérées en rouge sur la carte ci-dessous. En dehors, des zones probables d'érosion de berge, une berge boisée va plutôt jouer un rôle de peigne et ainsi limiter le risque d'entrée d'embâcles conséquents dans le lit majeur.

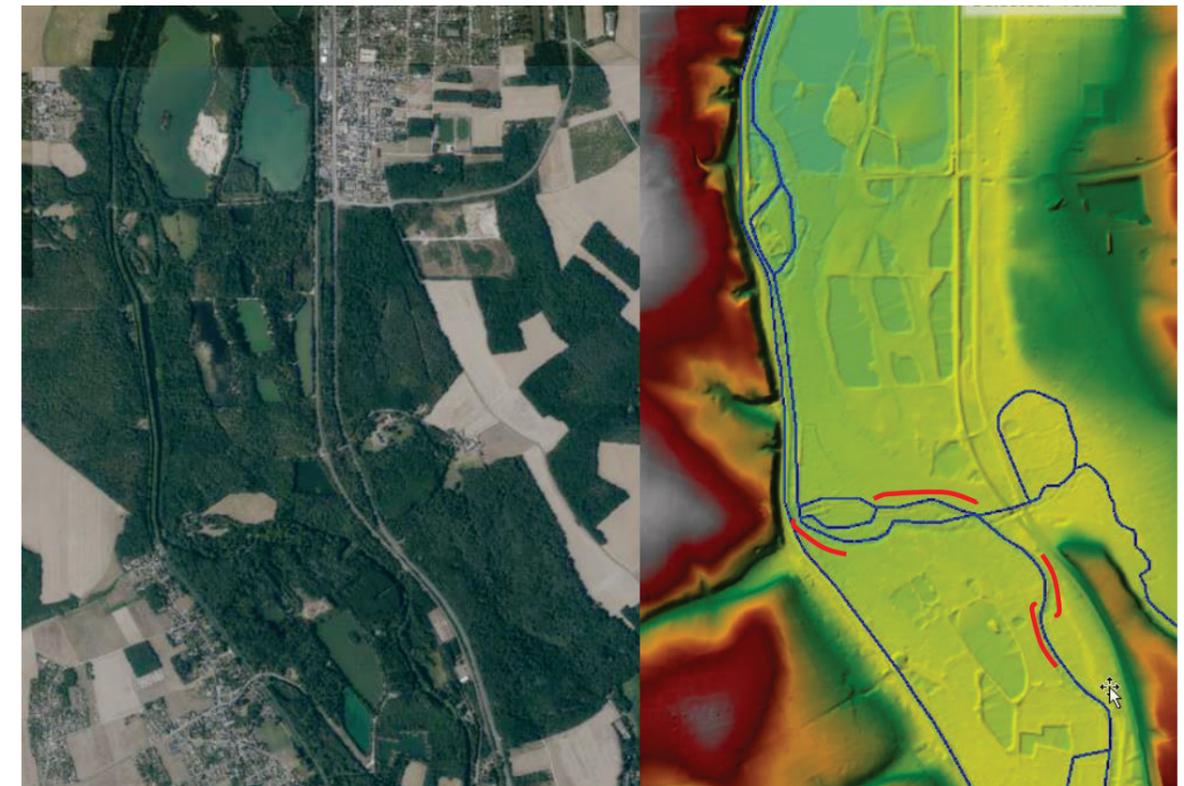


Figure 4-3 : Occupation des sols et morphologie du cours d'eau

Les cartes et vues aériennes ci-après retracent l'évolution du cours d'eau en amont de la gravière depuis le XIXème siècle jusqu'à nos jours. Le tracé du cours d'eau ne présente pas d'évolution marquée depuis plus d'un siècle, ce qui semble traduire un faible taux d'érosion de berge sur le secteur étudié.



Figure 4-4 : Evolution du cours d'eau en amont de la gravière

Ainsi, peu d'embâcles sont susceptibles d'être recrutés directement en amont du site par érosion latérale des berges. Par ailleurs, une partie de ces embâcles pourrait être interceptée par les berges boisées du Loing. Des troncs et branches piégés dans la ripisylve ont ainsi pu être observés sur les photographies du site. Toutefois, si des trouées dans la végétation existent, il convient par analyse courantologique d'évaluer les risques d'arrivée d'embâcles sur le site du projet.

4.3.3 ANALYSE COURANTOLOGIQUE

L'analyse courantologique croisée à l'occupation des sols doit permettre de définir les axes préférentiels d'écoulement et d'identifier le risque d'arrivée d'embâcles sur le site.

Les figures ci-après localisent les entrées d'eau principales dans la gravière pour la crue de mai 2016 ainsi que la continuité du pourtour boisé

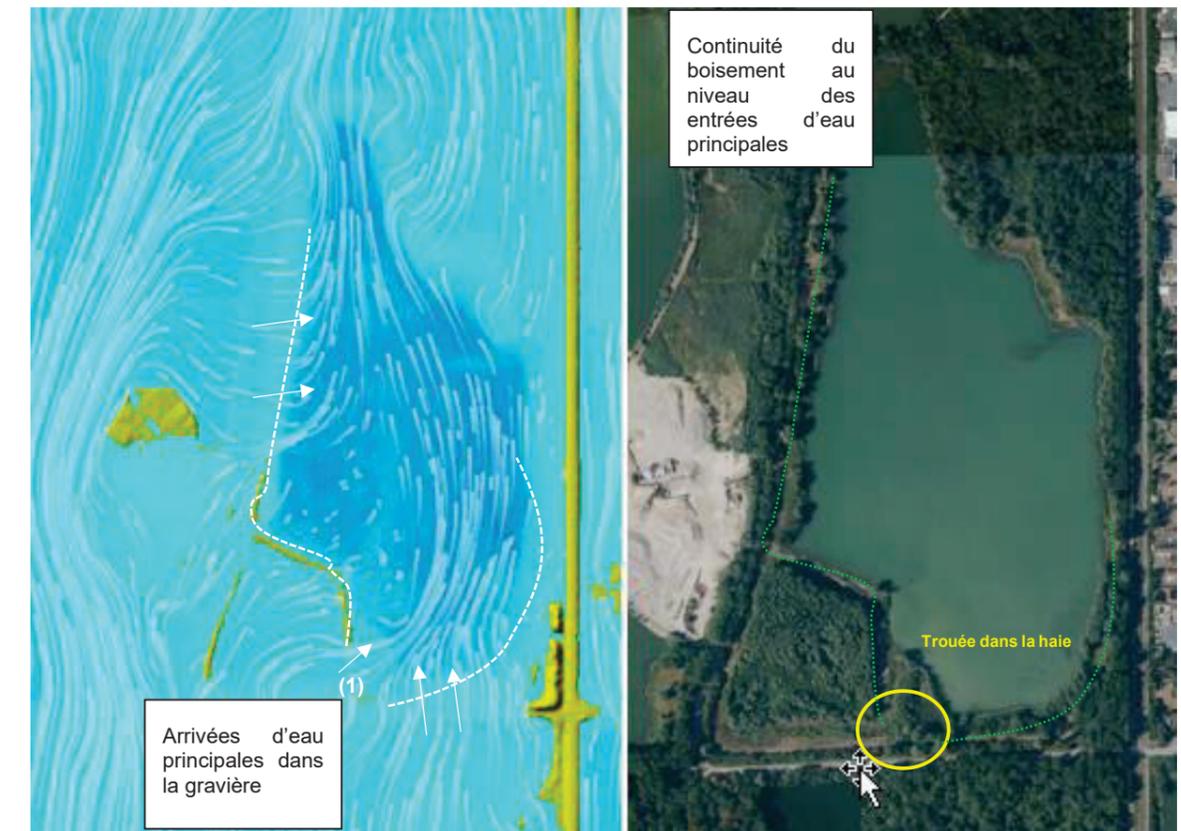


Figure 4-5 : Entrées d'eau principales dans la gravière par visualisation des lignes de courant (en blanc) et continuité du pourtour boisé du plan d'eau

On constate que les entrées d'eau sont principalement localisées sur le pourtour amont de la gravière. Celui-ci présente une bonne continuité sauf une trouée d'environ 35 m (1) dans la haie qui borde le sud de la retenue. Le risque d'arrivée d'embâcles dans la gravière est donc principalement localisé sur ce secteur.

Les figures ci-après présente le parcours qu'auraient à effectuer les embâcles pour arriver jusqu'à la trouée (1). On constate que le trajet à effectuer traverse un certain nombre d'espaces boisés en lit majeur droit, et surtout deux autres gravières. Ces différents espaces sont autant de potentiel d'interception pour les embâcles.

On notera également que le risque d'arrachement des haies et des arbres présents sur le trajet est très faible du fait de vitesses d'écoulement dans le lit majeur inférieures à 0,5 m/s et donc de contraintes tractrices faibles.

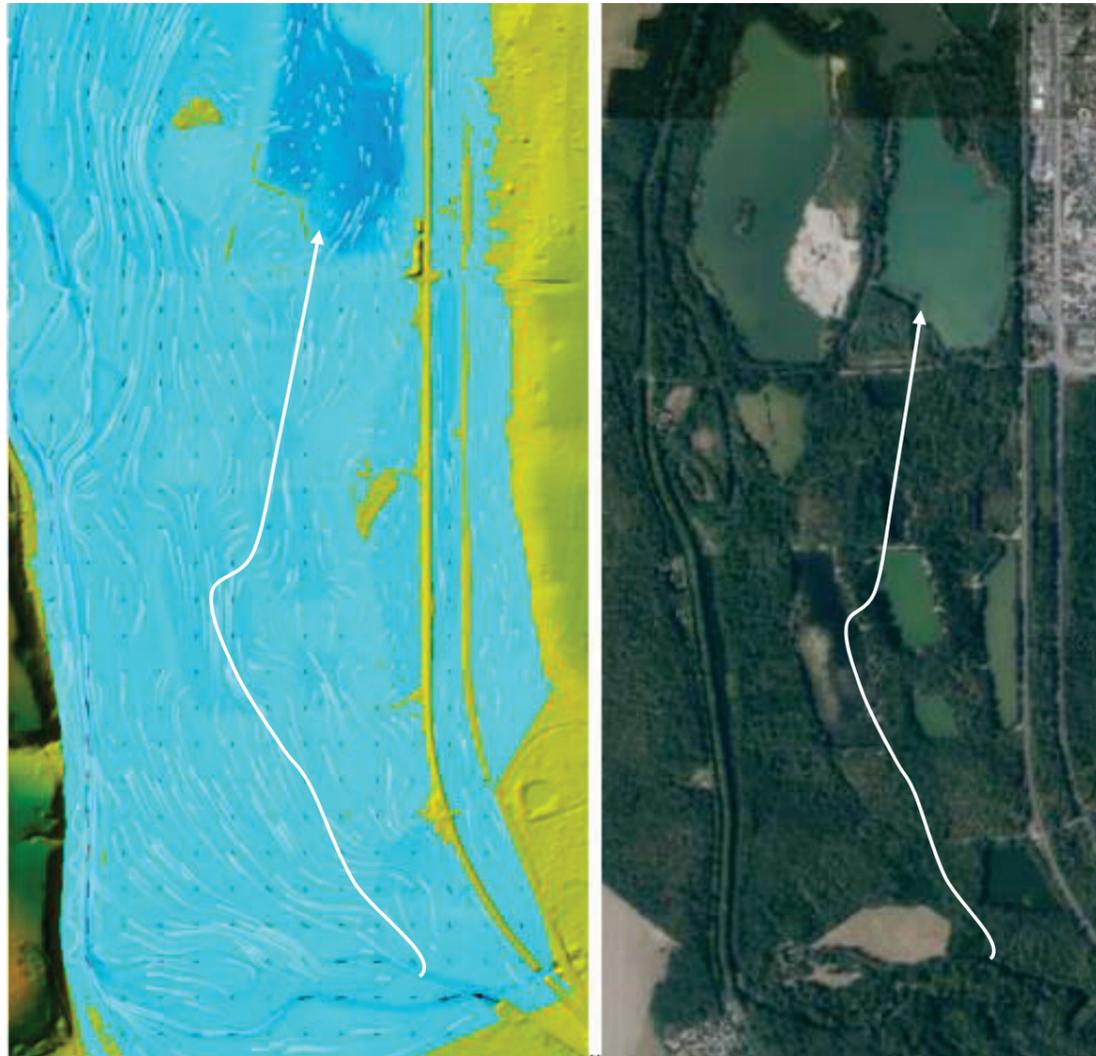


Figure 4-6 : trajectoire possible des embâcles avant arrivée sur la trouée au sud de la gravière

5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

En situation actuelle :

La surface libre maximale atteinte dans la gravière lors de la simulation de la crue de référence est d'environ 71,36 mNGF, ce qui correspond à un marnage d'environ 2,36 m pour la crue de référence. Les hauteurs d'eau maximales atteintes dans la gravière sont globalement comprises entre 5 et 6 m pour la crue de référence et autour de 3m hors période de crue.

Les vitesses d'écoulements maximales dans la gravière pour la crue de référence sont inférieures à 0,20 m/s.

En situation projetée :

Le projet consiste en l'implantation de plusieurs structures sous forme de bateau (système Zimfloat) de dimensions de 4 m x 6 m en plan, surmontés de panneaux photovoltaïques. BayWa r.e. envisage de créer une plateforme composée d'un assemblage de ces structures qui fera, à ce stade, environ 7 ha.

La modélisation a montré que l'impact des structures flottantes sur les hauteurs d'eau était inférieur à 1cm. L'impact sur l'emprise latérale de la zone inondable est négligeable.

La structure contribue à freiner légèrement les écoulements en amont avec une diminution maximale de l'ordre de 0,01 m/s.

Enfin, l'emprise de la crue de référence ne diffère pas entre l'état actuel et l'état projeté.

Embâcles et recommandations :

L'analyse a montré que la probabilité d'arrivée d'embâcles en cas de crue sur le site était plutôt faible. Il est toutefois préconisé de prolonger la haie en amont de la gravière pour limiter le risque d'entrée d'embâcles dans le plan d'eau en cas de crue, la haie jouant le rôle de peignes à embâcles. La Figure 5-1 illustre ces recommandations.

Cette haie devra rester relativement peu dense, pour ne pas impacter les écoulements en crue et provoquer un remous à l'amont.

En ce qui concerne les embâcles provenant du pourtour de la gravière, le risque principal pourrait venir d'un fort coup de vent en cas de tempête qui entrainerait éventuellement le déracinement et la chute dans le plan d'eau d'un arbre présent autour de la retenue. Il est ainsi recommandé de bien surveiller l'état de la végétation autour de la retenue et de nettoyer régulièrement les branchages tombés au sol qui pourraient aussi être remobilisés en cas de crue.



Figure 5-1 : Recommandations vis-à-vis du risque d'embâcles relatives à la haie située en amont de la gravière

ANNEXE 1 LOGICIEL HEC-RAS

HEC-RAS (Hydraulic Engineering Center's River Analysis System), distribué par le corps d'ingénieurs de l'armée américaine (USACE), permet de modéliser les écoulements dans les cours d'eau, réseaux maillés en régime permanent ou transitoire en résolvant les équations de Barré de Saint-Venant.

HEC-Ras 6.2 permet de combiner une description et un calcul 1D des écoulements dans le lit mineur du cours d'eau avec un calcul 2D des écoulements en lit majeur décrit par un MNT.

Dans sa partie 1D, HEC-RAS prend en compte les pertes de charge à l'aide de l'équation de la quantité de mouvement des ouvrages suivants :

- Seuils transversaux et seuils latéraux,
- Ponts à ouvertures multiples,
- Ouvrages vannés et ponceaux multiples.

Les seuils latéraux, placés sur les berges du lit mineur, permettent de réaliser le débordement en lit majeur et le passage 1D/2D.

Le maillage de la zone 2D est constitué de mailles comprenant jusqu'à 8 côtés, chaque côté étant un profil en long extrait du MNT.

Les sorties graphiques se présentent sous la forme de courbes ou tableaux de valeurs lorsqu'il s'agit des résultats 1D et sous forme vectorielle ou matricielle (rasters) dans les zones 2D.

ANNEXE 6 : ETUDE D'ANCRAGE

Preliminary mooring design and anchor-line forces for the floating PV system at Dordives – France with E-W orientation and 12° panel inclination

Client:
 BayWa r.e. AG
 Arabellastraße 4, 81925 Munich, Germany

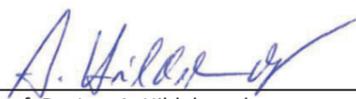
Client project number:

Document title: BLC-083-2702-prePRT-Rev0
February 2023

CONTENT

LIST OF FIGURES.....	4
LIST OF TABLES	4
1. PROJECT SITE.....	5
2. PRE-DESIGN LOADS	7
2.1 Breakwater	8
3. ANCHOR LAYOUT	9
3.1 Anchoring components	10
3.2 Expected rope length	11
4. SUMMARY	15
A. APPENDIX	16
A.1. Zimmermann PV Stahlbau GmbH & Co. KG	16
A.2. Gleistein Mega Twin Flex MAX 26 mm.....	17
A.3. Gleistein Mega Twin Flex MAX 32 mm.....	18
A.4. Green Pin Bow Shackle BN GPGHMB25.....	19
A.5. Green Pin DNV Master Link GMLDNV26	20

Brühl, 27th February 2023


 Prof. Dr.-Ing. A. Hildebrandt
 (Managing Director)


 Dipl.-Ing. A. Michl
 (Managing Director)

List of Figures

Figure 1: Location of Dordives in France (Origin: Google Earth)..... 5

Figure 2: Layout of the floating PV Plant on the lake in Dordives..... 6

Figure 3: Illustration of the breakwater 8

Figure 4: General view of the anchoring plan and the breakwater in the North (boats hidden) 9

Figure 5: Schematic illustration of the anchoring components with flex element 10

Figure 6: Schematic illustration of the required anchoring components 11

Figure 7: Definition of rope length..... 11

Figure 8: Water Level Fluctuations 12

Figure 9: Definition of rope angle 12

Figure 10: Displacement of the FPV-System 13

List of Tables

Table 1: Pre-design loads from wind and wave 7

Table 2: Expected Rope Lengths for Dordives..... 14

Table 3: Overview of mooring components needed..... 15

1. Project Site

The photovoltaics (PV) plant is located in Dordives, France (Figure 1) and consists of 1392 boats and an inverter row in the North and South extension as well as in the middle of the plant (Figure 2). The GPS coordinates of the project location are 48° 8'4.59"N and 2°45'37.12"E. The expected power output is 13.72 MWp. Figure 2 shows the location of the PV plant on the lake in Dordives.



Figure 1: Location of Dordives in France (Origin: Google Earth).

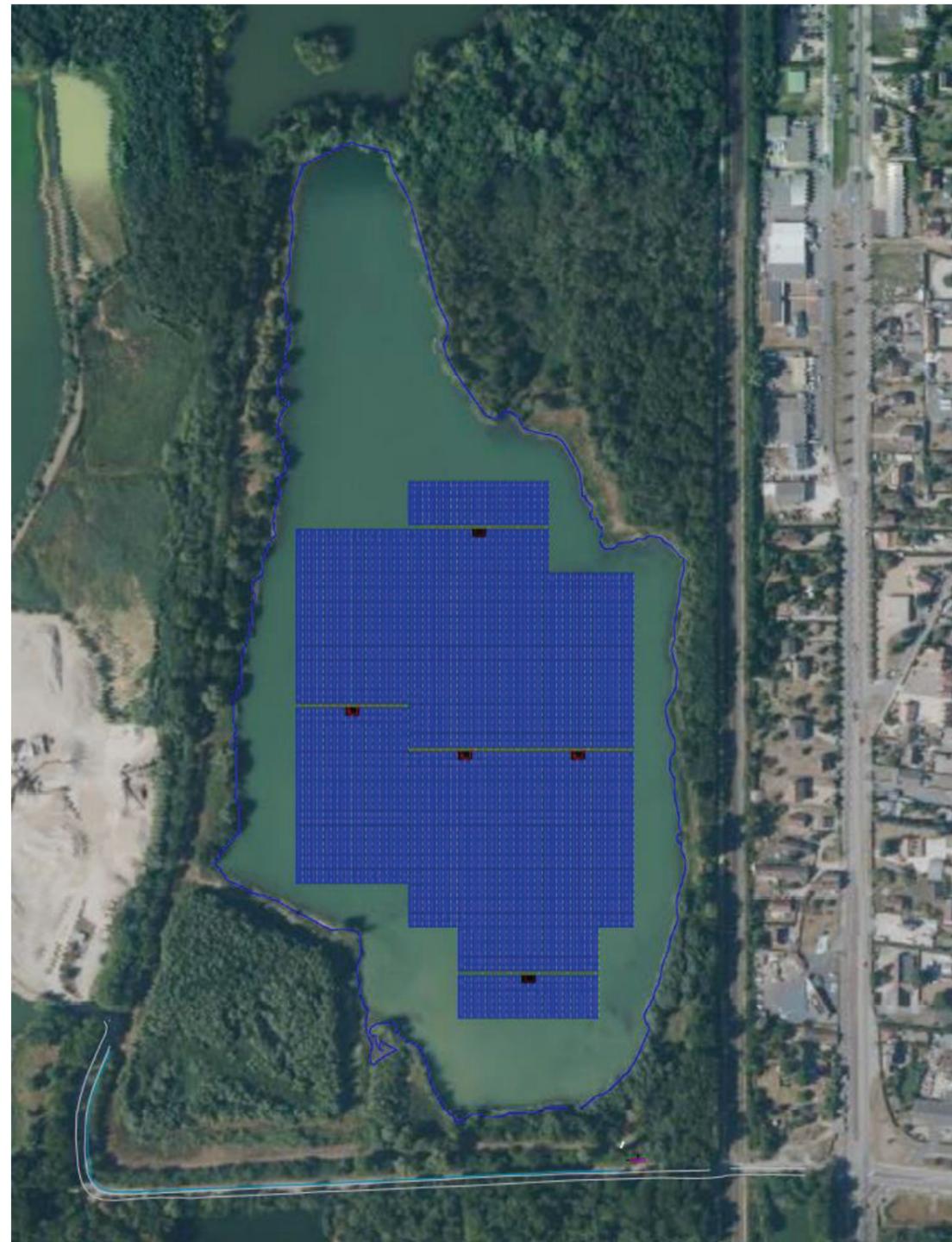


Figure 2: Layout of the floating PV Plant on the lake in Dordives.

2. Pre-design loads

The following table shows the pre-design loads for the two main wind directions. The pre-design wind load per row of boats is obtained by multiplying the characteristic wind force per row of boats by γ_Q (1.50) and K_{FI} (1.00). This value multiplied by the number of boat rows gives the pre-design wind load for the entire field. The wind load per row of boats varies by wind zone. The pre-design wave load is calculated in a similar manner. The characteristic wave load per row of boats is added and multiplied by the factors γ_Q (1.50) and K_{FI} (1.00).

$F_d = F_k \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI}$								
Rows	Row composition	$W_{i,row,k}$ [kN] (characteristic value of the wind force for one row)	$W_{i,row,d}$ [kN] (design value of the wind force for one row)	Number of rows [pcs.]	$W_{i,tot,k}$ [kN] (characteristic value of the total wind force)	$W_{i,tot,d}$ [kN] (design value of the total wind force)	$W_{s,d}$ [kN] (design value of the total wave force)	H_d [kN] (design value of the total force)
1 - 3, 31 - 36	20 Solar Boats	10.84	16.25	9	718.44	1077.67	25.65	1103.32
4 - 6	36 Solar Boats	18.19	27.28	3				
7 - 27	48 Solar Boats	23.70	35.54	21				
28 - 30	32 Solar Boats	16.35	24.52	3				
IV + T 1, 3	20 Inverter Boats + 1 Transformer Boat	4.20	6.30	2				
IV + T 2	48 Inverter Boats + 3 Transformer Boats	11.29	16.94	1				
Wind in the Y (N-S) direction								
$F_d = F_k \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI}$								
Rows	Row composition	$W_{i,row,k}$ [kN] (characteristic value of the wind force for one row)	$W_{i,row,d}$ [kN] (design value of the wind force for one row)	Number of rows [pcs.]	$W_{i,tot,k}$ [kN] (characteristic value of the total wind force)	$W_{i,tot,d}$ [kN] (design value of the total wind force)	$W_{s,d}$ [kN] (design value of the total wave force)	H_d [kN] (design value of the total force)
1 - 16, 44 - 48	24 Solar Boats + 1 Inverter Boat	6.60	9.90	21	420.83	631.24	52.80	684.04
17 - 23, 37 - 43	30 Solar Boats + 2 Inverter Boats	8.71	13.07	14				
24 - 36	36 Solar Boats + 3 Inverter Boats	10.82	16.23	13				
-	5 Transformer Boats	19.62	29.43	1				

Table 1: Pre-design loads from wind and wave

2.1 Breakwater

A breakwater along the southern side is strongly recommended due to the risk of floating debris from the South in case of flooding. The influence of the breakwater has already been considered in the pre-design anchor forces.

The characteristics of the potential breakwater are shown in Figure 3. The breakwater consists of interconnected long and short steel components and includes floaters. The floaters are partially filled with water so that the breakwater is at the same level as the solar boats. This increases the inertia and effective functionality of the breakwater.

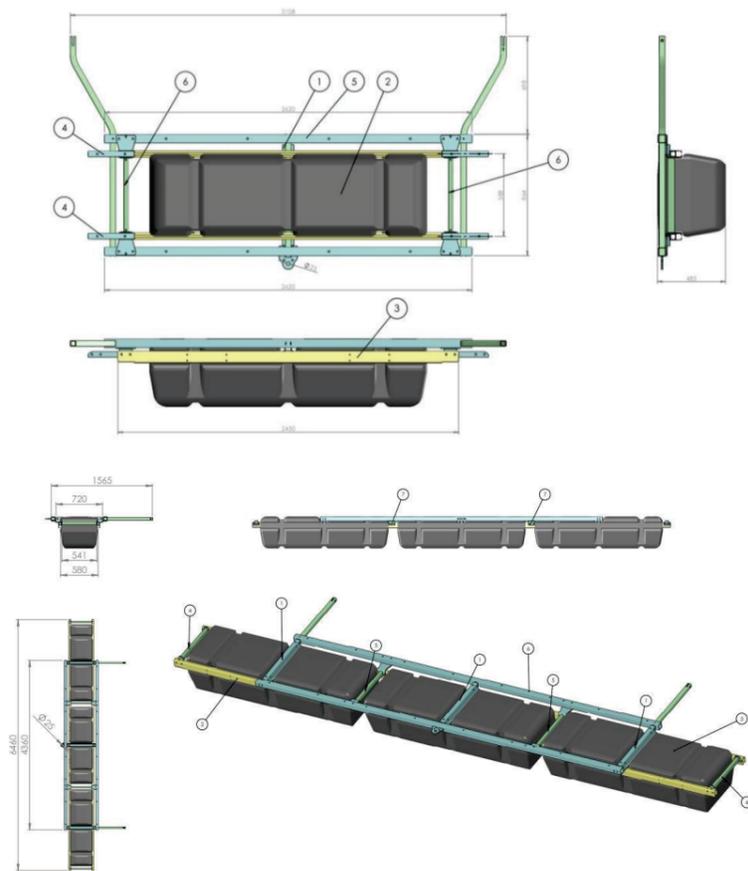


Figure 3: Illustration of the breakwater

3. Anchor layout

The floating PV system is anchored underwater. The system is attached to the anchors with the help of anchor boats and mooring lines that run under the system with individual horizontal and vertical angles stretched to the bottom.

A uniform distribution of total horizontal and vertical loads is sought for the anchors. The actual anchor loads are activated based on the final anchor cable length and orientation, water level fluctuation, and the final installed anchor head position. A dynamic simulation after installation of the anchors verifies the uniform load distribution when the specified rope lengths are installed.

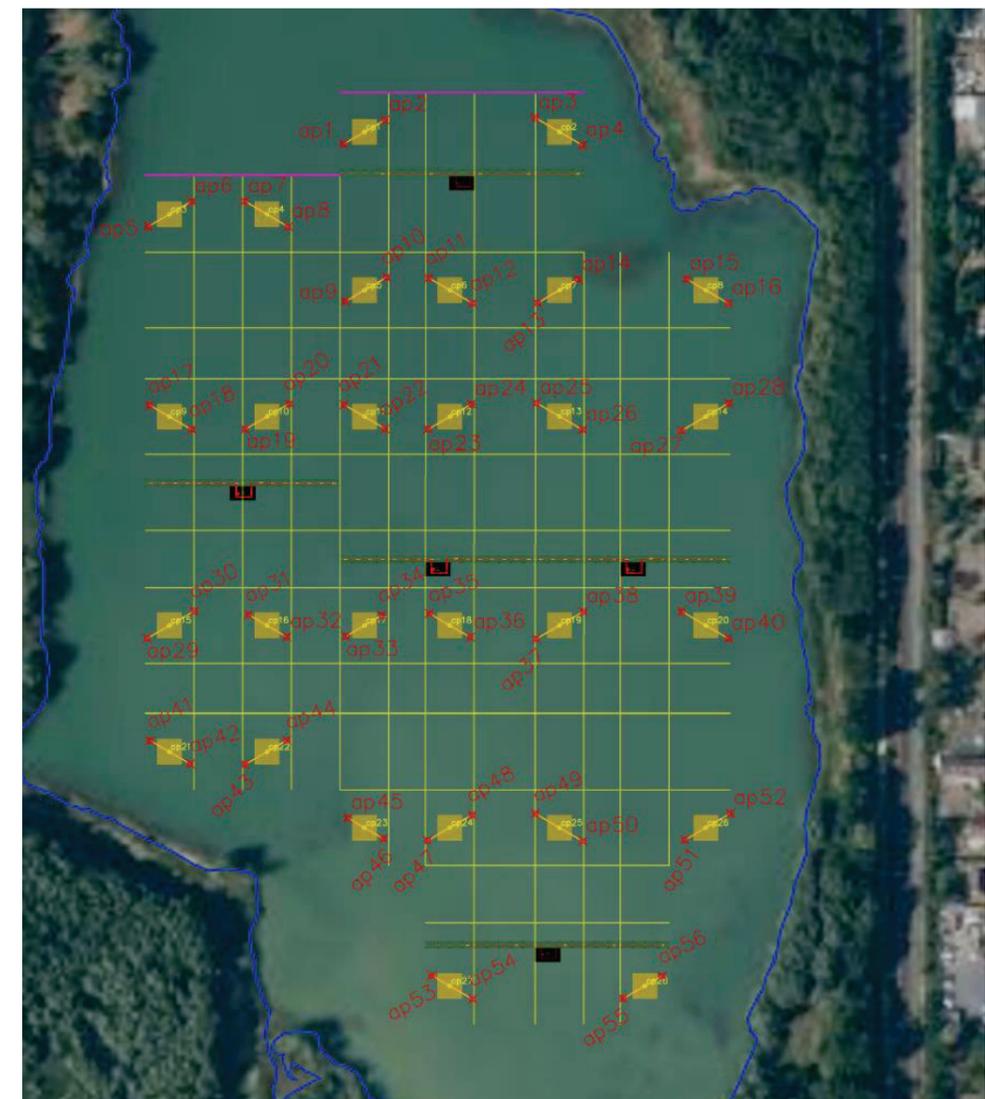


Figure 4: General view of the anchoring plan and the breakwater in the North (boats hidden)

3.1 Anchoring components

The mooring components for underwater mooring include the mooring lines, which are spliced at both ends and fitted with a shackle. The shackle is connected to the connection plate on the anchor boat or anchor point (AP). For a more even load distribution, a flex element is installed between the upper shackle and the anchor boat for anchor lines with high elasticity requirements. It consists of an expansion body and two tension plates. The flex element expands when loaded and contracts again when unloaded. In this way, it prevents strong movements of the system under medium loads. A bypass rope is installed between the tension plates of the flex element so that it is loaded when the maximum stretch of the flex element is reached.

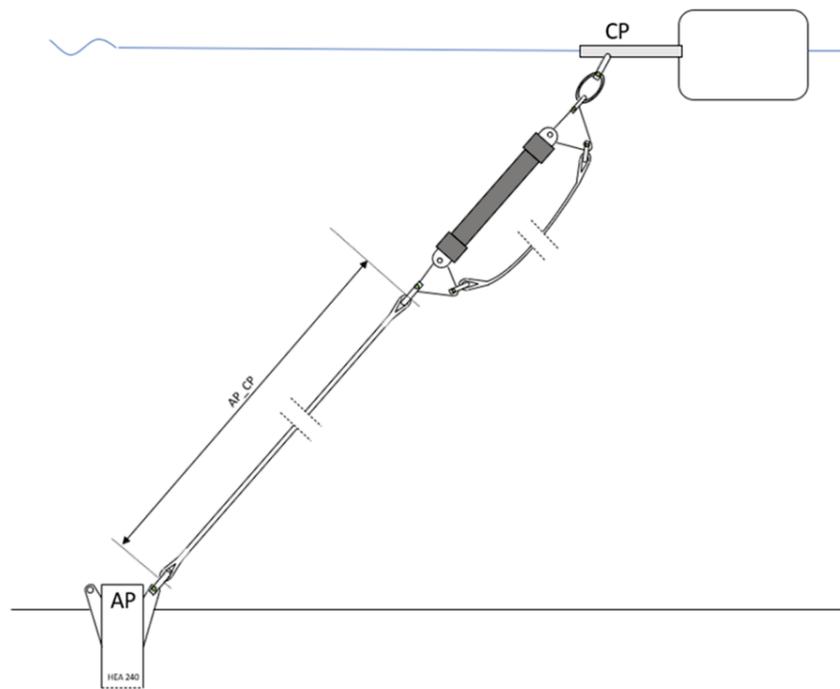


Figure 5: Schematic illustration of the anchoring components with flex element

As mooring lines coated ropes such as MegaTwin Flex Max with a diameter of 26 mm or 32 mm are recommended (see A.2 and A.3). This is resistant to sand particles and has high UV resistance. The loop splice is provided with a thimble so that the connection between the spliced rope and the shackle is protected against abrasion. Figure 5 and Figure 6 show the required anchoring components. The data sheets of the recommended shackles and rings are listed in the appendix (see A.4 and A.5).

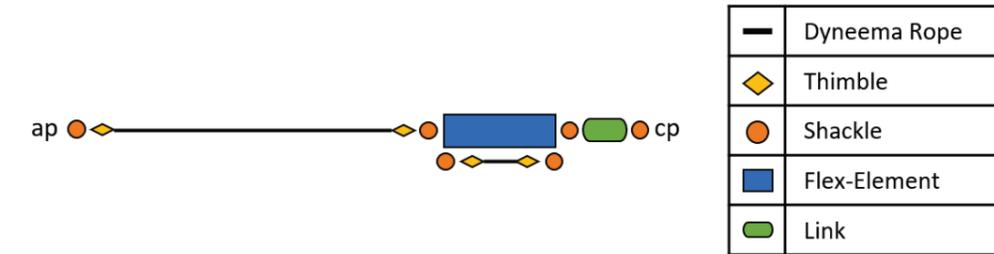


Figure 6: Schematic illustration of the required anchoring components

At the beginning of the installation of the system, the anchor cables are already connected to the anchor point on one side. So that the other side of the rope floats on the water surface, a buoy with at least 40 L buoyancy is temporarily attached here. In this way, the flex element can first be connected to the rope and then the latter to the system. After installation, the buoy is removed again.

3.2 Expected rope length

Table 2 shows the expected rope lengths which are defined by the distance between the outer edges of the spliced ends (see Figure 7).

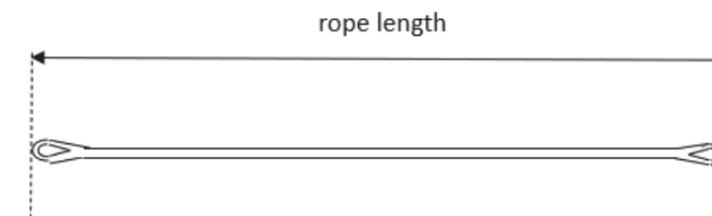


Figure 7: Definition of rope length

All ropes are defined for the highest occurring water level which is 2.95 m above the design water level of 69.05 m. Overall, water level fluctuations of ± 2.95 and -1.05 m were considered (see Figure 8).

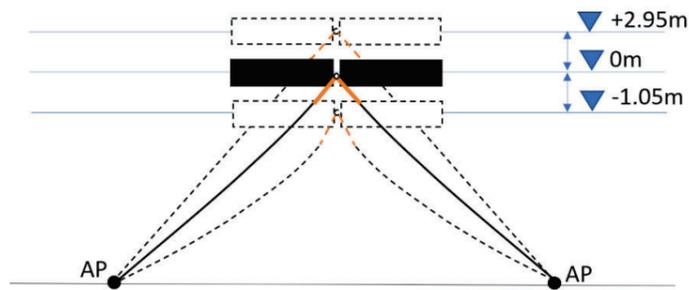


Figure 8: Water Level Fluctuations

The vertically anchors must be installed so that the connection point on the side of the anchor and the mounted shackle point in the direction of the rope (see Figure 5). The exact angle is given in Table 2. The associated angle convention is shown in Figure 9.

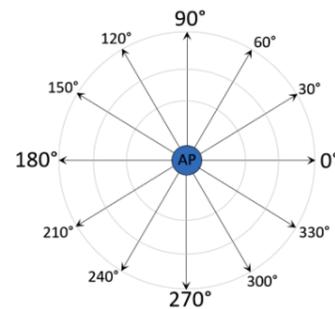


Figure 9: Definition of rope angle

The displacement of the system is greatest when the water level is low. The maximum deflection here is 5.5 m in North, South and West direction and 4.5 m in East direction. The following figure shows the expected radius of movement.

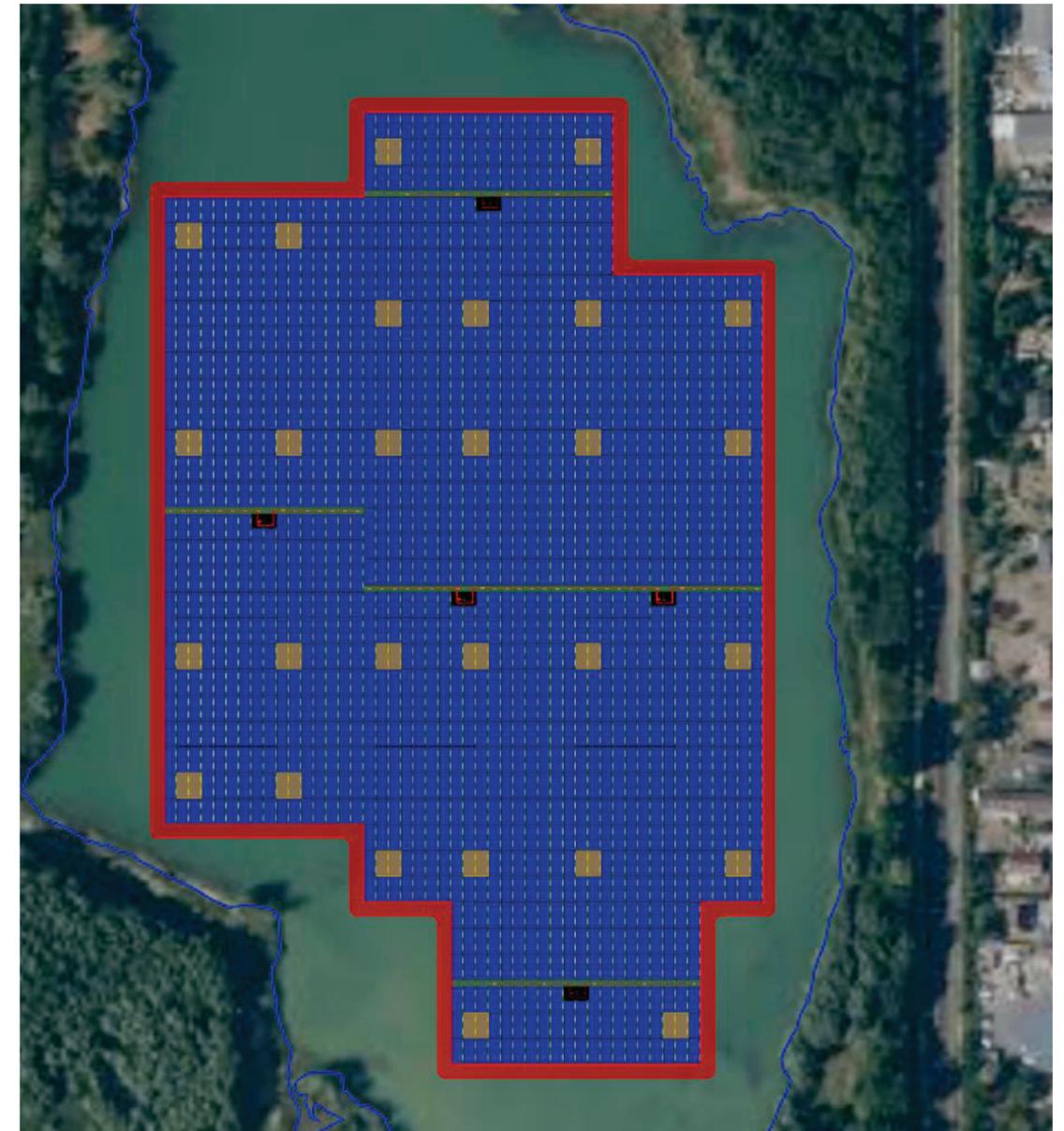


Figure 10: Displacement of the FPV-System

Anchoring Dordives											
All heights are referred to a water level of the specified reference height of: 68.06 m											
Rope no.	Label Rope	Anchoring Point [AB]	AP - X	AP - Y	AP - Z	Connection points [CP]	CP - X	CP - Y	CP - Z	Horizontal Angle	Total Rope Length [m]
1	ap1_cp1	ap1	682117.2	6781840.1	-2.7	cp1	682126.1	6781845.2	0.2	60.0	10.3
2	ap2_cp1	ap2	682118.9	6781850.3	-2.7	cp1	682126.1	6781845.2	0.2	240.0	10.3
3	ap3_cp2	ap3	682197.7	6781851.1	-3.7	cp2	682207.9	6781845.2	0.2	120.0	12.2
4	ap4_cp2	ap4	682217.6	6781859.6	-3.3	cp2	682207.9	6781845.2	0.2	300.0	11.4
5	ap5_cp3	ap5	682035.5	6781805.6	-2.8	cp3	682044.4	6781810.7	0.2	60.0	10.9
6	ap6_cp3	ap6	682053.6	6781816.1	-3.1	cp3	682044.4	6781810.7	0.2	240.0	11.0
7	ap7_cp4	ap7	682075.9	6781805.6	-2.9	cp4	682085.3	6781790.0	0.2	300.0	10.5
8	ap8_cp4	ap8	682094.2	6781818.1	-2.1	cp4	682126.1	6781790.0	0.2	60.0	10.9
9	ap9_cp5	ap9	682118.1	6781774.4	-3.1	cp5	682161.9	6781790.0	0.2	240.0	10.5
10	ap10_cp5	ap10	682135.4	6781794.4	-3.1	cp5	682161.9	6781790.0	0.2	300.0	10.9
11	ap11_cp6	ap11	682153.0	6781773.6	-3.2	cp6	682207.9	6781790.0	0.2	60.0	10.8
12	ap12_cp6	ap12	682171.3	6781773.6	-3.0	cp6	682207.9	6781790.0	0.2	240.0	11.1
13	ap13_cp7	ap13	682198.7	6781773.6	-3.0	cp7	682207.9	6781790.0	0.2	60.0	10.8
14	ap14_cp7	ap14	682215.7	6781783.5	-2.2	cp7	682207.9	6781790.0	0.2	240.0	9.5
15	ap15_cp8	ap15	682261.1	6781783.5	-2.3	cp8	682269.2	6781790.0	0.2	120.0	11.2
16	ap16_cp8	ap16	682278.7	6781783.5	-3.3	cp8	682269.2	6781790.0	0.2	300.0	9.6
17	ap17_cp9	ap17	682036.1	6781730.9	-2.4	cp9	682044.4	6781726.1	0.2	120.0	10.9
18	ap18_cp9	ap18	682053.7	6781720.8	-3.1	cp9	682044.4	6781726.1	0.2	60.0	10.7
19	ap19_cp10	ap19	682076.1	6781720.8	-3.0	cp10	682085.3	6781726.1	0.2	240.0	11.0
20	ap20_cp10	ap20	682094.6	6781731.5	-3.3	cp10	682085.3	6781726.1	0.2	300.0	10.2
21	ap21_cp11	ap21	682117.6	6781731.5	-2.6	cp11	682126.1	6781726.1	0.2	60.0	10.7
22	ap22_cp11	ap22	682134.9	6781720.9	-3.0	cp11	682126.1	6781726.1	0.2	240.0	10.7
23	ap23_cp12	ap23	682152.8	6781720.9	-3.0	cp12	682161.9	6781726.1	0.2	120.0	11.4
24	ap24_cp12	ap24	682171.0	6781731.4	-2.9	cp12	682161.9	6781726.1	0.2	300.0	11.4
25	ap25_cp13	ap25	682198.3	6781720.2	-3.3	cp13	682207.9	6781726.1	0.2	60.0	12.2
26	ap26_cp13	ap26	682217.5	6781720.2	-3.4	cp13	682207.9	6781726.1	0.2	240.0	11.4
27	ap27_cp14	ap27	682259.0	6781720.2	-3.7	cp14	682269.2	6781726.1	0.2	60.0	10.9
28	ap28_cp14	ap28	682278.8	6781733.4	-3.3	cp14	682269.2	6781726.1	0.2	240.0	11.4
29	ap29_cp15	ap29	682035.0	6781644.8	-3.8	cp15	682044.4	6781638.8	0.2	60.0	12.3
30	ap30_cp15	ap30	682054.7	6781644.8	-3.8	cp15	682044.4	6781638.8	0.2	240.0	9.0
31	ap31_cp16	ap31	682077.5	6781643.3	-2.1	cp16	682085.3	6781638.8	0.2	60.0	9.6
32	ap32_cp16	ap32	682093.5	6781634.0	-2.4	cp16	682085.3	6781638.8	0.2	300.0	9.0
33	ap33_cp17	ap33	682118.3	6781634.0	-2.0	cp17	682126.1	6781638.8	0.2	240.0	8.7
34	ap34_cp17	ap34	682133.5	6781643.0	-1.9	cp17	682126.1	6781638.8	0.2	60.0	10.1
35	ap35_cp18	ap35	682153.3	6781643.8	-2.7	cp18	682161.9	6781638.8	0.2	120.0	10.0
36	ap36_cp18	ap36	682170.5	6781633.8	-2.6	cp18	682161.9	6781638.8	0.2	300.0	11.6
37	ap37_cp19	ap37	682198.1	6781633.1	-3.5	cp19	682207.9	6781638.8	0.2	60.0	11.8
38	ap38_cp19	ap38	682217.8	6781644.5	-3.6	cp19	682207.9	6781638.8	0.2	240.0	12.0
39	ap39_cp20	ap39	682259.1	6781633.3	-3.7	cp20	682269.2	6781638.8	0.2	120.0	11.2
40	ap40_cp20	ap40	682278.7	6781633.3	-3.2	cp20	682269.2	6781638.8	0.2	300.0	9.3
41	ap41_cp21	ap41	682036.3	6781590.6	-2.3	cp21	682044.4	6781585.9	0.2	120.0	10.2
42	ap42_cp21	ap42	682053.1	6781590.6	-2.7	cp21	682044.4	6781585.9	0.2	300.0	10.7
43	ap43_cp22	ap43	682076.2	6781590.6	-3.0	cp22	682085.3	6781585.9	0.2	60.0	9.8
44	ap44_cp22	ap44	682093.6	6781590.7	-2.4	cp22	682085.3	6781585.9	0.2	240.0	8.1
45	ap45_cp23	ap45	682119.1	6781558.3	-1.7	cp23	682126.1	6781554.2	0.2	120.0	9.2
46	ap46_cp23	ap46	682134.1	6781549.6	-2.1	cp23	682126.1	6781554.2	0.2	300.0	10.8
47	ap47_cp24	ap47	682152.7	6781548.9	-3.0	cp24	682161.9	6781554.2	0.2	60.0	10.8
48	ap48_cp24	ap48	682171.2	6781559.5	-3.1	cp24	682161.9	6781554.2	0.2	240.0	11.0
49	ap49_cp25	ap49	682197.8	6781560.0	-3.6	cp25	682207.9	6781554.2	0.2	120.0	12.0
50	ap50_cp25	ap50	682217.6	6781548.6	-3.4	cp25	682207.9	6781554.2	0.2	299.9	11.5
51	ap51_cp26	ap51	682260.4	6781549.1	-2.8	cp26	682269.2	6781554.2	0.2	60.0	10.3
52	ap52_cp26	ap52	682279.5	6781560.1	-3.7	cp26	682269.2	6781554.2	0.2	240.0	12.3
53	ap53_cp27	ap53	682154.4	6781492.3	-2.0	cp27	682161.9	6781488.0	0.2	120.0	8.6
54	ap54_cp27	ap54	682171.3	6781492.3	-2.9	cp27	682161.9	6781488.0	0.2	300.0	11.1
55	ap55_cp28	ap55	682234.6	6781482.7	-2.9	cp28	682243.7	6781488.0	0.2	60.0	10.6
56	ap56_cp28	ap56	682250.9	6781492.1	-1.8	cp28	682243.7	6781488.0	0.2	240.0	8.5

Table 2: Expected Rope Lengths for Dordives

After installation of the anchors, it is mandatory to determine the actual anchor position including the height of the anchor point. The height of the anchor point can be specified in relation to nN or in relation to the water depth, but here the height of the water surface must also be measured so that it can be determined whether the current condition corresponds to high or low water. The coordinates must also be given in the previously used coordinate system. Subsequently, the rope lengths are checked again by means of dynamic simulation.

4. Summary

The anchoring for Dordives is done by underwater anchoring. A break water should be considered along the Southside of the plant.

The latest information provided by the client (E-Mail from 22nd Feb. 2023) about the water level and flow velocities are considered for the preliminary design, which is a lower water level change of 2.36 m instead of 2.95 m and reduced flow velocities of 0.2 m/s instead of 0.3 m/s. Both reductions increase the safety of the mooring system and reduced the probability of the floating system to be ripped off.

56 anchors are required for the mooring. The rope length is approximately 1000 m including additional lengths for splicing, excluding buffer lengths for final calculations using as-built coordinates. A total of 56 flex elements, 336 shackles GPGHMB25 and 56 rings type MLDNV26 are needed. All required components are shown in the following table.

Anchor	56
Flex-Elements	56
Thimbles	224
Dyneema	998.7
Shackles	336
Rings	56

Table 3: Overview of mooring components

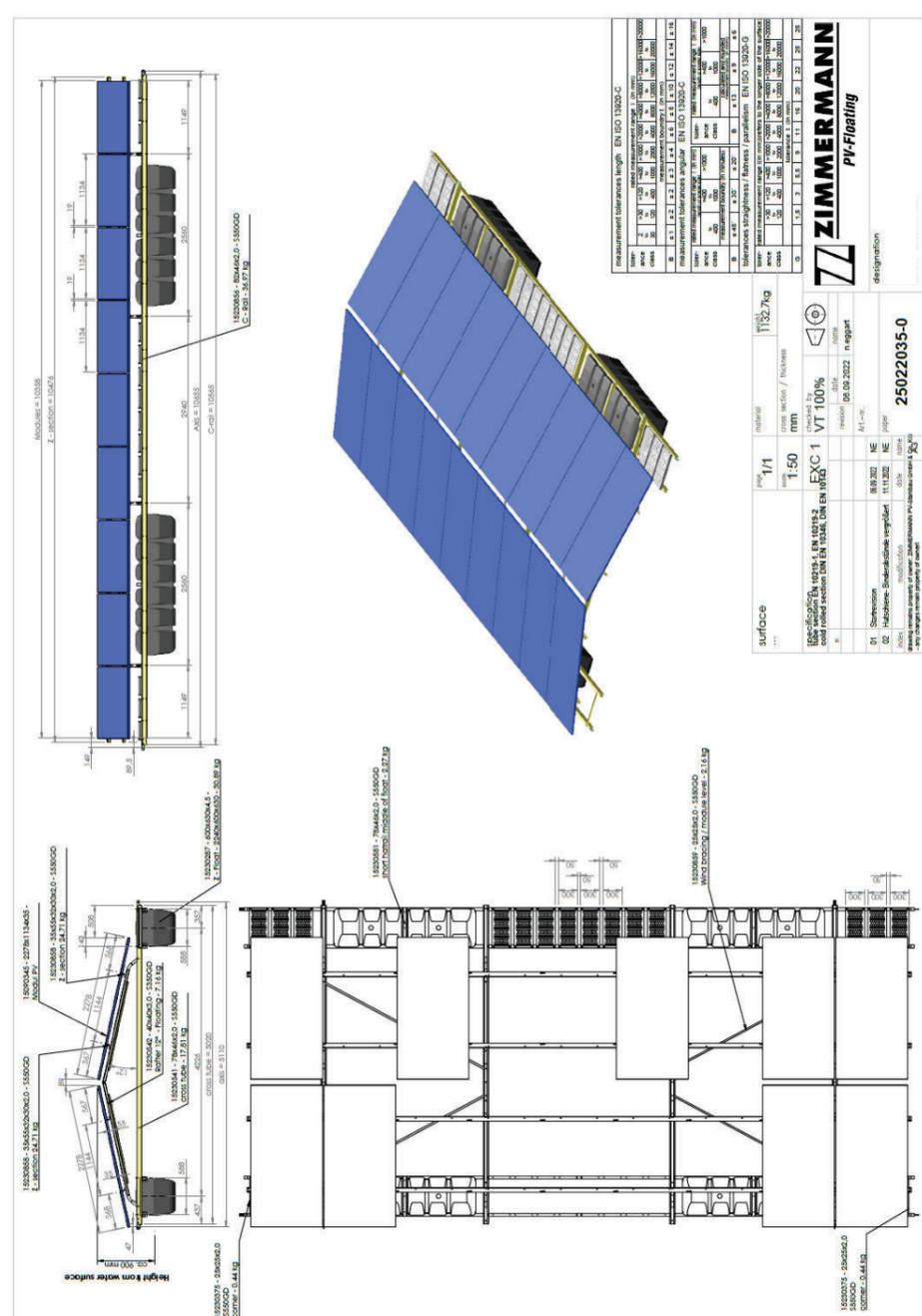
The number of anchors may increase if soil conditions do not match the properties of consolidated sand or have a lower bearing capacity for other reasons.

This report was prepared based on the following documents:

- BWre22-DOR-PD.dwg (15.02.2023)
- Eng 51307-Bayware-Dordive-etude-hydrau-V2.pdf (14.06.2022)

A. Appendix

A.1. Zimmermann PV Stahlbau GmbH & Co. KG



A.2. Gleistein Mega Twin Flex MAX 26 mm

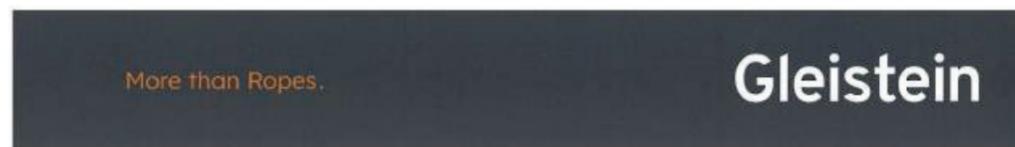


Technical data sheet

Article no.GGS	689260199
Rope type	MegaTwin Flex MAX 26 mm Ø Anthracite/black mottled
Raw material	Core: Dyneema® DM20 Cover: Gleistein Plus yarns
Rope standard	Manufactured according to factory standard
Break load spliced [kN]	243,0
Weight	27,8
Floating	Yes
Water resistance of DM20	DM20 as manufactured and delivered by DSM Dyneema® has an excellent resistance to water. It does not swell, hydrolyze or otherwise degrade in water, seawater or moisture.
Chemical resistance of DM 20	It is highly crystalline and does not contain any chemical groups as aromatic rings, amide, hydroxyl or other that are susceptible to attack by aggressive agents. The result is that DM20 fibers are very resistant against chemicals.
UV resistance of DM20	All polymers show a degradation of properties due to UV-radiation. The rate is dependent upon the environment (e.g. sunlight intensity, temperature and humidity) and on the type of polymer. After UV-exposure, UHMWPE fibers show a slight increase in

Gleistein & GmbH • Heiderlehenstraße 7 • D-28777 Bremen / Germany
 Verkauf/Sales: +49 (0)421 69049-35 • Fax: +49 (0)421 69049-99 • E-Mail: hello@gleistein.com • www.gleistein.com
 Geschäftsführer / Man. Directors: Klaus Walther | Dipl.-Oec. Thomas Schlätzer
 Handelsregister / Register Bremen: HRB-Nr. 3168 • UST-ID-Nr. / VAT-No.: DE14411786
 ISO 9001:2015 • Revision 02

A.3. Gleistein Mega Twin Flex MAX 32 mm

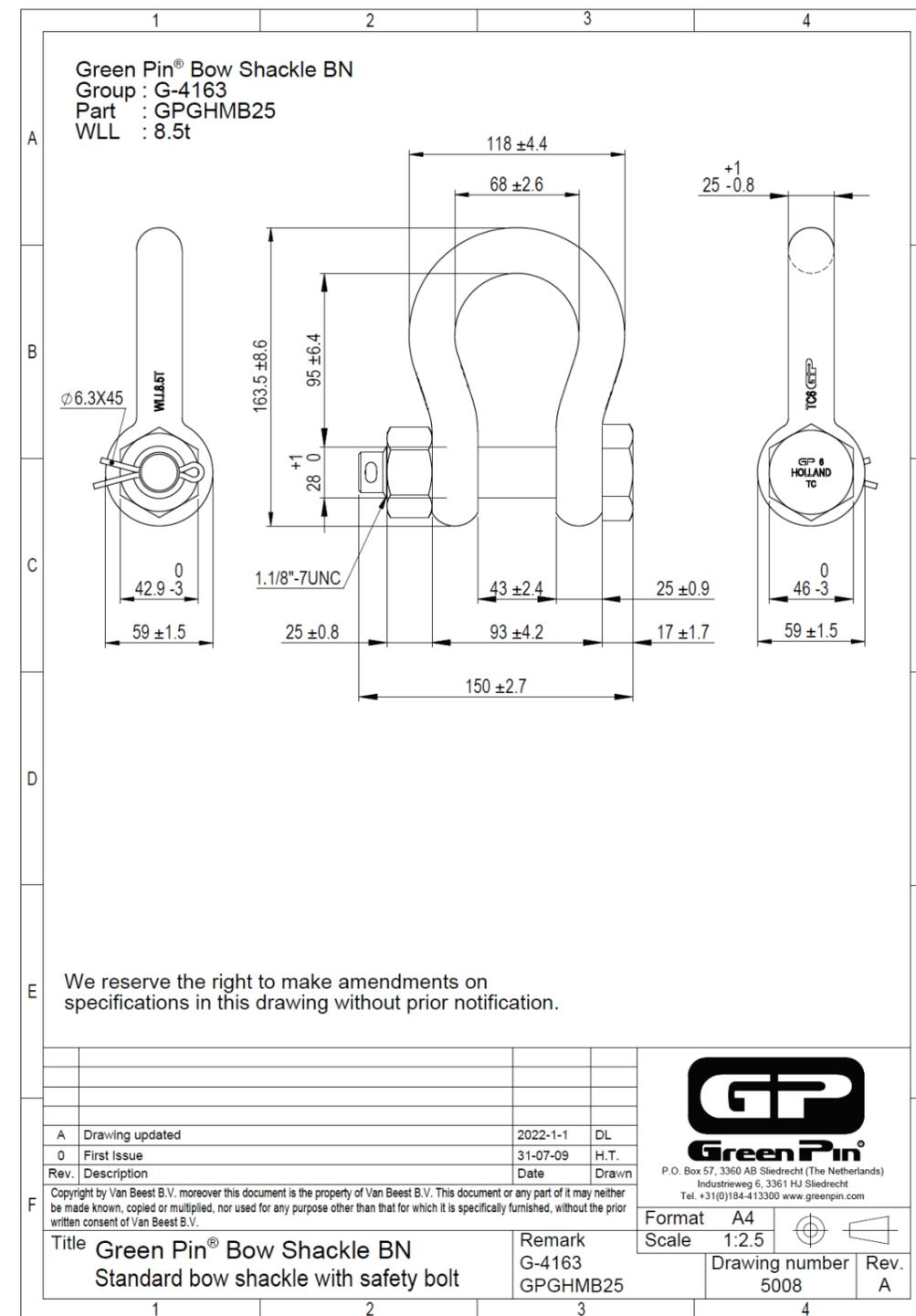


Technical data sheet

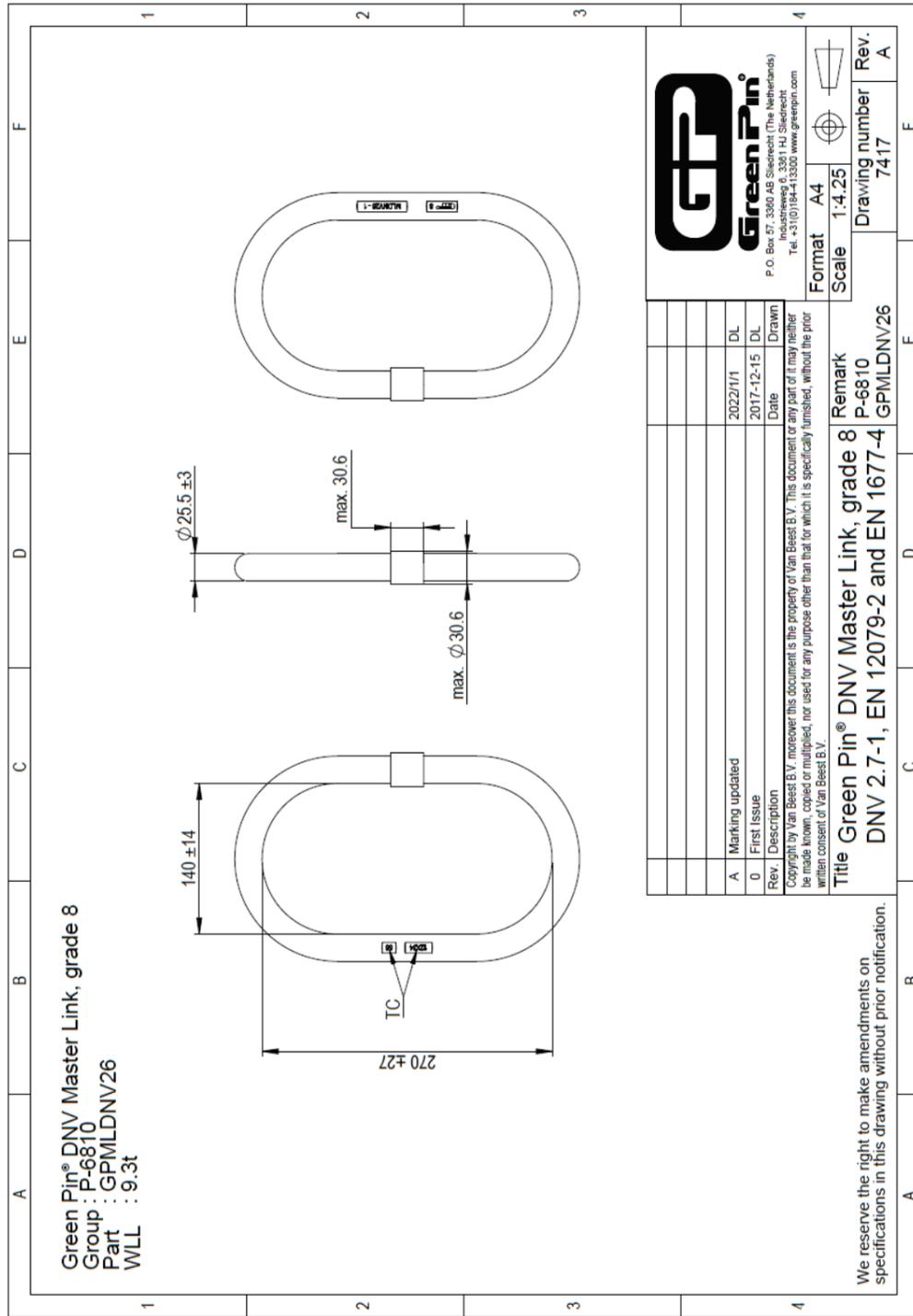
Article no.GGS	689320199
Rope type	MegaTwin Flex MAX 32 mm Ø Anthracite/black mottled
Raw material	Core: Dyneema® DM20 Cover: Gleistein Plus yarns
Rope standard	Manufactured according to factory standard
Break load linear [kN]	463,62
Break load spliced [kN]	417,26
Weight	41,27
Floating	Yes
Water resistance of DM20	DM20 as manufactured and delivered by DSM Dyneema® has an excellent resistance to water. It does not swell, hydrolyze or otherwise degrade in water, seawater or moisture.
Chemical resistance of DM 20	It is highly crystalline and does not contain any chemical groups as aromatic rings, amide, hydroxyl or other that are susceptible to attack by aggressive agents. The result ist hat DM20 fibers are very resistant against chemicals.
UV resistance of DM20	All polymers show a degradation of properties due to UV-radiation. The rate is dependent upon the environment (e.g. sunlight intensity, temperature and humidity) and on the type of polymer. After UV-exposure, UHMWPE fibers show a slight increase in

Gleistein & GmbH · Heiderichstraße 7 · D-28777 Bremen / Germany
 Verkauf/Sales: +49 (0)421 69049-35 · Fax: +49 (0)421 69049-99 · E-Mail: hello@gleistein.com · www.gleistein.com
 Geschäftsführer / Man. Directors: Klaus Walther | Dipl.-Oec. Thomas Schätzer
 Handelsregister / Register Bremen: HRB-Nr. 516B · UST ID-Nr. / VAT-No.: DE11441786
 ISO 9001:2015 - Revision 02

A.4. Green Pin Bow Shackle BN GPGHMB25



A.5. Green Pin DNV Master Link GMLDNV26



ANNEXE 7 : DELIBERATION DU CONSEIL MUNICIPAL DE DORDIVES EN FAVEUR DU PROJET DE PARC PHOTOVOLTAÏQUE FLOTTANT



VILLE de DORDIVES

Département du Loiret – Arrondissement de Montargis – Canton de Courtenay

Convocation des membres du Conseil	25/03/2022
En exercice	23
Présents	16
Pouvoirs	5
Votants	21

EXTRAIT DU REGISTRE DES DÉLIBÉRATIONS DU CONSEIL MUNICIPAL EN DATE DU 31 MARS 2022

Délibération n°1 :
Affaire diverse : projet de création de parc photovoltaïque privé

L'an deux mil vingt-deux, le trente et un mars, à 20 h 00, le Conseil municipal de cette Commune, régulièrement convoqué, s'est réuni au nombre prescrit par la Loi, dans le lieu habituel de ses séances, sous la présidence de M. Jean BERTHAUD - Maire.

Étaient présents : M. Jean BERTHAUD, M Guy DUSOULIER, Mme Sophie VRAI, Mme Angélique LEROY, M Jean-François ACERRA, Mme Stéphanie GAILLARD, Mme Christiane ROBIN, M Daniel FRISH, Mme Nicaise DONGAR, M Fabrice REVAULT, Mme Elisabeth CHAMAILLE, Mme Delphine PELET, M Antonio GUERRERO, Mme Sylvie DE KILKHEN, M Fabrice THIEBAUD, Mme Magali SAUTREUIL.

Étaient absents : Mme Julie DESSON, M Stéphane HARDY

Étaient représentés :

M Patrick SABATIER mandataire Mme Sophie VRAI
M Luc PISSIS mandataire Mme Elisabeth CHAMAILLE
M Ivan GARCET mandataire Mme Stéphanie GAILLARD
M Yaye GARBA mandataire M Guy DUSOULIER
M Valentin ROUMAGNAC mandataire M Fabrice REVAULT

Mme Magali SAUTREUIL a été désignée en qualité de secrétaire de séance.

OUI l'exposé de M ACERRA ;

VU la loi de transition énergétique du 17 août 2015 ;

VU l'article L. 2121-12 du CGCT ;

CONSIDERANT qu'un tel projet doit solliciter l'avis du Conseil municipal ;

CONSIDERANT la note explicative de synthèse du projet photovoltaïque flottant de Dordives porté par BAYWA R.E. ;

CONSIDERANT le projet de convention des chemins et voies communales concernant la réalisation et l'exploitation d'une centrale photovoltaïque flottante ;

La société BayWa r.e. France a pour projet de développer, de construire et d'exploiter un parc photovoltaïque sur des terrains situés sur la commune de Dordives ;

La société BayWa r.e. France conçoit, développe, construit et exploite des projets éoliens et solaires dits « clefs en main » depuis 2008 ;

1



VILLE de DORDIVES

Département du Loiret – Arrondissement de Montargis – Canton de Courtenay

Dans ce cadre, BayWa r.e. France a initié un projet de parc photovoltaïque flottant sur la sablière Est de la carrière de Nançay à Dordives et souhaite pouvoir réaliser des études sur le terrain d'implantation du futur parc et déposer toute demande d'autorisation administrative nécessaire à la réalisation et à l'exploitation de celui-ci ;

Il est proposé au Conseil municipal de :

- EMETTRE un avis favorable de principe en faveur du projet sus-présenté ;
- AUTORISER M le maire ou son adjoint délégué à négocier avec BayWa r.e. un projet de convention de servitude sur la base du modèle en Annexe 4 de la note de synthèse jointe, afin de conférer les droits de confortement et d'utilisation du Chemin Rural des mariniers à la société BayWa r.e. ou à toute société de projet filiale de BayWa r.e. spécialement créée pour porter ledit projet ;
- AUTORISER la société BayWa r.e. France ou toute société de projet filiale de BayWa r.e. spécialement créée pour porter ledit projet à réaliser ou faire réaliser toutes les études nécessaires à la réalisation du projet photovoltaïque flottant précité ;
- AUTORISER la société BayWa r.e. France, ou toute société de projet filiale de BayWa r.e. spécialement créée pour porter ledit projet, à formuler/déposer l'ensemble des demandes administratives nécessaires à la construction et à l'exploitation du projet photovoltaïque précité.

Après en avoir délibéré à l'unanimité le Conseil municipal décide de :

- EMETTRE un avis favorable de principe en faveur du projet sus-présenté ;
- AUTORISER M le maire ou son adjoint délégué à négocier avec BayWa r.e. un projet de convention de servitude sur la base du modèle en Annexe 4 de la note de synthèse jointe, afin de conférer les droits de confortement et d'utilisation du Chemin Rural des mariniers à la société BayWa r.e. ou à toute société de projet filiale de BayWa r.e. spécialement créée pour porter ledit projet ;
- AUTORISER la société BayWa r.e. France ou toute société de projet filiale de BayWa r.e. spécialement créée pour porter ledit projet à réaliser ou faire réaliser toutes les études nécessaires à la réalisation du projet photovoltaïque flottant précité ;
- AUTORISER la société BayWa r.e. France, ou toute société de projet filiale de BayWa r.e. spécialement créée pour porter ledit projet, à formuler/déposer l'ensemble des demandes administratives nécessaires à la construction et à l'exploitation du projet photovoltaïque précité.

Certifiée exécutoire la présente délibération transmise en Sous-préfecture de Montargis le

12/04/2022

Affichée le 12/04/2022

Le Maire,



Pour extrait certifié conforme,
Le Maire,



2



Pièce annexe n° 1

NOTE EXPLICATIVE DE SYNTHESE DU PROJET PHOTOVOLTAÏQUE FLOTTANT DE DORDIVES PORTE PAR BAYWA R.E.

A L'ATTENTION DU CONSEIL MUNICIPAL DE DORDIVES

Objectif du document :

La présente note de synthèse vise à présenter le projet photovoltaïque flottant initié par la société BayWa r.e. sur la sablière Est de la carrière de Nançay de la commune de Dordives aux membres du conseil municipal de la commune, en vue de la mise au vote d'une délibération relative à :

- L'émission d'un avis favorable de principe en faveur du projet photovoltaïque flottant de Dordives.
- L'autorisation donnée à monsieur le maire et ses adjoints de négocier avec BayWa r.e. un projet de promesse de convention de servitude pour conférer les droits de confortement et d'utilisation du Chemin Rural des mariniers à la société BayWa r.e., sur la base du modèle disponible en Annexe 4 de la présente note.

Conformément à l'article L. 2121-12 du CGCT, instauré par la loi de transition énergétique du 17 août 2015, ce document doit être adressé aux membres du conseil municipal avec la convocation. Il est rappelé aux conseillers municipaux qu'ils ont possibilité de demander davantage de précisions.

Contexte général :

Ce projet, développé par la société BayWa r.e. France, s'inscrit dans le cadre des objectifs européens et nationaux de développement des énergies renouvelables (engagement par la loi Grenelle à 23% d'EnR dans la consommation finale d'énergie pour 2020 et par la loi de transition énergétique à 40% d'électricité renouvelable pour 2030).

Historique du projet/ autorisations :

Le développement du projet a débuté en janvier 2021 par une étude cartographique des plans d'eaux adaptés à cette technologie dans le Loiret. Après avoir ciblé les plans d'eau de la carrière de Nançay et signé une promesse de vente notariée avec les propriétaires du plan d'eau Est, la société BayWa r.e. France a présenté ce projet lors du pôle Energies Renouvelables organisé par les services de la préfecture du Loiret le 13 décembre 2021 puis devant la commission « Environnement, Mobilité & Transition écologique » de la communauté de communes des 4 vallées le 22 février 2022.

Les premières études nécessaires à la validation de la faisabilité technique du projet (relevé bathymétrique des profondeurs d'eau, étude hydraulique d'écoulement des eaux en cas de crue, premiers inventaires naturalistes) ont été menées entre septembre 2021 et mars 2022 et ont confirmé la faisabilité de celui-ci.

Présentation du projet :

Localisation : Commune de Dordives, plan d'eau Est de la carrière de Nançay (dont l'arrêté de remise en état date du 14/10/2021)

Equipements :

Note explicative de synthèse – Projet photovoltaïque flottant de Dordives

3/3

- Projet photovoltaïque flottant entre 7 à 16 hectares soit entre 7 MW et 20 MW de puissance installée (Note : la technologie BayWa r.e. prévoit que les onduleurs et postes de transformations soient également flottants, conformément aux photos en Annexe 3 de la présente note de synthèse).
- Poste de livraison, localisation à définir sur la commune de Dordives (interface entre le réseau électrique privé et public)

Description du projet :

Le projet vise à construire une centrale photovoltaïque flottante sur l'emprise de l'ancienne sablière Est de la carrière du Nançay (cf plan de situation en Annexe 1) dont l'exploitation s'est achevée le 14 septembre 2021.

Le décret du 19 novembre 2009 (n° 2009-1414), relatif aux procédures administratives applicables à certains ouvrages de production d'électricité (dont font partie les centrales photovoltaïques flottantes) rend obligatoire, pour les projets d'une puissance supérieure à 250 kWc, la réalisation d'une étude d'impact et l'obtention d'un permis de construire. Le permis de construire se composera d'une étude d'impact (volet généraliste et naturaliste), d'une notice architecturale (comprenant les différents plans de la centrale photovoltaïque flottante), d'un dossier administratif (comprenant notamment le Kbis et le CERFA de permis de construire) d'une étude hydraulique (déjà complétée par le bureau d'étude Hydratec-Setec) et d'un résumé non technique de l'étude d'impact.

La société BayWa r.e. a missionné le bureau d'étude ECOSPHERE pour réaliser les inventaires sur la zone d'étude et rédiger le volet naturaliste de l'étude d'impact, le volet généraliste sera rédigé par la société ATER Environnement. Les inventaires ont débuté en décembre 2021 et se poursuivront jusqu'en décembre 2022 afin de respecter un cycle biologique complet.

L'entreprise porteuse du projet

La société BayWa r.e. France, dont le siège social est situé 50ter rue de Malte 75011 PARIS, est la filiale française de la société BayWa r.e. qui développe, finance, construit et exploite des parcs éoliens et solaires dans plus de 30 pays différents dans le Monde. Elle possède une expertise particulière sur la technologie de photovoltaïque flottant dont elle est le premier constructeur et exploitant hors Chine avec plus de 200 MWc en exploitation (équivalent d'environ 200 ha de plans d'eaux équipés essentiellement des anciennes carrières) notamment en Allemagne et aux Pays-Bas.

Chemin concerné par le projet photovoltaïque flottant :

Le chemin Rural des mariniers sera concerné par le projet (cf plan de situation en Annexe 2). Il est entendu que le bénéficiaire de la servitude d'accès referra entièrement le chemin d'exploitation pour les besoins de la construction du parc photovoltaïque et versera au propriétaire du chemin une rémunération qui sera à déterminer avec le maire de la commune et ses adjoints, selon les termes du contrat dont un modèle vierge est disponible en Annexe 4 de la présente note de synthèse.

Note explicative de synthèse – Projet photovoltaïque flottant de Dordives

4/4

Annexe 1 - Plan de situation du site d'étude pour le projet photovoltaïque flottant :



Note explicative de synthèse – Projet photovoltaïque flottant de Dordives

Annexe 2 - Plan de situation-Chemin rural des mariniers



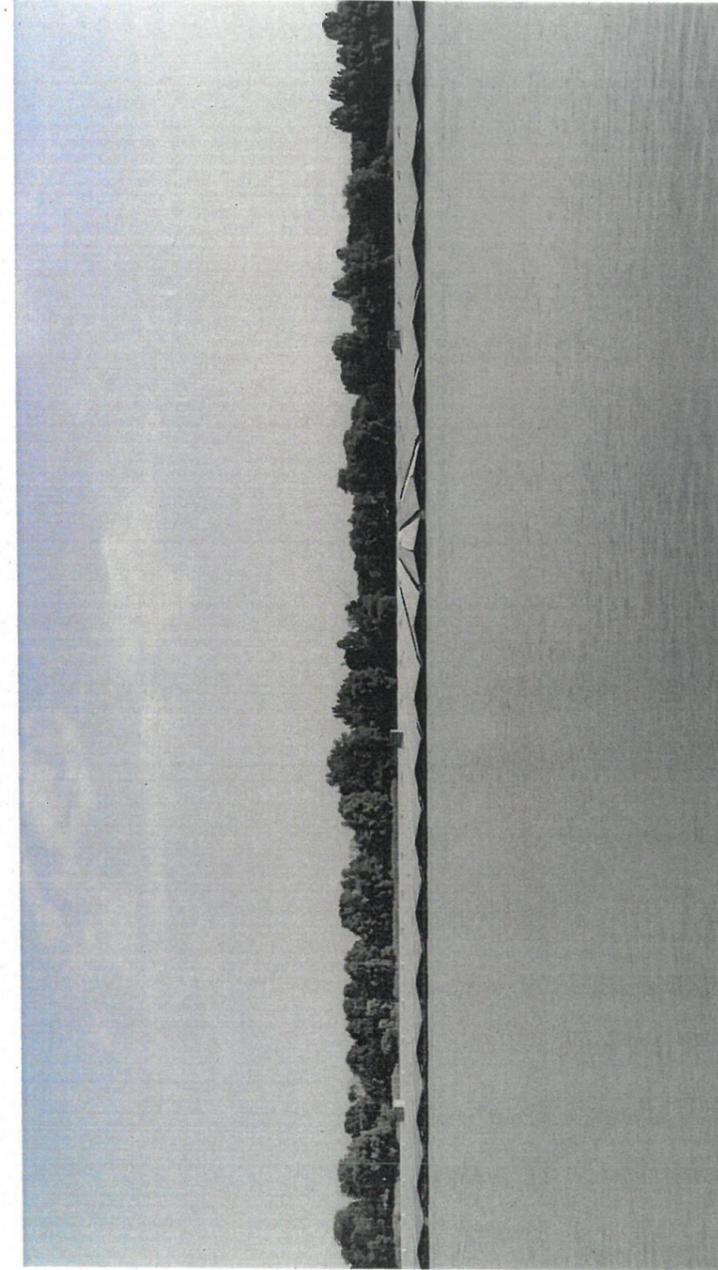
Note explicative de synthèse – Projet photovoltaïque flottant de Dordives

Annexe 3 – Photos de la technologie BayWa r.e. de parcs solaires flottants (projet Uivermeeties aux Pays-Bas) :



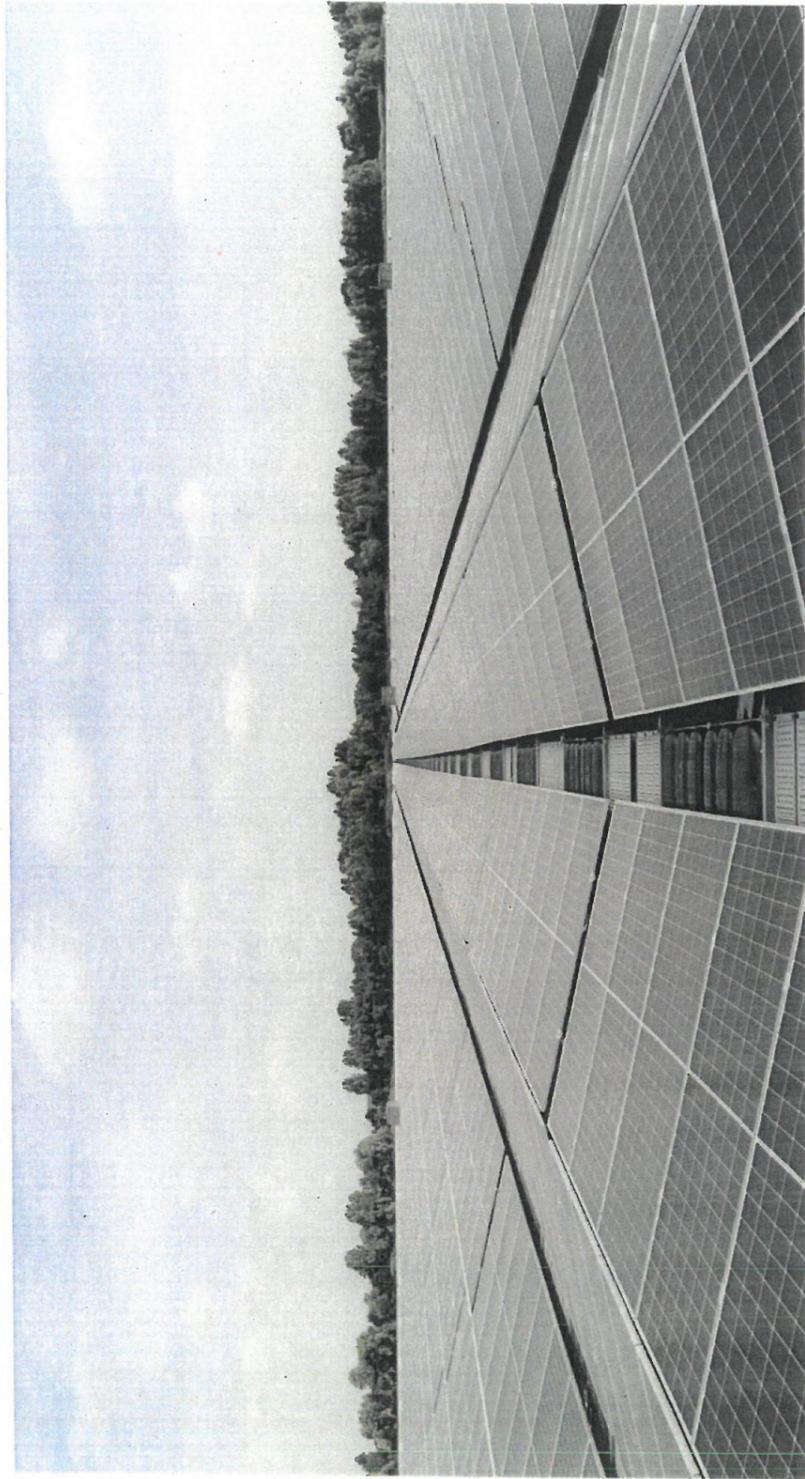
Note explicative de synthèse – Projet photovoltaïque flottant de Dordives

4/4



Note explicative de synthèse – Projet photovoltaïque flottant de Dordives

4/4



Note explicative de synthèse – Projet photovoltaïque flottant de Dordives

4/4

Annexe 4 – Modèle vierge de promesse de convention de servitude pour l'usage du chemin rural des Mariniers

Note explicative de synthèse – Projet photovoltaïque flottant de Dordives

4/4

Convention à négocier

CONVENTION D'UTILISATION DES CHEMINS ET VOIES COMMUNALES CONCERNANT LA REALISATION ET L'EXPLOITATION D'UNE CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE FLOTTANTE

ENTRE

D'une part :

La Commune de [*], représentée par Monsieur le Maire en exercice, [*], dûment habilité aux termes d'une délibération du Conseil Municipal en date du [*], aux fins de procéder à la signature des présentes, domicilié en cette qualité au siège sis [*].

Ci-après dénommé « le Propriétaire »

Et d'autre part :

La Société [*], Société à responsabilité limitée au capital social de [*], dont le siège social est [*], immatriculé au RCS de [*] sous le numéro [*], représenté par [*] en leur qualité [*],

Ci-après dénommé le « le Bénéficiaire »

IL EST EXPOSE CE QUI SUIT :

Le Bénéficiaire projette le développement, la construction et l'exploitation d'un projet de centrale photovoltaïque flottante sur la commune de [*] (ci-après « le Projet »). Dans ce cadre, l'utilisation et l'aménagement de certains chemins et voies communales appartenant au Propriétaire sera nécessaire pendant les périodes de travaux, d'exploitation et de démantèlement du Projet. Le Bénéficiaire et le Propriétaire sont ainsi convenus de procéder à la signature de la présente convention, qui définit l'ensemble des autorisations et des engagements relatifs à l'utilisation des voies communales et chemins *[choisir la bonne mention]* de la commune/listés ci-après.

Les chemins et voies communales concernés sont listés ci-dessous :

Commune	Nom du chemin / voie communale

Un plan permettant d'identifier les chemins et voies communales concernés est annexé aux présentes.

IL A ETE CONVENU CE QU'IL SUIT :

Article 1 : Objet de la convention

1.1 Autorisation d'accès et de passage

Le Propriétaire autorise le Bénéficiaire, ou toute autre société chargée par lui de l'exécution des travaux, de l'entretien des chemins et de la maintenance du Projet, à emprunter les chemins et voies objet de la présente pour accéder avec les camions de transport et les engins de chantier aux lieux d'implantation du Projet.

1.2 Autorisation de travaux

Dans le cadre de la construction du Projet, le Propriétaire autorise le Bénéficiaire ou toute société mandatée par lui pour l'exécution des travaux, à réaliser les travaux nécessaires au Projet à savoir :

- Aménagement et renforcement des chemins et voies permettant, notamment leur élargissement ;
- Pose du câble à une profondeur d'environ un mètre (1m) sur l'emprise des chemins et voies pour le raccordement du Projet.

L'ensemble des coûts liés aux travaux susmentionnés seront à l'entière charge du Bénéficiaire.

Article 2 : Etat des lieux et remise en l'état

Un état des lieux des chemins et voies communales nécessaires aux travaux devra être réalisé de façon contradictoire par huissier avant l'ouverture du chantier et avant tout travaux d'enfouissement des câbles.

A la mise en service du Projet, il sera également procédé à un état de lieux contradictoire des chemins et voies, conforme aux règles de l'art.

Les frais découlant de l'établissement de ces états des lieux seront à la charge du Bénéficiaire.

Le Bénéficiaire s'engage à laisser, au terme des derniers travaux de démantèlement, les chemins et voies dans un état au moins égal à leur état initial, les travaux de remise en l'état étant à la charge du Bénéficiaire. A la demande du Propriétaire, les chemins et voies pourront être laissés tels quels.

Article 3 : Bornage des chemins et voies communales par un géomètre

Les chemins et voies qui feront l'objet de travaux devront au préalable faire l'objet d'un bornage par un géomètre expert. L'ensemble des coûts engendrés par le passage du géomètre sera supporté par le Bénéficiaire.

Article 4 : Durée de la convention

La durée de la convention est fixée à VINGT (20) années à compter de la date de la déclaration d'ouverture de chantier du Projet.

Le Propriétaire accorde au Bénéficiaire la faculté de proroger unilatéralement et expressément le terme indiqué ci-dessus pour une durée de CINQ (5) années.

À l'issue du terme ainsi prorogé, le Preneur conserve la même faculté pour la même durée et ainsi de suite dans la limite de QUATRE (4) fois en tout, de sorte que la convention durera VINGT (20) années au moins et QUARANTE (40) années au plus.

Le Bénéficiaire informera le Propriétaire de l'exercice de la prorogation par lettre recommandée avec avis de réception, six (6) mois au plus tard avant l'arrivée du terme de la convention.

Le Bénéficiaire peut mettre fin à la présente convention par anticipation, sans indemnité de part ni d'autre, en cas de résiliation de son contrat de vente d'électricité, de force majeure, ou de bouleversement économique ou de tout autre événement de quelque nature que ce soit, contraignant le Bénéficiaire au démantèlement du Projet sans remplacement de celui-ci.

Article 5 : Date d'effet de la Convention

La présente convention prend effet au jour de sa signature.

Article 6 : Entretien des chemins et voies communales

Le Bénéficiaire s'engage à entretenir ou faire entretenir et à maintenir ou faire maintenir en l'état les chemins et voies objet de la présente pendant toute la durée de la convention. Cette obligation d'entretien est toutefois limitée à la réparation des détériorations dues à la destination et à l'usage fait par le Bénéficiaire des chemins et voies, tel qu'indiqués dans la présente convention.

Les frais d'entretien et de maintenance seront entièrement à la charge du Bénéficiaire.

Les travaux réalisés en application de l'article 1.2 de la présente convention seront conservés sur place et en l'état pendant toute la durée de la convention.

Pendant la phase travaux, les chemins et voies devront être maintenus en bon état d'utilisation pour les autres usagers. Le Bénéficiaire renonce à tout recours contre le Propriétaire et les utilisateurs privés des chemins et voies, en dehors de toute utilisation qui serait inhabituelle.

Article 7 : Indemnisation compensatoire

Le Bénéficiaire s'engage à verser la somme de [M] euros en un seul versement, qui sera effectué dans un délai de trente (30) jours à compter de la date de déclaration d'ouverture du chantier de construction du Projet.

Une fois que les travaux auront débutés, le Bénéficiaire versera une indemnité annuelle de [M] euros au Propriétaire et ce tout au long de l'exploitation du Projet.

L'indemnité annuelle convenue est payable annuellement et à échoir pour la période à courir du premier janvier au trente-et-un décembre. Le paiement devra être effectué au plus tard le trente-et-un janvier de chaque année.

Le montant de la première indemnité sera versé à échoir, au prorata du temps à courir entre la date d'ouverture de chantier et le trente-et-un décembre de l'année d'ouverture du chantier.

Le Bénéficiaire s'engage à justifier de la date d'ouverture de chantier à première demande du Propriétaire.

Pour la dernière année d'exploitation, l'indemnité sera versé *pro rata temporis*.

L'indemnité sera indexée annuellement à la date du paiement de l'indemnité pour l'année écoulée sur la base de l'indice paru en novembre de l'année n-1, par l'application du coefficient L défini ci-après :

$$L = 0,8 + 0,1 (\text{ICTrev-TS}/\text{ICTrev-TSo}) + 0,1 (\text{FM0ABE0000}/\text{FM0ABE0000o}),$$

Formule dans laquelle :

ICTrev-TS est la dernière valeur définitive connue au 1er novembre précédant la date anniversaire de la prise d'effet du contrat d'achat de l'indice du coût horaire du travail révisé (tous salariés) dans les industries mécaniques et électriques ;

FM0ABE0000 est la dernière valeur définitive connue au 1er novembre précédant la date anniversaire de la prise d'effet du contrat d'achat de l'indice des prix à la production de l'industrie française pour le marché français, ensemble de l'industrie, A10 BE, prix départ usine ;

ICTrev-TSo et FM0ABE0000o sont les dernières valeurs définitives connues au 1er novembre précédant la date de prise d'effet du contrat d'achat.

Durant toute la durée d'exploitation de la centrale photovoltaïque, la redevance de l'année suivante ne pourra être inférieure à celle de l'année en cours.

Par exception, il est convenu que la première redevance (prorata) ne fera l'objet d'aucune indexation.

Toute modification de l'indice « L », qui s'applique au contrat d'achat/vente de l'énergie renouvelable ainsi produite, emportera de plein droit à sa date, la modification de la formule ci-dessus.

Si, avant l'expiration du bail, l'un des indices de référence stipulés aux présentes cessent d'être publiés, il sera fait application de l'indice de remplacement publié par l'autorité compétente.

A défaut de publication d'un indice de remplacement, l'indice de référence applicable sera arrêté d'un commun accord entre les Parties. En cas de désaccord entre les Parties, cet indice de référence sera arrêté par un expert qu'ils choisiront d'un commun accord, ou qui sera désigné à la requête de la Partie la plus diligente, par le Président du Tribunal compétent.

Article 8 : Responsabilité

Le Bénéficiaire est et demeure seul, responsable des accidents ou dommages qui pourraient résulter de l'exécution des travaux ainsi que de l'utilisation des chemins et voies par les engins nécessaires à la construction, l'entretien et le démantèlement de la centrale photovoltaïque.

Le Bénéficiaire sera tenu d'assurer, dès le début des travaux, les constructions qu'ils projettent d'édifier et contractera une assurance contre les risques civils.

Article 9 : Cession – faculté de substitution

Le Bénéficiaire se réserve le droit de céder ses droits ou de substituer tout tiers ou toute société de son choix dans les droits et obligations nés des présentes. Le Bénéficiaire s'engage à informer au préalable le Propriétaire de toute cession ou substitution. Le Propriétaire donne d'ores et déjà son accord pour toute cession ou substitution.

Article 10 : Réitération sous forme authentique

Le Bénéficiaire se réserve la possibilité de demander, par l'envoi d'un courrier recommandé avec accusé de réception, la réitération des présentes sous la forme authentique. Il donnera alors rendez-vous au Propriétaire chez un notaire ou dans tout lieu situé proche du siège social du Propriétaire. Ce rendez-vous se tiendra dans les soixante (60) jours qui suivent, et sera précédé d'un envoi par le notaire du projet d'acte.

Le Propriétaire s'engage à se rendre à ce rendez-vous et, dans la perspective de sa préparation, à fournir au notaire qui lui en ferait la demande toute pièce nécessaire à la rédaction d'un acte notarié de constitution de servitudes.

Article 11 : Litiges

A défaut d'accord amiable, tout recours à une procédure contentieuse contre ce contrat se tiendra devant le tribunal du ressort du lieu d'implantation du Projet, y compris en cas de référé.

Fait en [*] exemplaires,

Le [*], à [*]

Le Propriétaire
Pour la Commune de [*]

Le Bénéficiaire
Pour la Société [*]

