

Etude hydraulique vis-à-vis du risque inondation

Projet : Projet agrivoltaïque de 8 ha

Localisation : 89 075 Champlay

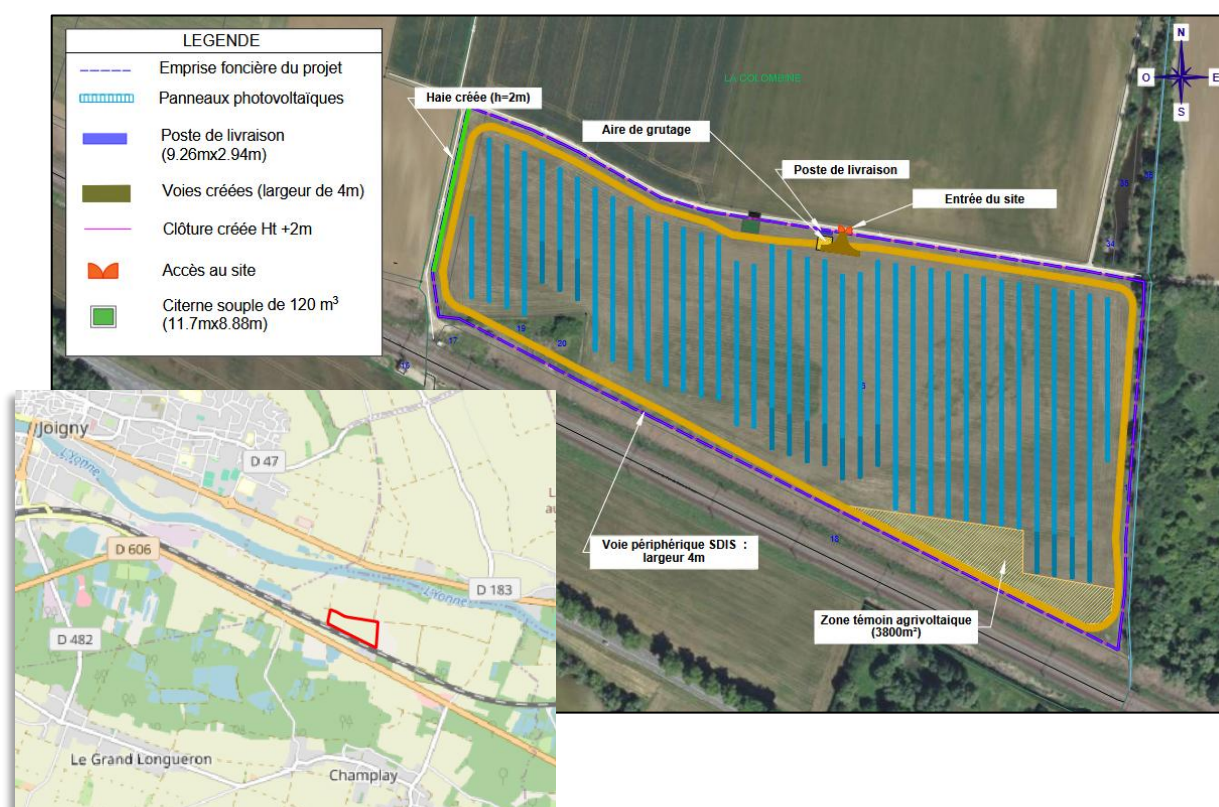


TABLE DES MATIERES

1	CONTEXTE ADMINISTRATIF	1
2	OBJECTIFS DE L'ETUDE, LOCALISATION ET DESCRIPTION DU PROJET	2
2.1	Objectifs de l'étude et localisation du projet	2
2.2	Description du projet.....	3
3	PLAN DE PREVENTION DES RISQUES D'INONDATION	5
3.1	Contexte réglementaire.....	5
3.2	Aléa inondation au droit du projet	6
4	COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LE PPRI	7
4.1	Condition 1 - Transparence hydraulique	7
4.2	Condition 2 – Mise hors d'eau d'éléments sensibles	7
4.3	Condition 3 – Résistance de l'installation aux écoulements	10
5	CONCLUSION	13

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Localisation du projet	2
Illustration 2 : Plan de masse du projet	3
Illustration 3 : Vue en coupe des structures photovoltaïques.....	3
Illustration 4 : Schéma du profilé des pieux.....	4
Illustration 5 : Schéma de la clôture	4
Illustration 6 : Plan de zonage réglementaire du PPRI de l'Yonne.....	5
Illustration 7 : Carte d'aléa du PPRI de l'Yonne.....	6
Illustration 8 : Implantation des installations et altitude du terrain naturel	8
Illustration 9 : Zones d'implantation des panneaux photovoltaïques à risque	8
Illustration 10 : Environnement rural en amont du site d'étude.....	10
Illustration 11 : Illustration d'un cas d'embâcle en situation d'inondation	11

CONTEXTE ADMINISTRATIF

Commanditaire de l'étude	Rédacteur de l'étude
CCE PARC SOLAIRE  100, Avenue du Président Kennedy 75 116 Paris Contact : Maxime Le Calve E-mail : m.lecalve@cce-holding.com Tél : +33 (0)6 24 41 54 23	AQUAGEOSPHERE  13, Avenue des Maquisards 13 126 Vauvenargues Contact : Nathan Guillemot E-mail : n.guillemot@aquageosphere.com Tél : +33 (0)4 42 57 69 25

Version	Date	Rédaction	Relecture
V1	12/02/2026	N. Guillemot	P-E. Van Laere

OBJECTIFS DE L'ETUDE, LOCALISATION ET DESCRIPTION DU PROJET

2.1 Objectifs de l'étude et localisation du projet

La société CCE Parc Solaire porte le projet d'aménagement d'un parc agrivoltaïque de 8 ha localisé sur la commune de Champlay, dans le département de l'Yonne (89). La zone d'implantation du projet se situe au nord du territoire communal, à proximité immédiate d'une voie ferrée.

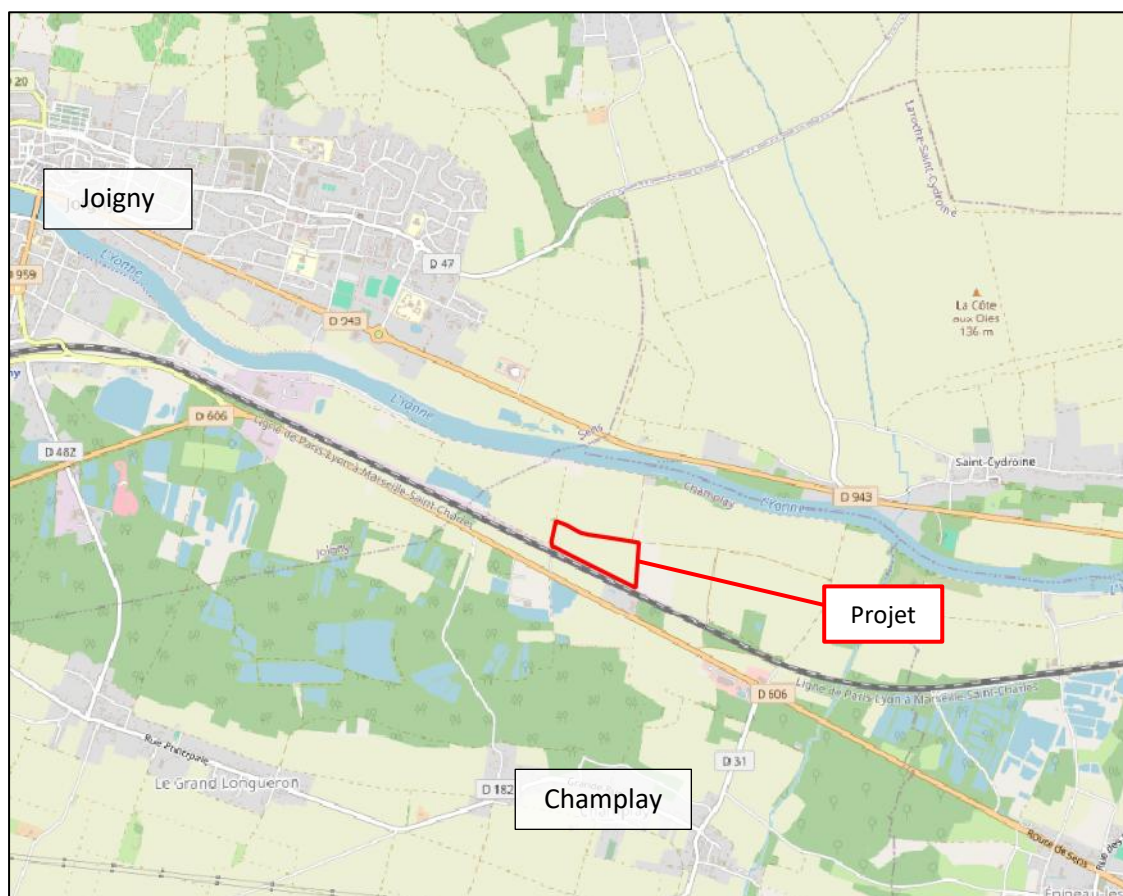


Illustration 1 : Localisation du projet

Le projet étant localisé en rive gauche de la rivière Yonne, il est repris en zone inondable suivant un aléa faible à fort selon le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) par débordement de l'Yonne sur la commune de Champlay.

La présente étude est destinée à démontrer que le projet respecte les impositions du PPRI concernant l'implantation d'installations de production d'énergies renouvelables en zone inondable.

2.2 Description du projet

Le projet consiste en l'aménagement d'un parc agrivoltaïque sur un terrain d'une surface totale d'environ **8,6 ha**. L'illustration ci-après présente l'implantation des différents éléments qui composent le projet.

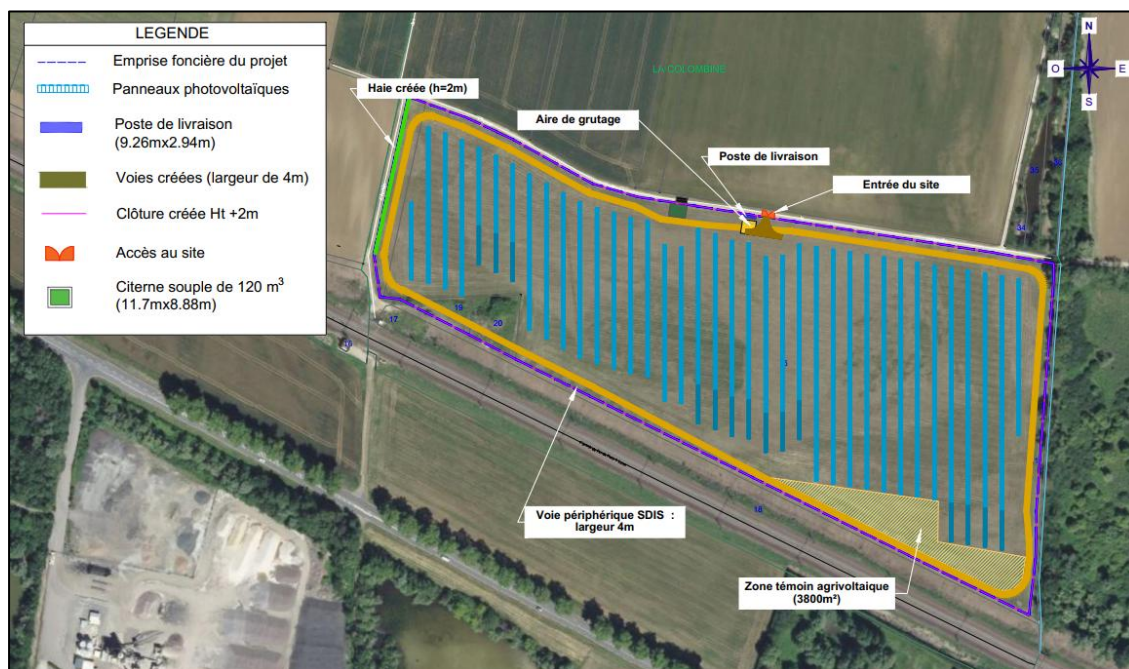


Illustration 2 : Plan de masse du projet (Source : CCE Parc Solaire, 2026)

Le projet prévoit l'implantation de panneaux photovoltaïques, d'onduleurs, d'une aire de grutage, d'un poste de livraison en béton ainsi que d'une citerne souple enterrée de 104 m² pour un volume de 120 m³.

Le site sera ceinturé par une voie périphérique SDIS de 4 m de large et par une clôture. Une haie de 2 m de hauteur sera également créée en bordure ouest du site. Enfin, une partie du terrain au sud-est (3 800 m²) sera conservée en tant que zone témoin agrivoltaïque.

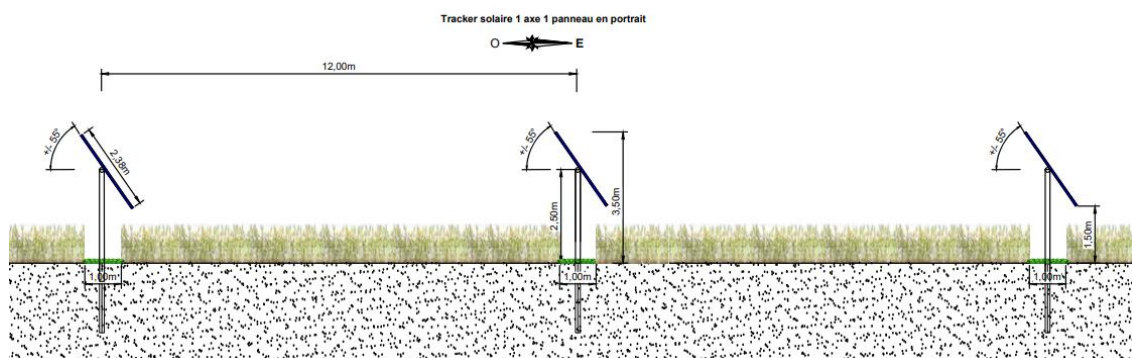


Illustration 3 : Vue en coupe des structures photovoltaïques (Source : CCE Parc Solaire)

Les structures seront alignées selon des rangées orientées vers l'est et inclinées selon un angle de 55° . Chaque rangée de panneaux sera séparée des autres par un intervalle de 12 m. L'écartement entre deux pieux de la même rangée sera de 5,4 m.

Les tables atteindront une hauteur de 3,5 m avec un point bas situé à une distance du sol de 1,5 m. Elles seront constituées de modules d'une longueur de 2,38 m disposés en format portrait sur une unique rangée. Sept onduleurs seront répartis en bout de rangée des panneaux côté nord et installés sur pilotis.

Les panneaux seront installés sur un ensemble de châssis métalliques en acier galvanisé, disposés sur une seule ligne et fixés sur des fondations. Les pieux seront profilés en C, avec une section de 140 mm x 65 mm.

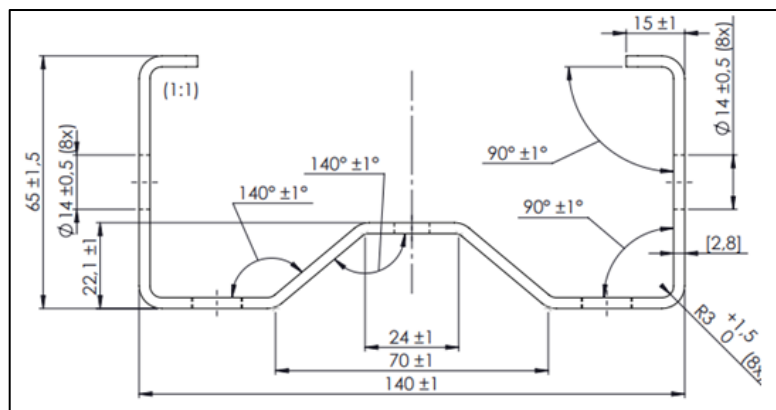


Illustration 4 : Schéma du profilé des pieux (Source : CCE Parc Solaire)

La clôture, d'une hauteur de 2 m, sera constituée d'un grillage soudé rigide à mailles larges (200 x 55 mm) en acier galvanisé. Elle sera en partie enterrée et ancrée au sol à l'aide de pieux battus.

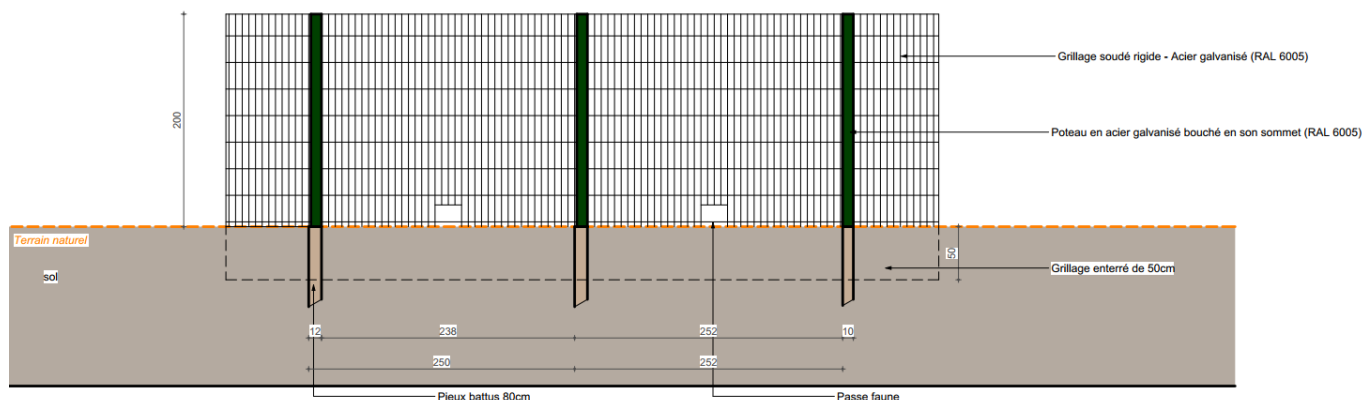


Illustration 5 : Schéma de la clôture (Source : CCE Parc Solaire)

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES D'INONDATION

3.1 Contexte réglementaire

Par arrêté du 21 juillet 2005, le préfet de l'Yonne a approuvé le **Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRi) par débordement de l'Yonne** sur la commune de Champlay. Celui-ci est actuellement en cours de révision ; la nouvelle version devrait être approuvée et rendue applicable fin 2026. A la demande de la DDT, la présente étude se conforme à la version révisée du PPRi, dont l'évènement de référence retenu est la crue centennale.

Comme indiqué sur l'illustration suivante, le zonage réglementaire du PPRi actuellement en vigueur positionne le projet au sein de la zone rouge (la future version de la carte de zonage du PPRi positionne également le projet dans cette zone).

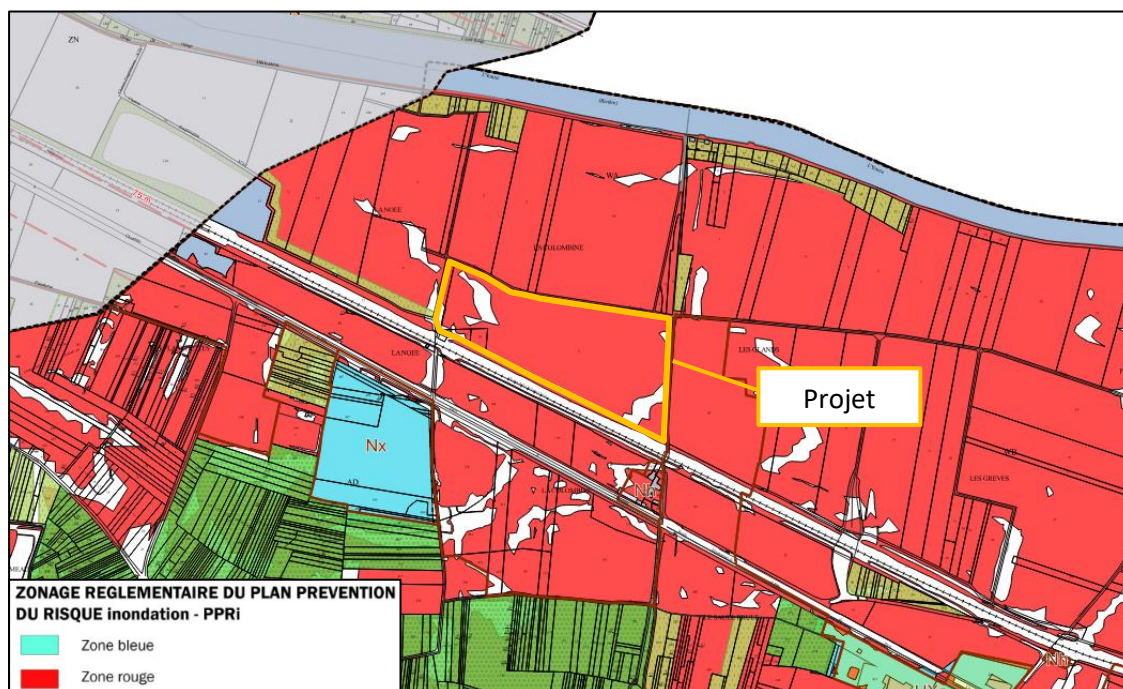


Illustration 6 : Plan de zonage réglementaire du PPRi de l'Yonne

Le règlement fournit les prescriptions suivantes pour les projets de production d'énergie situés en zone rouge :

- Transparence du projet en termes d'écoulement des eaux et non-aggravation du risque d'inondation en amont et en aval du site d'implantation ;
- Matériaux résistants à l'eau et démonstration de la suffisance des ancrages (fondations et structures porteuses des panneaux, des clôtures, des postes électriques...) pour résister aux embâcles et éviter l'arrachement ;

- Mise hors d'eau des panneaux photovoltaïques et des éléments sensibles ;
- Les constructions d'une emprise au sol maximum de 20 m² (locaux technique, gardiennage, stockage...) sont autorisées à la cote de référence si la démonstration est faite qu'aucune autre solution n'est envisageable hors zone inondable ;
- Les réseaux secs doivent être enterrés et étanches, et prolongés au-dessus de la cote de référence lorsqu'ils sortent de terre ;
- Présence d'un dispositif de coupure automatique de la production électrique en cas de crue.

Le règlement autorise les **citernes incendie** à condition qu'elles soient enterrées sous le niveau du terrain naturel et qu'elles ne génèrent pas de remblais. Les **clôtures** sont également admises sous réserve qu'elles assurent une transparence hydraulique complète en cas de crue. Les **haies arbustives** sont autorisées au niveau du terrain naturel.

En cas de nécessité avérée de créer des remblais en zone inondable (justification technique ou financière), ceux-ci devront systématiquement faire l'objet de mesures compensatoires volumétriques (noues, lagunes, bassins, etc.) à proximité du site.

3.2 Aléa inondation au droit du projet

La carte d'aléa du PPRI actuel indique que le projet est repris en zone d'aléa faible à fort. Les hauteurs d'eau sur le site en cas de crue de référence sont donc comprises entre **0 et 2 m**.

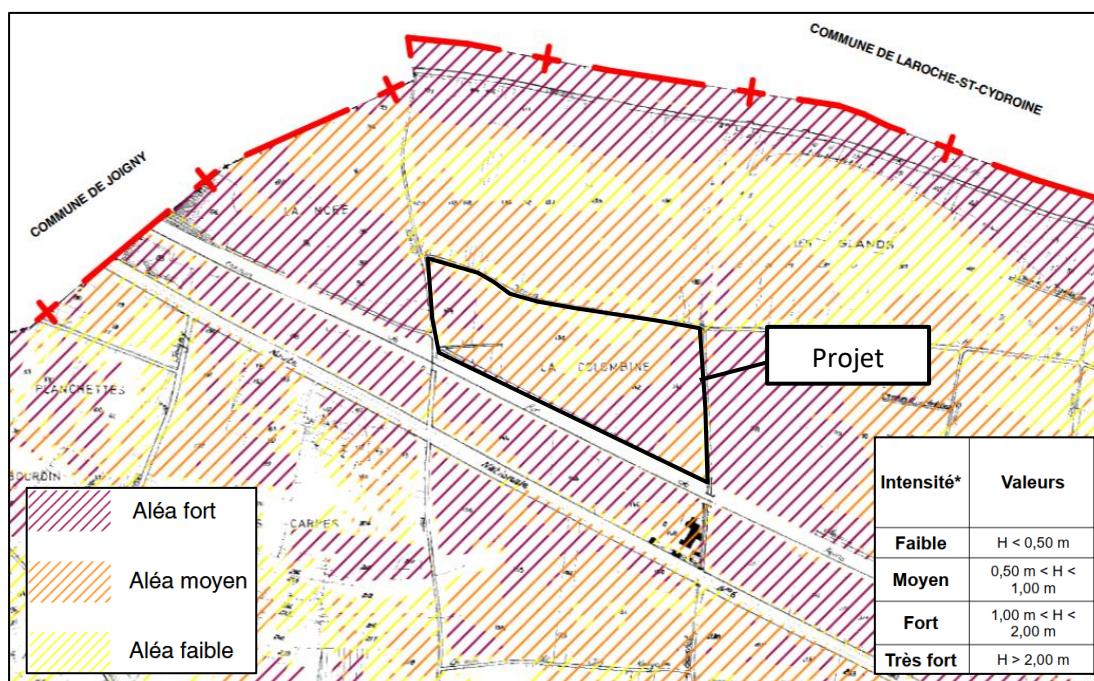


Illustration 7 : Carte d'aléa du PPRI de l'Yonne

D'après les informations fournies par la DDT de l'Yonne, la cote de référence à prendre en compte au droit du projet pour le futur PPRI révisé est de **81 m NGF**. Concernant les vitesses d'écoulement, celles-ci sont considérées comme faibles, c'est-à-dire inférieures à **0,5 m/s**.

COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LE PPRi

4.1 Condition 1 - Transparence hydraulique

La condition n°1 relève de la transparence du projet en termes d'écoulement des eaux et de la non-aggravation du risque inondation en amont et en aval du site d'implantation.

Par conception, les **pieux** soutenant les modules photovoltaïques seront disposés uniformément au sein du parc, ce qui assure une transparence hydraulique optimale de l'aménagement en situation d'inondation. L'espace laissé entre chaque pieu permet un écoulement des eaux inchangé, et leur forme en C limite par ailleurs le volume occupé par les structures. De plus, les **modules photovoltaïques** seront implantés au-dessus de la cote de référence du PPRi révisé. Ils ne représenteront donc pas un obstacle aux écoulements.

La **clôture** sera constituée d'un grillage à mailles larges (200 x 55 mm) sans base maçonnée hors-sol afin de ne pas entraver l'écoulement des eaux.

Conformément au PPRi, la **citerne** sera enterrée afin d'éviter la création de remblais. La **piste** et l'**aire de grutage** ne créeront pas non plus de remblais, des plaques de répartition pourront être utilisées et un compactage pourra être réalisé en fonction de l'étude de sol. Le **poste de livraison** représentera quant à lui une surface au sol maximum de 20 m².

Afin d'éviter la création de zones présentant des risques d'érosion par la concentration des eaux ruisselées en bas de pente des structures, les modules seront répartis sur une unique rangée avec un angle d'inclinaison important de 55°. Pour un module d'une longueur de 2,38 m, la longueur projetée au sol sera ainsi de 1 m. Cette configuration des panneaux permettra de maintenir des conditions d'infiltration de l'eau sensiblement identiques à celles avant aménagement.

L'installation du parc agrivoltaïque ne réduira donc pas de manière significative le volume du champ d'expansion de crue et n'aura pas d'impact néfaste sur les hauteurs d'eau, ni en amont, ni en aval, en cas de crue.

4.2 Condition 2 – Mise hors d'eau d'éléments sensibles

La condition n°2 relève de la mise hors d'eau d'éléments sensibles (panneaux, éléments électriques, ...).

Pour rappel, la cote de référence du PPRi révisé et applicable fin 2026 au droit du projet est de **81 m NGF**.

Au stade actuel du projet, il est prévu d'installer les modules photovoltaïques à une hauteur minimale de 1,5 m au-dessus du sol. Ils seront en grande partie implantés dans des zones où le terrain naturel présente une altitude supérieure à 79,5 m NGF et seront ainsi positionnés au-dessus de la cote de référence.

Cependant, d'après des données topographiques issues du LiDAR HD de l'IGN, l'implantation actuelle du projet localise certaines structures photovoltaïques dans des secteurs où l'altitude du terrain naturel est inférieure à 79,5 m NGF.

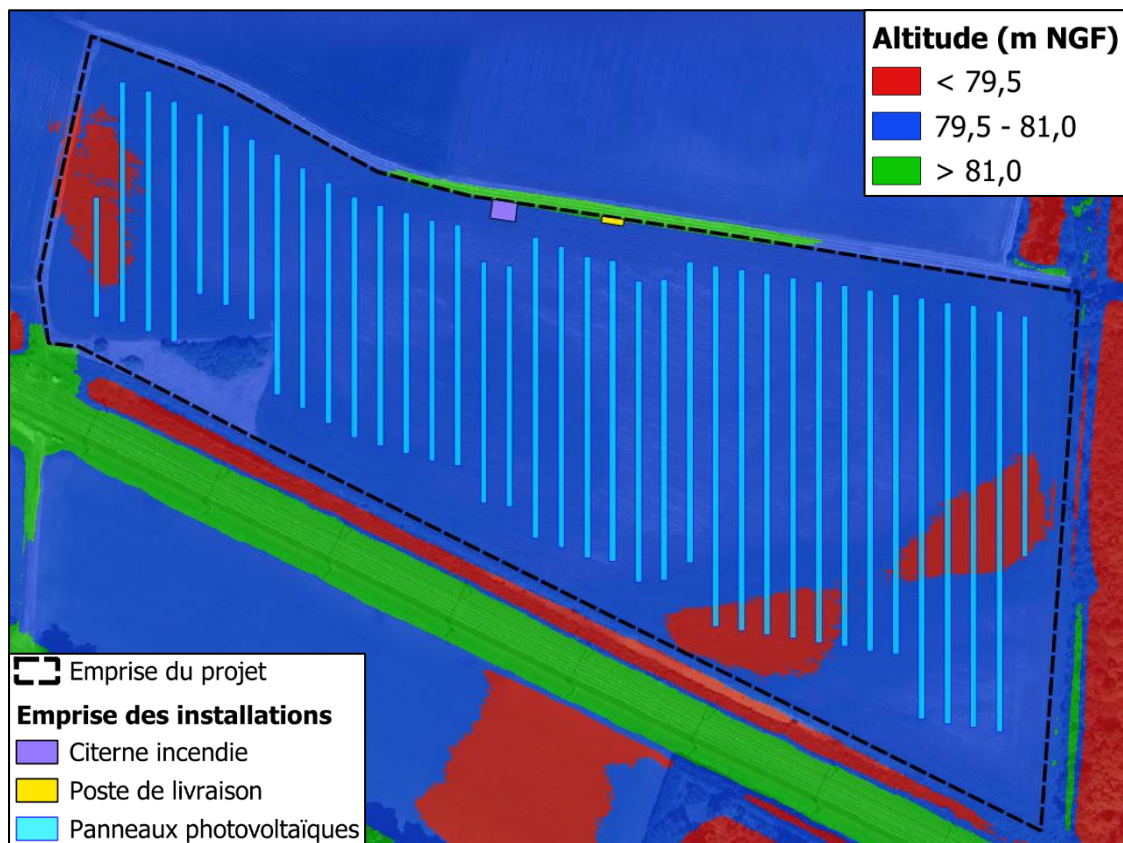


Illustration 8 : Implantation des installations et altitude du terrain naturel (Source : LiDAR HD, IGN)

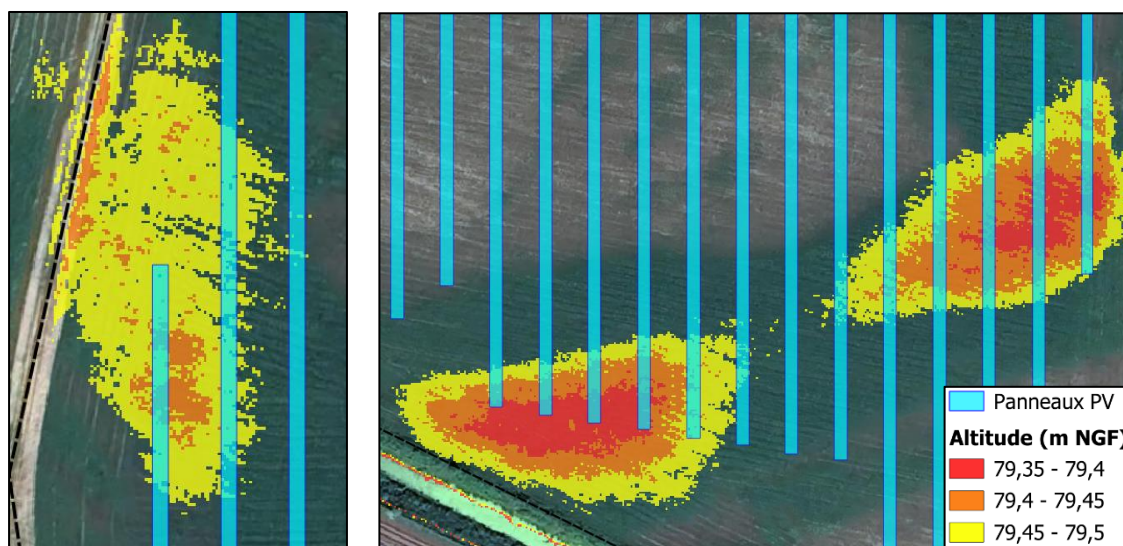


Illustration 9 : Zones d'implantation des panneaux photovoltaïques à risque (Source : LiDAR HD, IGN)

Les modules photovoltaïques implantés dans ces secteurs seront de fait surélevés d'une hauteur supplémentaire de l'ordre de 1 à 15 cm afin de positionner leur point bas au-dessus de la cote de référence. Par ailleurs, les panneaux seront installés sur trackers et pourront être automatiquement positionnés à l'horizontale en cas de crue grâce à un système d'asservissement par capteur.

Les sept **onduleurs** seront répartis en bout de rangée des tables côté nord, et installés sur pilotis au-dessus de la cote de référence.

Le **poste de livraison** se situe dans une zone où l'altitude du terrain naturel est comprise entre 80,9 et 81,3 m NGF d'après le plan de masse du projet et les données topographiques issues du LiDAR HD de l'IGN. Dans le cas où la future construction est localisée à une altitude inférieure à 81 m NGF, celle-ci sera mise à la cote de référence sur vide sanitaire inondable, aéré, vidangeable et non transformable ou sur pilotis.

Concernant les **réseaux secs**, ceux-ci seront enterrés et étanches.

Ainsi, tous les éléments sensibles seront situés hors d'eau.

Les autres équipements susceptibles d'être exposés en cas de crue seront composés de matériaux résistants à l'eau. Le poste de livraison sera construit en béton, et les pieux des panneaux photovoltaïques et de la clôture seront constitués d'acier galvanisé.

Enfin, par mesure de sécurité et conformément aux prescriptions du PPRi, le parc sera doté d'un dispositif de coupure automatique de la production électrique en cas de crue.

4.3 Condition 3 – Résistance de l'installation aux écoulements

La condition n°3 relève de la suffisance des ancrages pour résister à la crue (hauteur, vitesse), aux embâcles (voitures, arbres).

Le poste de livraison constitue un bâtiment et de ce fait résistera à la crue et aux embâcles.

L'ensemble du parc agrivoltaïque sera entouré d'une clôture à grillage rigide d'une hauteur de 2 m. Celle-ci sera ancrée au sol à l'aide des pieux battus et une partie du grillage sera enterrée. Elle présente ainsi une résistance satisfaisante en cas de crue, et le risque d'apparition d'embâcles importants au droit des panneaux solaires s'en trouve de ce fait fortement réduit. En cas de détérioration de la clôture, des objets flottants pourraient s'introduire au sein du parc et ce cas particulier sera étudié.

Les modules photovoltaïques se trouveront à une hauteur de 1,5 m en leur point bas. Cela signifie que des objets flottants suffisamment épais pourraient exercer une pression sur les modules eux-mêmes. Le risque concerne cependant davantage les pieux.

Au vu du milieu rural environnant observé en amont du projet, les seuls objets susceptibles d'être déplacés et de présenter un danger pour les pieux et modules sont des troncs ou branches d'arbres. L'emprise du projet est bordée à l'est par une cuvette topographique en partie peuplée de feuillus. Elle représente un barrage au passage d'embâcles, réduisant ainsi le risque d'arrivée d'embâcles au droit des panneaux, mais elle est également susceptible d'en générer.

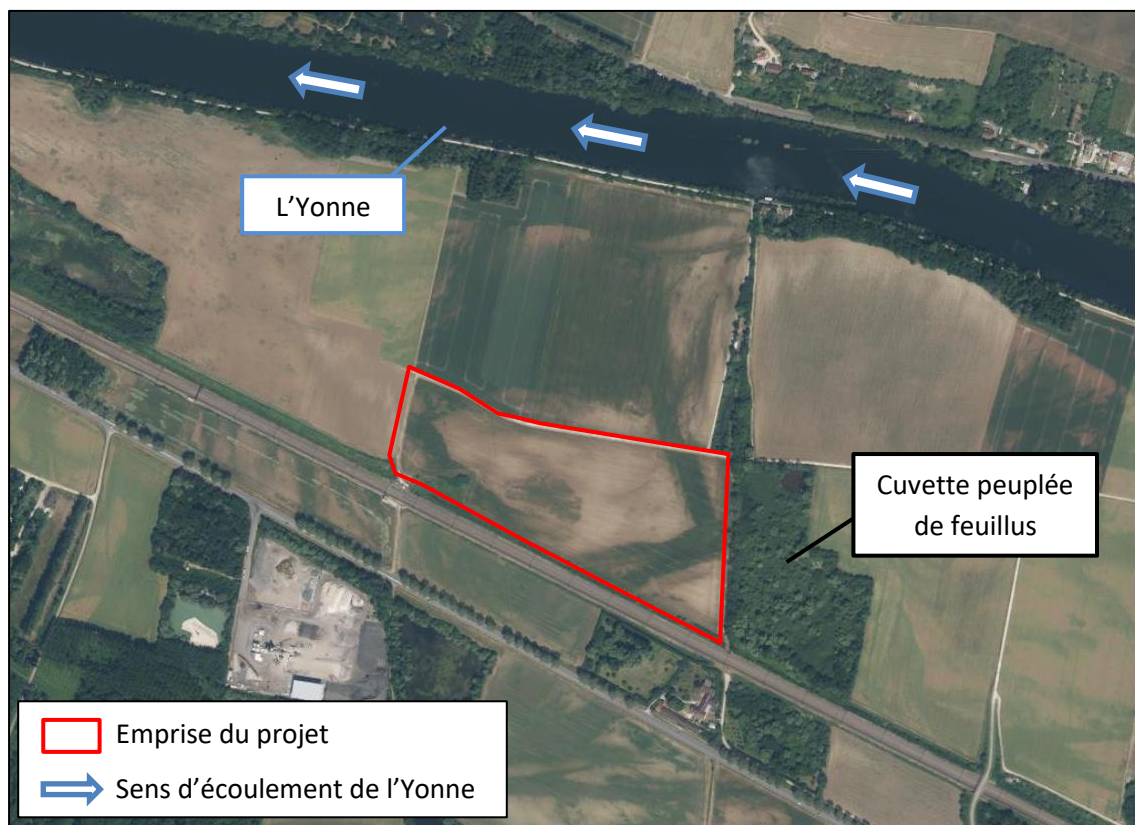


Illustration 10 : Environnement rural en amont du site d'étude

Le risque d'endommagement du parc est ainsi principalement lié à la pression d'un tronc pouvant s'appliquer contre les pieux des structures photovoltaïques. L'hypothèse maximaliste d'un risque d'embâcle correspond au déplacement d'un tronc d'arbre par 1,5 m de hauteur d'eau et une vitesse d'écoulement de 0,5 m/s, venant s'appuyer contre les pieux des structures photovoltaïques.

Pour la réalisation des calculs des différentes forces et afin de se placer dans la situation la plus pessimiste, les hypothèses suivantes sont émises :

- La largeur d'un pieu est de 14 cm (largeur maximale d'un pieu de section 140 mm x 65 mm) ;
- Le tronc d'arbre est considéré comme un cylindre de diamètre 50 cm (moyen à gros bois) et de longueur 5,5 m afin de satisfaire l'hypothèse suivante ;
- Le tronc est appuyé perpendiculairement contre deux pieux à la fois seulement, compte tenu de la distance entre deux pieux d'une même rangée de 5,4 m ;
- Les écoulements sont considérés perpendiculaires à l'axe du couple de pieux appartenant à une table ;
- On ne considère ici que la force de poussée des écoulements et du tronc d'arbre contre les pieux, les autres forces sont considérées comme négligeables.

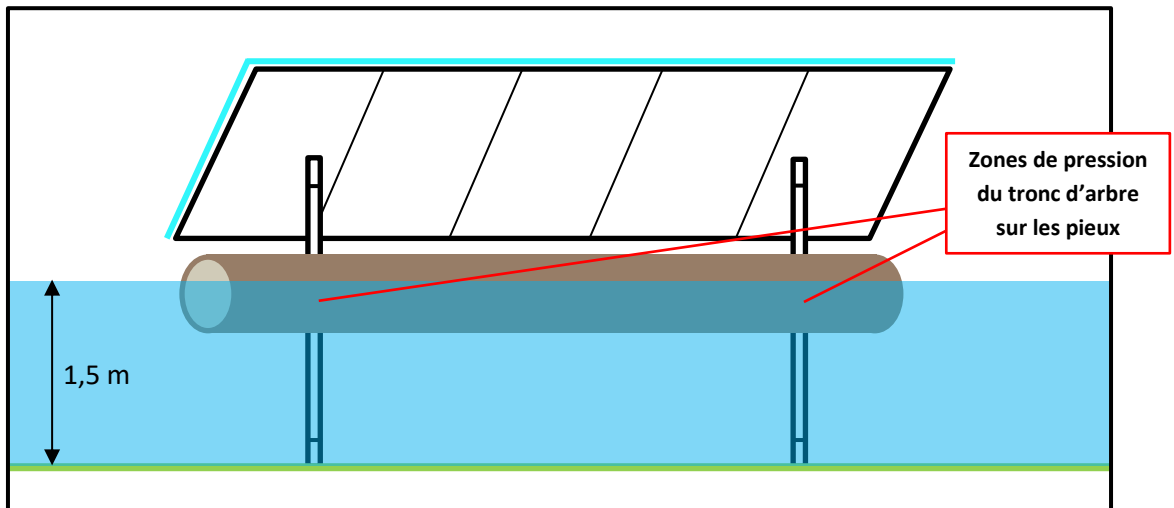


Illustration 11 : Illustration d'un cas d'embâcle en situation d'inondation

Détermination de la force exercée par les eaux sur un pieu (force de trainée) :

$$F_v = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho \times S \times v^2$$

Avec :

- F_v : Force de trainée (N)
- C_d : Coefficient de trainée (-)
- ρ : Masse volumique (kg/m³)

- S : Section de contact (m^2)
- v : Vitesse moyenne du fluide (m/s)

Considérant les hypothèses suivantes :

- Un coefficient de trainée estimé à 1 (pieu profilé en C, la plus grande largeur est exposée à un flux perpendiculaire) ;
- Une masse volumique de 1000 kg/m^3 pour l'eau ;
- Une section S de contact du pieu avec l'eau de $0,21 \text{ m}^2$ (largeur d'un pieu de $0,14 \text{ m}$, et hauteur d'eau maximale de $1,5 \text{ m}$) ;
- Une vitesse d'écoulement de $0,5 \text{ m/s}$ (vitesse maximale retenue par la DDT).

La force exercée par les écoulements sur un pieu est ainsi estimée à **26 N**.

Détermination de la force exercée par les eaux sur un tronc d'arbre :

Un calcul similaire est réalisé afin de déterminer la force de poussée des eaux sur un tronc d'arbre flottant qui correspond également à la force de poussée du tronc sur les pieux. Les hypothèses de masse volumique et de vitesse d'écoulement précédentes sont utilisées.

Le tronc est considéré comme un cylindre droit par simplification, immergé à $2/3$ de son diamètre afin de maximiser la section de poussée de l'eau sur le tronc, et par conséquent la force de poussée correspondante.

La section de poussée de l'eau sur le tronc est ainsi estimée à $2,88 \text{ m}^2$ en tenant compte d'un tronc de diamètre $0,5 \text{ m}$ et de longueur $5,5 \text{ m}$. Le coefficient de trainée est estimé à $0,80$ au vu de la surface cylindrique considérée.

La force exercée par l'eau sur le tronc est ainsi évaluée à **288 N**.

Détermination de la force exercée par les eaux et un tronc sur un/deux pieux :

Par addition des deux forces calculées précédemment, **la force de poussée exercée par l'eau et le tronc sur deux pieux est d'environ 340 N**.

Dans une hypothèse maximaliste, la force de 314 N pourrait être appliquée à un seul pieu de manière transitoire avant que le tronc ne dévie plus amplement. L'option la plus probable reste néanmoins l'appui du tronc contre deux pieux au vu de la configuration du parc et des hauteurs et vitesses d'écoulements.

Ainsi, cette force de poussée en est réduite à 170 N par pieu.

Afin de limiter le risque d'endommagement du parc, les structures photovoltaïques devront être choisies de sorte à pouvoir résister à une telle poussée en cas de détérioration de la clôture.

CONCLUSION

La société CCE Parc Solaire porte le projet d'aménagement d'un parc agrivoltaïque de 8 ha localisé sur la commune de Champlay, dans le département de l'Yonne (89). La zone d'implantation du projet se situe au nord du territoire communal, à proximité immédiate d'une voie ferrée.

Le projet étant localisé en rive gauche de la rivière Yonne, il est repris en zone inondable suivant un aléa faible à fort selon le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) par débordement de l'Yonne sur la commune de Champlay.

La présente étude est destinée à démontrer que le projet respecte les impositions du PPRI concernant l'implantation d'installations de production d'énergies renouvelables en zone inondable.

Le projet prévoit l'implantation de panneaux photovoltaïques, d'onduleurs, d'une aire de grutage, d'un poste de livraison en béton ainsi que d'une citerne souple enterrée de 104 m² pour un volume de 120 m³. Le site sera ceinturé par une voie périphérique SDIS de 4 m de large et par une clôture. Une haie de 2 m de hauteur sera également créée en bordure ouest du site.

Le zonage réglementaire du PPRI par débordement de l'Yonne localise le projet en zone rouge. Les projets agrivoltaïques y sont admis sous réserve de respecter plusieurs prescriptions. Celles-ci ont été présentées et analysées au sein des trois catégories suivantes :

- **Transparence hydraulique**

De par leur disposition et par la forme en C des pieux, l'installation des tables photovoltaïques ne modifiera pas de manière significative le fonctionnement hydraulique de la zone, ni le volume du champ d'expansion de crue. De plus, les modules seront implantés à une hauteur minimum de 1,5 m au-dessus du sol et ne constituent donc pas un obstacle aux écoulements.

La clôture sera constituée d'un grillage à mailles larges sans base maçonnée hors-sol afin de ne pas entraver l'écoulement des eaux.

Conformément au PPRI, la citerne sera enterrée afin d'éviter la création de remblais, la piste et l'aire de grutage ne créeront pas non plus de remblais, et l'emprise au sol du poste de livraison sera limitée à 20 m².

D'autre part, la configuration des panneaux permettra de maintenir des conditions d'infiltration de l'eau sensiblement identiques à celles avant aménagement.

Le projet ne présente ainsi pas d'aggravation particulière du risque inondation en amont, en aval ou au droit du projet. La capacité de la zone d'expansion de crue ne sera que très peu réduite par l'installation du parc photovoltaïque.

- **Mise hors d'eau des éléments sensibles (panneaux, éléments électriques, ...) :**

La cote de référence du PPRI révisé et applicable fin 2026 au droit du projet est de 81 m NGF. Au stade actuel du projet, il est prévu d'installer les modules photovoltaïques à une hauteur minimale de 1,5 m au-dessus du sol. Au regard des données topographiques analysées, certains

modules seront surélevés d'une hauteur supplémentaire de l'ordre de 1 à 15 cm afin de positionner leur point bas au-dessus de la cote de référence. Les sept onduleurs, situés en bout de rangée côté nord, seront installés sur pilotis.

Le poste de livraison, s'il est implanté dans une zone où le terrain naturel est à une altitude inférieure à 81 m NGF, sera mis à la cote de référence sur vide sanitaire inondable, aéré, vidangeable et non transformable ou sur pilotis.

Concernant les réseaux secs, ceux-ci seront enterrés et étanches.

Ainsi, tous les éléments sensibles seront situés hors d'eau.

Les matériaux utilisés pour les installations susceptibles d'être inondées seront résistants à l'eau (béton pour le poste, acier galvanisé pour la clôture et les pieux), et le parc sera doté d'un dispositif de coupure automatique de la production électrique en cas de crue.

- **La résistance de l'installation à la crue et aux embâcles :**

La résistance de l'installation face aux écoulements de crue ainsi qu'aux embâcles que peuvent représenter des troncs d'arbres provenant de l'habitat naturel alentour est étudiée. Des hypothèses maximalistes ont été utilisées afin de calculer la force de poussée d'un élément solide flottant sur un pieu. L'embâcle est représenté par un tronc d'arbre de forme cylindrique (diamètre 50 cm et longueur 5,5 m), dérivé par 1,5 m de hauteur d'eau et 0,5 m/s de vitesse d'écoulement, appuyé contre deux pieux d'une même table.

La force de poussée des écoulements et d'un tronc sur un pieu est de 170 N. Afin de limiter le risque d'endommagement du parc, les structures photovoltaïques devront être choisies de sorte à pouvoir résister à une telle poussée en cas de détérioration de la clôture.