



CORSICA ENERGIA

Maison du Parc Technologique, 8Bis

Zone d'Activité Economique d'Erbaiolu

20600 BASTIA

Mairie de Cuttoli-Corticchiato

Casarimaccio

20167 Cuttoli-Corticchiato



Fait à Bastia, le 7 juillet 2025

Objet : Dossier PC 02A 10 323 D0004

Monsieur le Maire,

Ce courrier fait suite au retour de la Mission régionale d'autorité environnementale (MRAE), en date du 3 juillet 2023, concernant le permis de construire cité en objet, pour une centrale photovoltaïque flottante sur votre commune.

L'article L. 122-1 du code de l'environnement fait obligation au porteur de projet d'apporter une réponse écrite à la Mission régionale d'autorité environnementale. Cette réponse doit être mise à disposition du public, par voie électronique, au plus tard au moment de l'ouverture de l'enquête publique ou de la participation du public par voie électronique.

Vous trouverez ci-dessous notre réponse écrite pour les différentes questions posées par la MRAE.

Dans l'attente de la transmission de ces éléments aux services instructeurs de l'Etat, je vous prie d'agréer, Monsieur le Maire, l'expression de mes salutations distinguées.

ANTOINE AIELLO

Document de réponse à l'avis MRAE de Corse Sur le projet de « centrale photovoltaïque flottante » sur le territoire de la commune de Cuttoli-Corticchiato (2A - Corse-du-Sud)

Ce document constitue le mémoire en réponse à l'avis formulé par la MRAE datant du 03 juillet 2023.

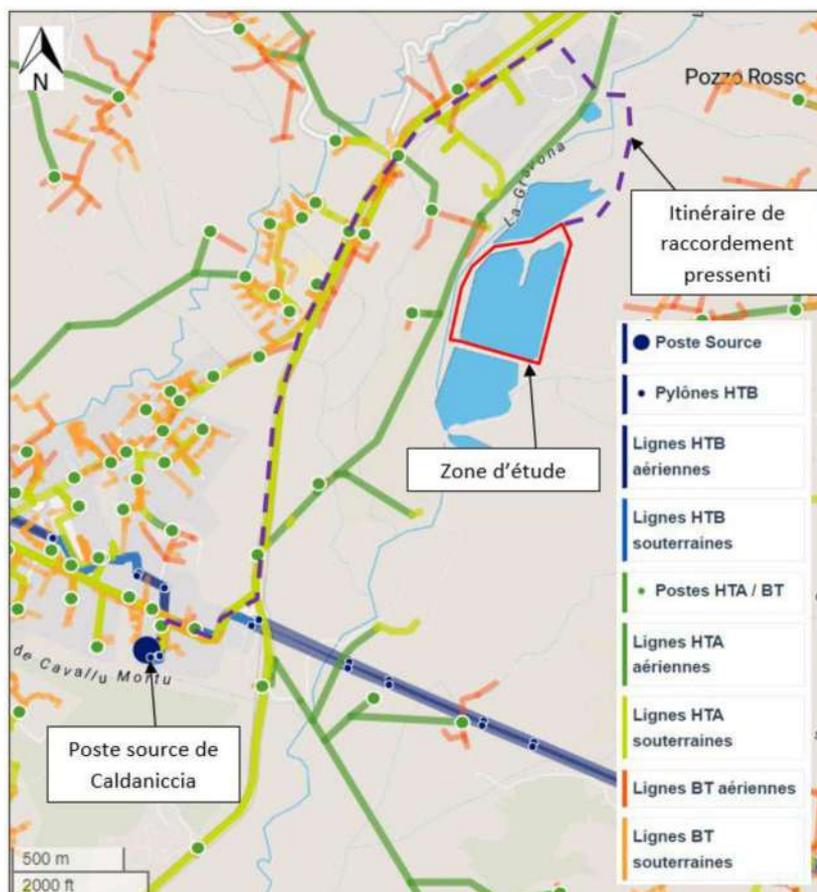
1.2. Description du projet

Recommandation MRAE

La MRAE recommande d'intégrer, dans le périmètre retenu pour l'analyse des impacts du projet, le tracé du raccordement au poste-source qui fait partie intégrante du projet.

Réponse

Le raccordement électrique externe de la centrale photovoltaïque jusqu'au réseau de distribution public est géré par EDF Corse. Le tracé exact du raccordement externe ne peut être connu avant l'obtention du permis de construire et le dépôt d'une demande de raccordement à EDF Corse. D'après les informations mises en ligne sur EDF Corse, le poste source EDF Corse le plus proche de la zone d'étude est celui de CALDANICCIA, situé dans la zone d'activité de Baleone, à environ 2,1 km au sud-ouest de la zone d'étude. Le tracé du raccordement au poste-source est repris ci-dessous par la ligne en pointillés



1.6 Justification des choix, scénario de référence et solutions de substitution envisagées

Recommandation MRAe

La MRAe recommande de reprendre l'analyse des variantes en justifiant d'une part l'absence de sites alternatifs de moindre enjeu environnemental et d'autre part en décrivant plus précisément les variantes d'implantation du projet (caractéristiques, plan de masse, enjeux écologiques identifiés...), afin de justifier le choix définitif présenté dans le dossier.

Réponse

La première variante consistait à réaliser un plan d'implantation maximisant la couverture du bassin, afin d'obtenir une production solaire la plus intéressante possible.

Cette variante 1 ne prenait cependant pas en compte les enjeux vis-à-vis du milieu naturel,

Notamment :

- la création d'un îlot en partie nord pour améliorer l'attrait écologique sur la zone (mesure R6)
- le profilage des berges sur la partie nord pour améliorer l'attrait écologique sur la zone (mesures R6 et R7)
- Marquer un recul d'au moins 15 mètres vis-à-vis des berges pour éviter tout impact sur la biodiversité rivulaire

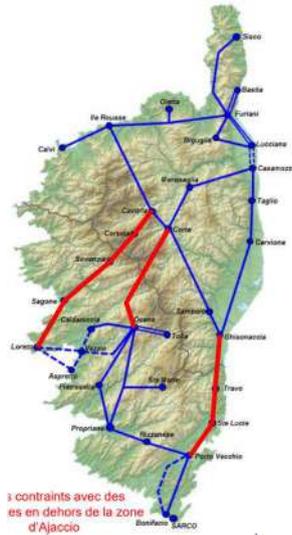


Justification complémentaire du choix du site pour l'installation d'une Centrale Solaire flottante sur le site de CUTTOLI :

1. Le contexte Energétique dans la région d'Ajaccio et le besoin de production d'électricité dans la zone :

- Les résultats d'une étude de EDF SEI en décembre 2024 montre que la zone d'Ajaccio représente plus de 35 % de la consommation électrique de l'île.
- La Zone d'Ajaccio ayant à ce jour un potentiel de production d'électricité relativement faible, les liaisons électriques entre le Nord de l'île (Bastia), vers le Sud de l'île (Région d'Ajaccio notamment) sont fortement sollicitées : « **En Corse, à l'état initial, il existe des**

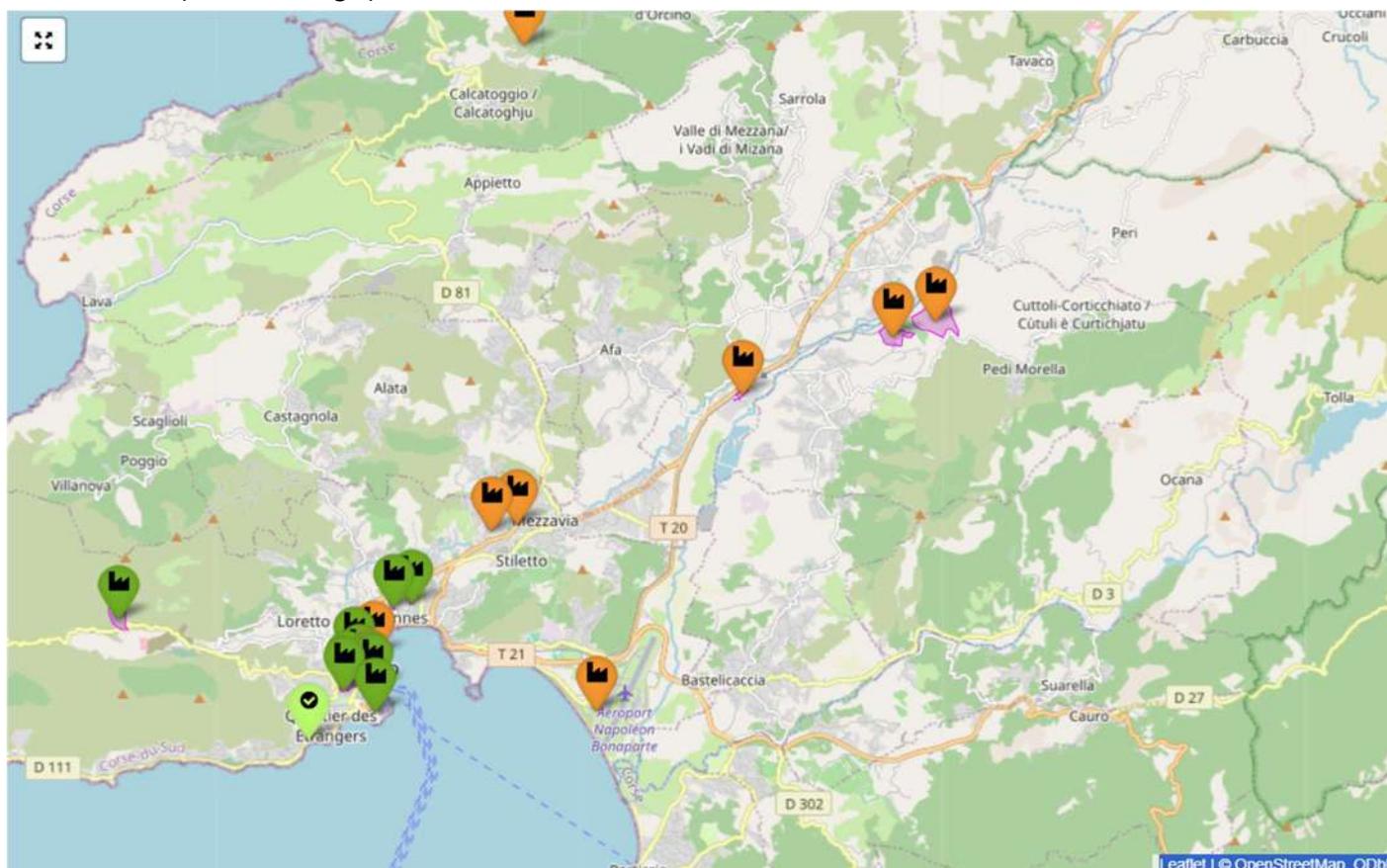
contraintes sur les liaisons nord-sud à la pointe de consommation liées au déséquilibre de production et de consommation entre ces deux zones ».



- **Le site de la centrale flottante de CUTOLOI est situé à proximité immédiate des zones industrielles d' Ajaccio, fortement consommatrices d'énergie.** L'énergie produite sera ainsi immédiatement consommée à proximité, ce qui soulagera d'autant le transit d'énergie d'une zone à l'autre et réduira les sollicitations du réseau électrique.
- **Au regard des enjeux énergétiques de la Corse, et principalement de la zone d' Ajaccio, le site est judicieusement placé pour répondre aux problématiques actuelles.**

2. Le choix du site de la Centrale flottante de CUTTOLI au regard des fonciers disponibles et des possibilités d'installation :

Extrait du site CARTOFRICHES, région AJACCIO et 15 kms autour du site de la Centrale PV flottante de CUTTOLI (Corsica Energia) :



21 FRICHES

- Fiches reconverties 1
- Fiches avec projet 10
- Fiches sans projet 10

Afficher les friches potentielles

[Filtrer](#)

Le site CARTOFRICHES indique 10 friches industrielles potentielles et à ce jour sans projet dans un rayon de 15 kms autour de la Centrale PV flottante de CUTTOLI développée par Corsica Energia, les 10 sites sont les suivants :

- Gare d' Ajaccio : ne dispose d'aucune surface pour permettre l'implantation d'une centrale solaire)

- Ruines de Charrons : en plein centre ville d'Ajaccio, aucun foncier disponible pour une centrale solaire
- Maison Ranuchieto : tout petit site dans la zone industrielle de Mezzavia (inférieur à 1 ha), impossible d'installer une centrale solaire
- Batiment Acqualonga à Mezzavia : tout petit site également impossible d'installer une centrale solaire
- Décharge sauvage de Baléone : petit site de 2 ha, compte tenu de sa géométrie il serait possible d'installer une centrale solaire de seulement 1 MW . Ce site est au bord de la route avec des co-visibilités très importantes et ne répond pas aux enjeux énergétiques de la zone d'Ajaccio, fortement déficitaire en production d'énergie
- Commune de Cuttoli, site de 17 ha référencé sur CARTOFRICHE : 2A103_13525. Ce terrain est en zone aU (à urbaniser) à 70 %. Il est destiné à l'accueil d'activités industrielles (le site reçoit déjà les abattoirs de Cuttoli). Le reste du terrain est occupé par de la forêt, ce terrain est donc inadapté à l'accueil d'un champ solaire.
- Commune de CUTTOLI, site de Saparelli : Ancienne décharge sauvage. Ce site est identifié sur CARTOFRICHE comme « friche » avec une surface de la parcelle cadastrale de 41,5 ha. Cependant, l'activité de « décharge » n'a été effective dans les années 1990 et 2000 que sur une surface extrêmement réduite : 1,2 ha sur le total, avec une topographie très compliquée. Ce site n'est donc pas approprié pour une centrale solaire.



- Aéroport d'Ajaccio : les délaissés aéroportuaires de l'aéroport pourraient accueillir éventuellement un projet de champ solaire, mais les autorités aéroportuaires et propriétaire n'ont à ce jour pas souhaité développer un projet photovoltaïque.
- En dehors des sites référencés Cartofriches, il existe quelques sites de carrières (par exemple le site de 20 ha situé à SUARRELA mais ces sites de carrières sont encore en exploitation à ce jour.

En conclusion, et au regard des enjeux de production d'électricité sur le bassin d'AJACCIO et au regard des enjeux de production d'énergies renouvelables sur le territoire, il s'avère que le site prévu pour la Centrale flottante de CUTTOLI est parfaitement approprié pour répondre à ces objectifs, et qu'il n'existe pas d'autres sites appropriés dans un rayon de 15 kms autour du site pour installer une centrale solaire de taille significative sur le territoire.

1.7 Compatibilité du projet avec les plans et programmes identifiés

Recommandation MRAe

La MRAe recommande de compléter le dossier en analysant la compatibilité du projet avec les orientations du SDAGE du bassin Corse, du PPRI de la Gravona, du PGRI de Corse et de prendre en compte les objectifs du futur SAGE de la Gravona.

Réponse

Etude de la compatibilité du projet avec les orientations du SDAGE Bassin de Corse 2022-2027 :

Document de planification pour l'eau et les milieux aquatiques à l'échelle du bassin, le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux Bassin de Corse) 2022-2027 est entré en vigueur le 17 décembre 2021. Il fixe pour une durée de 6 ans les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et intègre les obligations définies par la directive européenne sur l'eau, ainsi que les orientations du Grenelle de l'environnement pour un bon état des eaux d'ici 2027.

Les 5 orientations fondamentales du SDAGE du bassin de Corse 2022-2027 sont les suivantes :

- Anticiper et s'adapter au changement climatique ;
- Assurer l'équilibre quantitatif de la ressource en eau en anticipant les conséquences du changement climatique, les besoins de développement et d'équipement ;
- Lutter contre les pollutions en renforçant la maîtrise des risques pour la santé
 - Poursuivre la lutte contre la pollution ;
 - Evaluer, prévenir et maîtriser les risques pour la santé humaine ;
 - Conforter la gouvernance pour assurer la cohérence entre aménagement du territoire et gestion durable de l'eau ;
- Préserver et restaurer les milieux aquatiques, humides et littoraux en respectant leur fonctionnement
 - Préserver et restaurer le fonctionnement des milieux aquatiques et littoraux ;
 - Intégrer la gestion des espèces de la faune et de la flore dans les politiques de gestion de l'eau ;
 - Préserver, restaurer et gérer les zones humides pour garantir leurs fonctions et les services rendus ;
 - Préserver et restaurer les écosystèmes littoraux et marins ;
- Conforter la gouvernance pour assurer la cohérence entre aménagement du territoire et gestion durable de l'eau ;
- Réduire les risques d'inondation en s'appuyant sur le fonctionnement naturel des milieux aquatiques.

Le SDAGE s'accompagne d'un programme de mesures qui propose les actions à engager sur le terrain pour atteindre les objectifs d'état des milieux aquatiques.

Deux mesures concernent plus précisément les secteurs de gravières de Baléone :

Mesure MIA02023 : Réaliser une opération classique de restauration d'un cours d'eau.

- ➔ Action : Restaurer le fonctionnement hydromorphologique et écologique du secteur des gravières de Baléone en intégrant la prévention des inondations.

Mesure MIA0401 : Réduire l'impact d'un plan d'eau ou d'une carrière sur les eaux superficielles ou souterraines

- ➔ Restaurer le fonctionnement hydromorphologique et écologique du secteur des gravières de Baléone en intégrant la prévention des inondations.

Portée juridique du SDAGE (extrait du SDAGE Bassin de Corse 2022-2027) :

- Le SDAGE est opposable à l'administration et non directement aux tiers.
- Les programmes et décisions administratives prises dans le domaine de l'eau doivent en effet être compatibles avec le SDAGE (les orientations fondamentales, les dispositions et les objectifs de qualité et de quantité des eaux). Il en est de même pour le schéma régional des carrières et les documents d'urbanisme → **Le projet entre dans ce cadre.**
- Le SDAGE n'est pas opposable à des décisions administratives hors du domaine de l'eau comme les autorisations de défrichement ou les permis de construire. Il n'est pas non plus opposable à des activités ou pratiques qui ne relèvent pas d'une décision administrative, comme par exemple des travaux inférieurs au seuil de déclaration de la loi sur l'eau (un remblai en lit majeur d'un cours d'eau d'une surface soustraite à l'expansion des crues inférieure à 400 m², la création d'un plan d'eau de moins de 1 000m², la destruction d'une zone humide d'une surface inférieure à 1 000 m²...), le choix des cultures ou du mode d'exploitation d'un agriculteur, les conditions d'utilisation des produits phytosanitaires. »

De manière générale, la mise en œuvre d'un parc photovoltaïque flottant n'est pas de nature à avoir une incidence sur l'aspect quantitatif et qualitatif de la ressource en eau (pas de prélèvement ni de rejet). Il peut toutefois générer un risque de pollution du milieu aquatique en phase chantier (risque de fuite d'hydrocarbures par exemple), mais des mesures sont toutefois prévues pour éviter tout risque de pollution.

Concernant les mesures et actions à engager pour atteindre les objectifs d'état des milieux aquatiques, le projet n'entre pas en contradiction avec la restauration du fonctionnement hydromorphologique et écologique du secteur des gravières de Baléone. Concernant la question du risque inondation, une analyse spécifique de la non-aggravation du risque inondation a été réalisée dans le cadre de la recommandation 2.5 Risque inondation.

Etude de la comptabilité du projet avec les objectifs du SAGE Gravona, Prunelli, golfes d'Ajaccio et de Lava

Le SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau) est une déclinaison du SDAGE à l'échelle locale (bassin versant). Le SAGE des bassins Gravona Prunelli, Golfes d'Ajaccio et Lava, approuvé par l'Assemblée de Corse le 28 avril 2023, constitue un donc outil privilégié pour la gestion locale des ressources en eau. Il est rendu compatible avec les objectifs généraux et les orientations du SDAGE bassin de Corse, qu'il décline et précise localement, et les objectifs de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE).

Le PAGD (Plan d'Aménagement et de Gestion Durable), exprime le projet du SAGE en 7 objectifs généraux, 21 orientations et 67 dispositions. Les objectifs sont les suivants :

1. Restaurer et préserver la qualité physique et fonctionnelle des cours d'eau et leur biodiversité ;
2. Préserver les zones humides et restaurer leurs fonctions afin de garantir les services rendus pour la société ;
3. Assurer la non-dégradation du milieu littoral et marin sur le long terme ;
4. Gérer les risques inondation, par débordement de cours d'eau, ruissellement et submersion marine ;
5. Gérer la ressource en eau dans un contexte de changement climatique ;
6. Faire de l'eau un facteur de développement territorial ;
7. Assurer une gouvernance et une pédagogie efficaces.

La zone de projet est concernée par la disposition 7 : Améliorer le fonctionnement hydro écologique de la Gravona au terme de l'exploitation des gravières de Baleone.

Celle -ci indique que la réhabilitation du site des carrières de Baleone sera engagée à l'issue de

l'exploitation des gravières. Pour cela, une étude réalisée par la CAPA est en cours.

Le SAGE est également composé d'un règlement, qui prescrit des mesures pour l'atteinte des objectifs du PAGD qui sont identifiés comme majeurs :

Règle 1 : Protéger les réservoirs biologiques

Règle 2 : Limiter la destruction ou la dégradation des zones humides

Règle 3 : Gérer les rejets d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol

Portée juridique du SAGE (extrait du SAGE Gravona Prunelli) :

En application de l'article L.212-5-2 du code de l'environnement, à compter de la date d'approbation du SAGE, le règlement et ses documents, y compris cartographiques, sont opposables dans un rapport de conformité :

→ à toute personne publique ou privée pour l'exécution de toute, installation, ouvrage, travaux ou activité (IOTA) mentionnés à l'article 214-1 et suivants du code de l'environnement et pour l'exécution de toute Installation Classés pour la Protection de l'Environnement (ICPE) mentionnée à l'article L. 511-1 du même code ;

→ aux opérations entrant dans le champ d'application de l'article R.212-47 du code de l'environnement et visant les opérations entraînant des impacts cumulés significatifs, les exploitations agricoles procédant à des épandages d'effluents liquides ou solides,

→ aux opérations réalisées dans certaines zones identifiées dans le PAGD du SAGE.

Le projet n'est pas répertorié comme une activité IOTA relevant d'une déclaration ou d'une autorisation. Les documents du SAGE ne sont ainsi pas opposables dans un rapport de conformité au projet de parc photovoltaïque flottant.

Concernant la disposition 7, le projet n'est pas de nature à entraver la volonté de réhabilitation des carrières de Baleone et le pétitionnaire propose dans l'étude d'impact une mesure de réduction allant dans ce sens, la MR6 : Restauration écologique du Nord du site par profilage des berges et création d'un îlot.

Etude de la compatibilité du projet avec le PPRI de la Gravona

L'étude d'impact indiquait en p.105 :

« Le territoire communal de Cuttoli-Corticchiato fait l'objet d'un Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI) pour une crue torrentielle ou à montée rapide de cours d'eau, approuvé le 6 septembre 2002. Il s'agit du PPRI Gravona. Il est actuellement en cours de révision, pour une approbation prévue courant 2025. Aucun document de travail n'est disponible à ce stade malgré les sollicitations réalisées auprès de la DDT.

La zone d'étude se situe en zone d'aléa très fort inondation, en zonage présentant des interdictions de construction. »

Comme l'indique la MRAE dans son avis, la Loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables a apporté des modifications au code de l'environnement :

I.-Le II de l'article L. 562-1 du code de l'environnement est complété par un 5° ainsi rédigé :
« 5° De définir, dans les zones mentionnées aux mêmes 1° et 2°, des exceptions aux interdictions ou aux prescriptions afin de ne pas s'opposer à l'implantation d'installations de production d'énergie solaire dès lors qu'il n'en résulte pas une aggravation des risques. »

II.-Après l'article L. 562-4-1 du code de l'environnement, il est inséré un article L. 562-4-2 ainsi rédigé :

« Art. L. 562-4-2.-Lorsqu'un plan de prévention des risques naturels prévisibles d'inondation opposable ne définit pas d'exceptions au sens du 5° du II de l'article L. 562-1, le représentant de l'Etat dans le département peut, après consultation des maires et des présidents d'établissements publics de coopération intercommunale concernés, définir de telles exceptions et les rendre immédiatement opposables à toute personne publique ou privée, par une décision motivée rendue publique. « Ces exceptions cessent d'être opposables si elles ne sont pas reprises au terme de la procédure de modification du plan, prévue au II de l'article L. 562-4-1, achevée dans un délai de dix-huit mois à compter de la publication de la décision du représentant de l'Etat dans le département mentionné au premier alinéa du présent article. »

III.-Les plans de prévention des risques d'inondation en cours d'élaboration ou de révision peuvent intégrer les mesures définies au 5° du II de l'article L. 562-1 du code de l'environnement dès lors que l'arrêté d'ouverture de l'enquête publique n'a pas été adopté à la date de promulgation de la présente loi.

Etude de la compatibilité du projet avec les objectifs du PGRI Bassin de Corse 2022-2027

Le Plan de Gestion des Risques Inondations (PGRI) vise à formaliser la politique de gestion des inondations à l'échelle du bassin de Corse afin de réduire les conséquences dommageables des inondations. Le PGRI est opposable à l'administration et à ses décisions. Il n'est pas opposable aux tiers. Il a une portée directe sur les documents d'urbanisme et les programmes et décisions administratives.

Le PGRI Bassin de Corse comprend 6 objectifs :

- OBJECTIF 1 : Mieux connaître pour agir
- OBJECTIF 2 : Prévenir et ne pas accroître le risque
- OBJECTIF 3 : Réduire la vulnérabilité
- OBJECTIF 4 : Mieux préparer la gestion de crise
- OBJECTIF 5 : Réduire les risques d'inondation à l'échelle du bassin versant en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques
- OBJECTIF 6 : Suivre l'avancement des actions

La compatibilité du projet est à mettre en lien avec la non-aggravation du risque inondation (objectifs 3 et 5 du PGRI), et avec le respect des dispositions du PPRI de la Gravona auquel est soumis le projet.

Une étude de la non-aggravation du risque inondation est présentée dans le cadre de la dernière recommandation 2.5 Risque inondation.

2.1. Analyse thématique des incidences, et prise en compte de l'environnement par le projet

➤ LA FLORE

▪ **Recommandation MRAe**

La MRAe recommande de compléter l'étude d'impact en renforçant la pression d'inventaires (notamment concernant les espèces à floraison précoce), afin de s'assurer que les impacts et par conséquent les mesures associées, aient été correctement identifiés et traités, et le cas échéant d'adapter les mesures prévues.

▪ Réponse

Le pétitionnaire a mandaté l'Agence Visu pour renforcer la pression d'inventaires de la flore précoce. Trois passages ont été réalisés entre février et avril 2024.

Tableau 1: Dates d'inventaires de la flore précoce

Année	Dates	Intervenants	Taxon ciblé	Conditions météorologiques
2024	2 février	CG	Flore	16°C, Ciel ensoleillé Vent : 10 km/h SO
	20 mars	JM		19°C, Ciel ensoleillé Vent : 6km/h O
	15 avril	CG, JM		25°C, Ciel ensoleillé Vent : 8km/h OSO

Ces inventaires floristiques ont mis en évidence la présence de deux espèces protégées sur le territoire national : **Sérapias négligé** *Serapias neglecta* et **Renoncule à grosses feuilles** *Ranunculus macrophyllus*.

Tableau 2 : Flore protégée recensée sur l'aire d'étude

Espèce	Réglementation	Localisation	Nombre de pieds	Enjeux de conservation
Sérapias négligé <i>Serapias neglecta</i> 	Portée nationale Article 1	Nord Et Est	7	Fort
Renoncule à grosses feuille <i>Ranunculus macrophyllus</i> 	Portée nationale Articles 2 et 3	Sud-Ouest	1	Fort

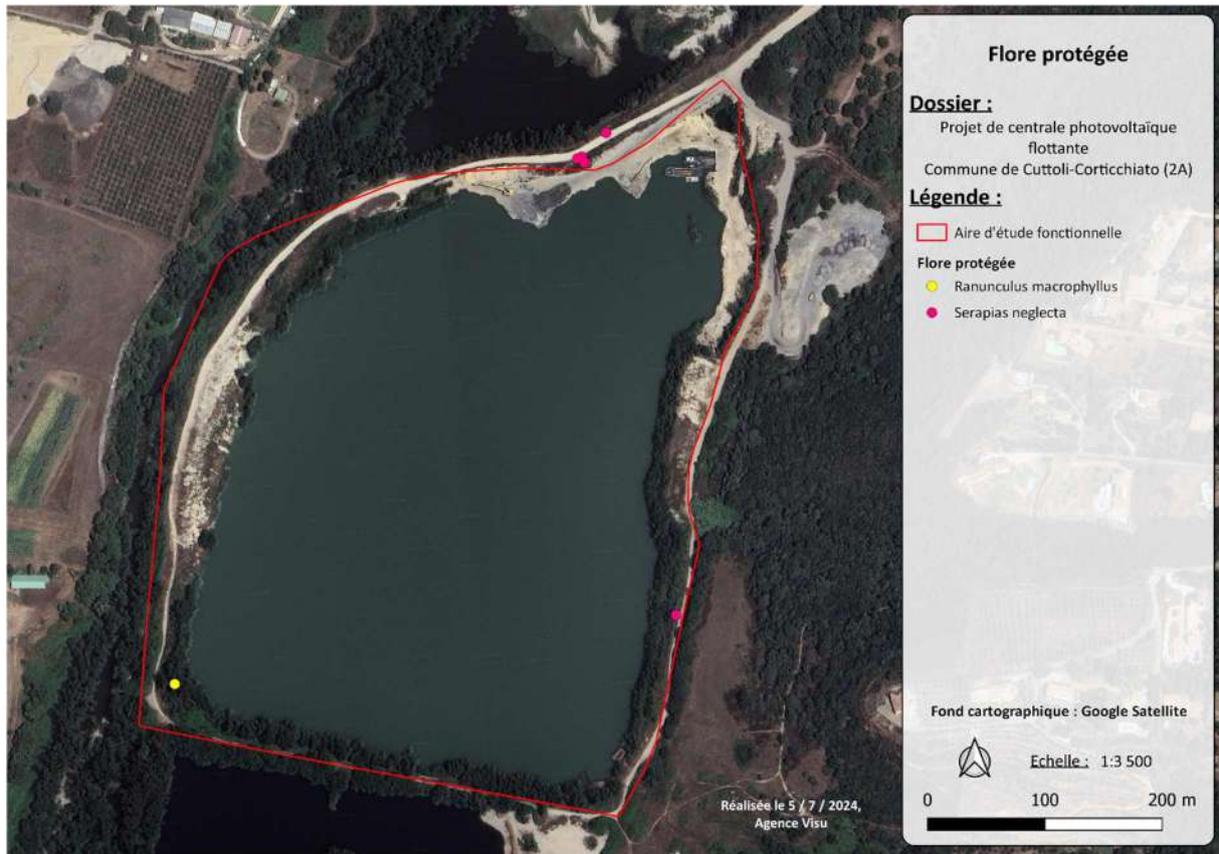


Figure 1 : Localisation de la flore protégée

Ce recensement de nouvelles stations d'espèces protégées nécessite un complément des mesures initialement prévues dans le volet naturel d'étude d'impact : « balisage et clôture de la zone de chantier, adaptation du calendrier de démarrage des travaux ou encore restauration écologique du nord du site ». Ces mesures seront donc :

- Un accompagnement par un écologue en amont des travaux pour détecter les espèces protégées qui s'expriment sur le périmètre du chantier pour ainsi adapter les emprises du chantier (au moins 3 passages) ;
- L'évitement des populations connues d'espèces floristiques protégées ;
- Le balisage préventif, mise en défens et délimitation stricte des aires de travaux pour éviter des populations connues d'espèces protégées ;
- La mise en œuvre du chantier hors périodes sensibles pour la flore ;
- Un accompagnement par un écologue en phase travaux pour veiller au respect des emprises de chantier et à l'évitement des stations d'espèces protégées (un passage par mois sur la durée des travaux).

L'ensemble de ces mesures seront demandées en supplément dans le cadre de la mesure d'accompagnement A1, Assistance écologique en phase chantier.

➤ LA FAUNE

▪ **Recommandation MRAe**

La MRAe recommande de renforcer la pression d'inventaires concernant la faune, et plus particulièrement l'herpétofaune, afin de s'assurer que les enjeux relatifs à ce groupe ont été correctement pris en compte dans l'analyse des incidences et les mesures proposées.

▪ **Réponse**

Le pétitionnaire a mandaté l'Agence Visu pour compléter la campagne d'inventaires de l'herpétofaune. Trois passages ont été réalisés entre mars et avril 2024.

Tableau 4 : Dates d'inventaires de l'herpétofaune

Année	Dates	Intervenants	Taxon ciblé	Conditions météorologiques
2024	20 mars	JM	Herpétofaune	19°C, Ciel ensoleillé Vent : 6km/h O
	15 avril	CG, JM		25°C, Ciel ensoleillé Vent : 8km/h OSO
	30 avril	JM, EB		26°C, Ciel ensoleillé Vent : 5km/h SO

Plusieurs contacts ont été établis avec des espèces communes largement représentées à l'échelle locale : Lézard tyrrhénien *Podarcis tiliguerta* et Lézard sicilien *Podarcis siculus*. La présence de têtards indéterminés est également à signaler.

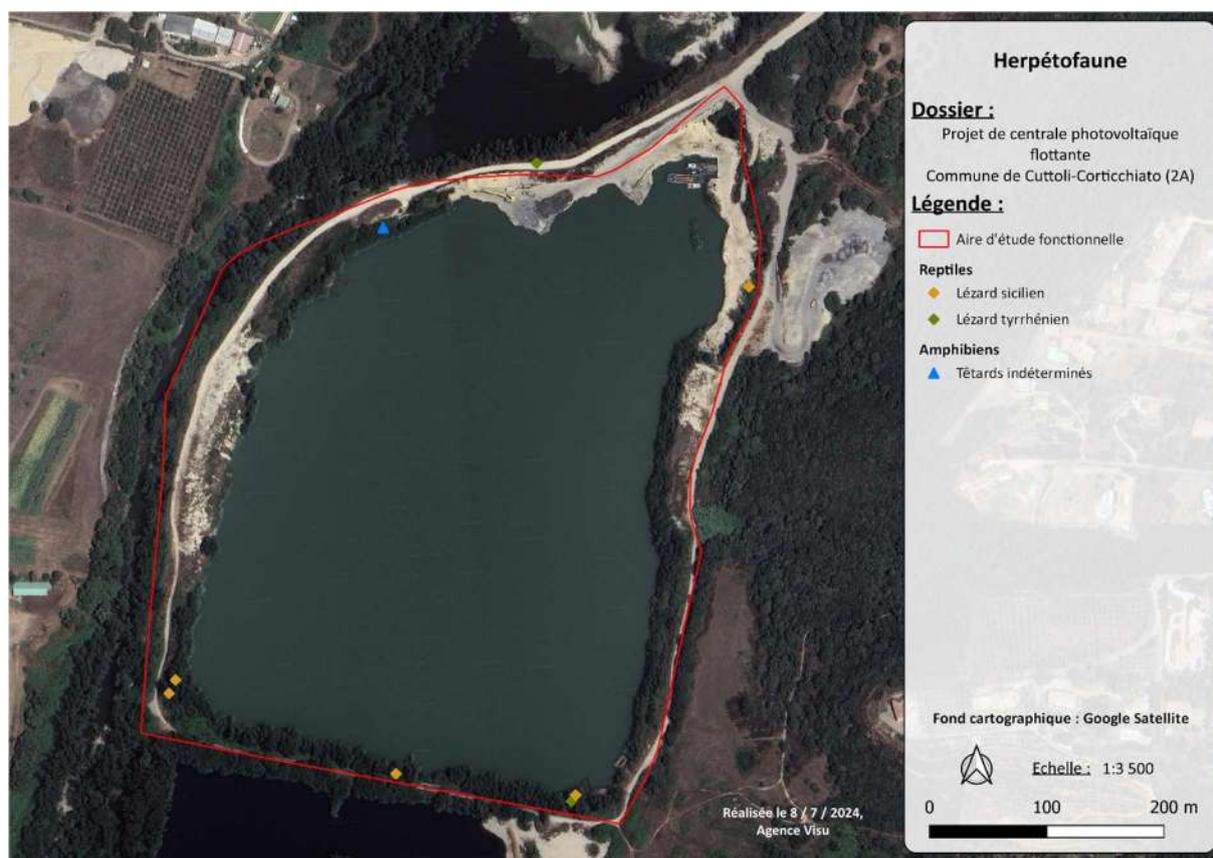


Figure 4 : Herpétofaune recensée sur l'aire de projet

Ces taxons et les enjeux qui en découlent ont déjà été pris en compte lors de l'analyse des incidences de l'étude d'impact. Les mesures proposées sont suffisantes et appropriées au regard des inventaires terrain.

▪ **Recommandation MRAe**

La MRAe recommande de compléter l'étude d'impact en présentant les incidences de l'ancrage au sol sur les populations piscicoles identifiées, et le cas échéant, de proposer des mesures visant à limiter ces incidences.

▪ **Réponse**

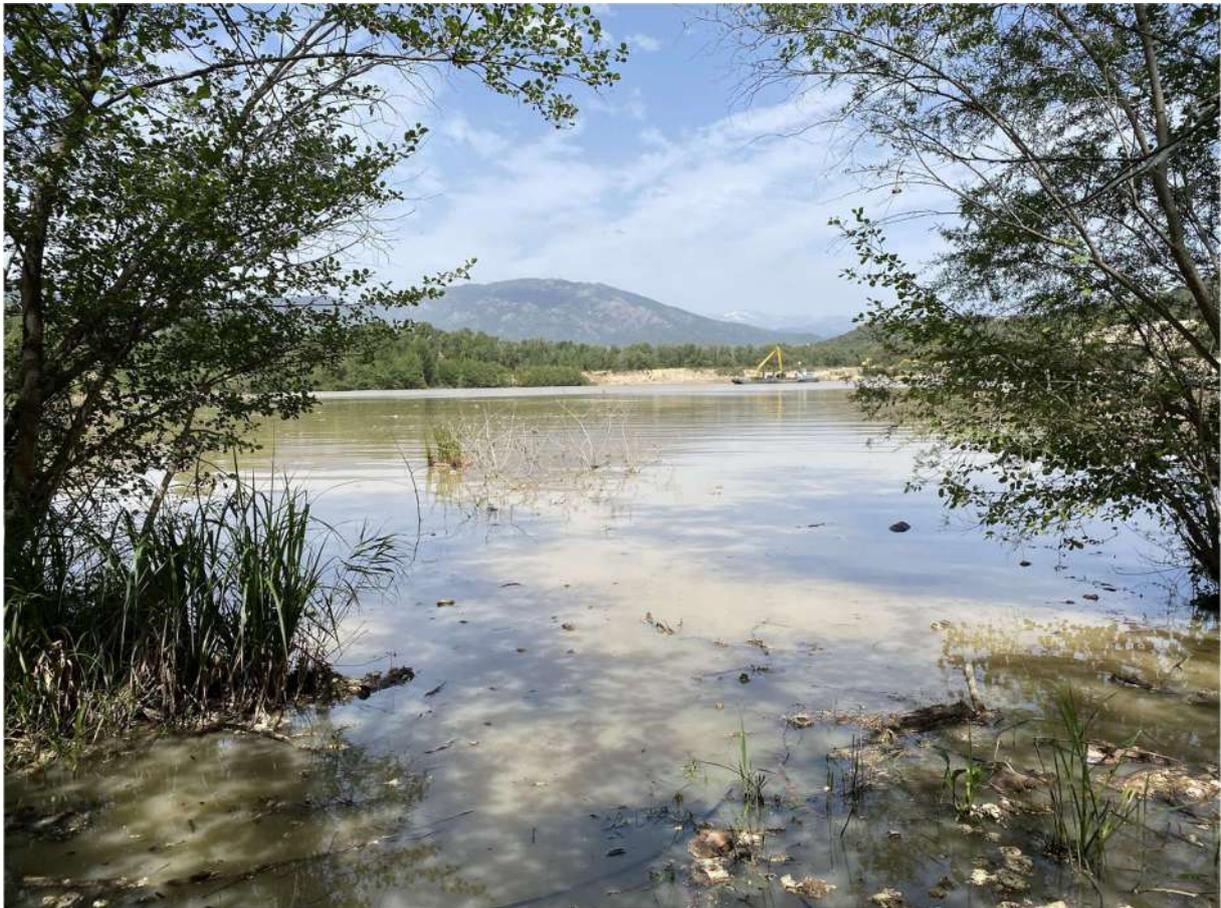
En réponse aux recommandations de la MRAe, Corsica Energia précise qu'une étude géotechnique est prévue en amont de la phase travaux, afin de déterminer les modalités de l'ancrage en fond de bassin de la centrale. Cette étude permet de renforcer les connaissances sur la composition, la structure et sur les propriétés mécaniques du sol, afin d'orienter le porteur de projet vers le type d'ancrage le plus approprié au parc flottant. Par ailleurs, une compréhension détaillée du sol aide à minimiser les perturbations environnementales lors de l'installation des ancrages. Une fois réalisée, l'étude géotechnique sera transmise aux services de la DREAL avec les modalités d'intervention précisées.

Parallèlement, les investigations naturalistes de 2021 font état de la présence de l'Anguille européenne ainsi que de la Blennie fluviatile, deux espèces piscicoles sensibles à la qualité de l'eau, dont la présence est un bon indicateur de la qualité physico-chimique des milieux. La présence de ces espèces de poissons est à nuancer au regard du protocole utilisé. L'analyse d'ADN environnemental permet effectivement de détecter les organismes présents dans la gravière, de même que ceux d'autres surfaces en eau à proximité de la gravière, organismes dont l'ADN a pu être déversé dans le plan d'eau étudié lors de phénomènes de crues. De plus, la présence d'ADN ancien ou dégradé peut compliquer l'interprétation des résultats, car il peut ne plus représenter la faune actuelle du bassin.

Lors des récents passages complémentaires pour étudier l'herpétofaune du site, les écologues ont noté une turbidité assez importante du plan d'eau, due aux activités d'exploitation de la gravière (cf figures ci-dessous). Plusieurs études scientifiques fournissent des informations sur les perturbations de l'habitat des espèces piscicoles causées par les activités humaines, dont l'extraction de graviers :

- Malavasi, S., Torricelli, P., et al. (2003). "Habitat use of the freshwater blenny *Salaria fluviatilis* (Asso, 1801) in the River Po delta (Italy)." *Italian Journal of Zoology*, 70(4), 299-306.
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007). "Handbook of European freshwater fishes." Publications Kottelat, Cornol, Switzerland.
- Feunteun, E. (2002). "Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): An impossible bargain." *Ecological Engineering*, 18(5), 575-591.

Les éléments précités permettent de conclure que la gravière de Cuttoli ne constitue actuellement pas un habitat favorable à la Blennie fluviatile et à l'Anguille européenne. Cependant, la fin de l'exploitation du site, prévue en 2025, pourra être l'occasion de mesurer une probable amélioration de la qualité de l'eau, et donc d'évaluer une potentielle reconstitution du stock d'anguilles et de blennies sur le plan d'eau.



Ainsi, afin de déterminer les incidences des installations du parc PV flottant sur les populations piscicoles locales, le pétitionnaire propose un suivi de la qualité écologique des eaux par le biais de prélèvements d'échantillons des eaux superficielles pour analyse. En amont du chantier, des prélèvements seront réalisés afin d'établir un « état 0 » de la qualité physico-chimique des eaux de la gravière. Au fur et à mesure du chantier de construction, à raison de deux prélèvements par mois *a minima*, la qualité des eaux de la gravière sera analysée pour suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques du milieu aquatique. Ces prélèvements se poursuivront jusqu'à 10 ans à l'issue de la fin des travaux (à raison d'un prélèvement par an), période intégrant également la fin d'exploitation de la gravière, ce qui permettra de mesurer l'amélioration de la qualité de l'eau qui conditionne la pérennité des populations d'espèces piscicoles à enjeu. Les opérations de prélèvement feront l'objet de rapports d'analyse détaillés qui seront transmis aux services de la DREAL. En fonction des résultats d'analyse obtenus, d'éventuelles mesures complémentaires pourront être envisagées dans le but de restaurer le bon état écologique et physico-chimique des eaux du plan d'eau, conformément aux objectifs de la directive cadre sur l'eau.

2.3 Milieu physique

Recommandation MRAe

La MRAe recommande de compléter le dossier en apportant des précisions sur le suivi actuel de la qualité des eaux (pour disposer notamment de données nécessaires à l'établissement d'un état de référence) et pour le futur en phase d'exploitation (fréquence, durée...) et de préciser les modalités du protocole d'alerte actuellement réalisé et son articulation avec le projet photovoltaïque.

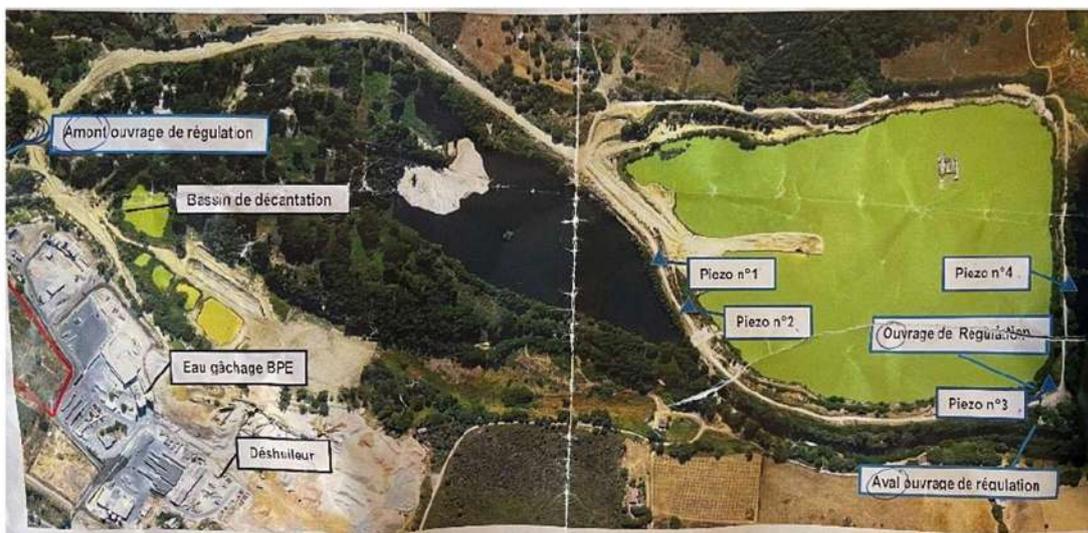
Réponse

Dans le cadre de son exploitation, terminée depuis le 1^{er} février 2025, la carrière SGBC réalisait déjà un suivi de la qualité des eaux souterraines, via le bureau de contrôle APAVE. Les données ci-dessous (rapport d'avril 2023) permettent de localiser les piézos de prélèvement ainsi que les analyses associées.

Paramètre	Unité	Résultat – Déclaration de conformité								
		PZ1 BALEONE	PZ2 BALEONE	PZ3 BALEONE	PZ4 BALEONE	PZ1 BALEONE BIS	PZ2 BALEONE BIS	PZ3 BALEONE BIS	PZ1 PERI	PZ2 PERI
pH au laboratoire	-	7.3	7	7.2	6.7	7.5	8.3	-	6.9	7.4
Temp. de mesure du pH	°C	14	14	15	16	14	14	-	15	14
Indice Hydrocarbures C10 C40	mg/l	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	-	<0.03	<0.03
Oxygène dissous	mg O2/l	1.6	0.56	4.44	0.69	4.71	8.3	-	-	-

Paramètre	Unité	Résultat – Déclaration de conformité								
		PZ1 BALEONE	PZ2 BALEONE	PZ3 BALEONE	PZ4 BALEONE	PZ1 BALEONE BIS	PZ2 BALEONE BIS	PZ3 BALEONE BIS	PZ1 PERI	PZ2 PERI
pH au laboratoire	-	7.3	7	7.2	6.7	7.5	8.3	-	6.9	7.4
Temp. de mesure du pH	°C	14	14	15	16	14	14	-	15	14
Indice Hydrocarbures C10 C40	mg/l	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	-	<0.03	<0.03
Oxygène dissous	mg O2/l	1.6	0.56	4.44	0.69	4.71	8.3	-	-	-
Métaux dissous										
• Arsenic	µg/l					<0.01	0.08	-	0.11	0.02
• Cadmium	µg/l					<0.01	<0.01	-	0.03	0.02
• Chrome	µg/l					<0.05	<0.05	-	-	<0.05
• Plomb	µg/l					<0.1	<0.01	-	<0.01	<0.1
• Nickel	µg/l					<0.2	0.3	-	<0.2	0.3
• Zinc	µg/l					<0.9	2.3	-	<0.9	<0.9
• Mercure	µg/l					<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01

SGBC BALEONE :



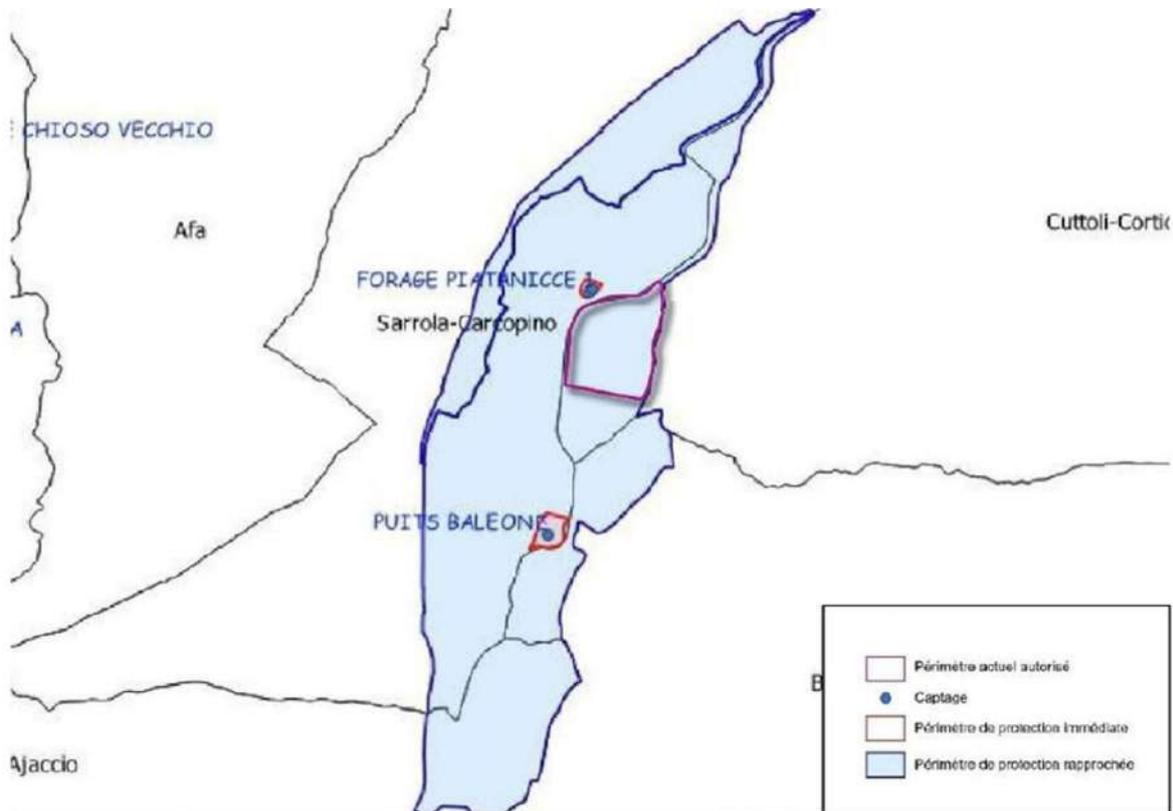
Les relevés pour la qualité des eaux pourront se faire sur la même fréquence et durée que les relevés des eaux superficielles (voir réponse précédente), à savoir :

- Un premier prélèvement en amont du chantier pour établir un « état 0 ».
- Deux prélèvements par mois en phase chantier
- Un prélèvement par an sur les 10 ans à l'issue de la fin du chantier

Les piézos 1,2,3 et 4 BALEONE seront utilisés pour le suivi de la qualité des eaux.

Dans le cadre de son exploitation, terminée depuis le 1^{er} février 2025, la carrière SGBC avait déjà établi un protocole d'alerte avec les exploitants des forages à proximité du site, où sont repris 3 captages pour l'alimentation en eau potable :

Deux forages de Piataniccia, situés en amont du plan d'eau sur la rive opposée de la Gravone, possédant un débit d'exploitation de 120 m³/h ;
 Le puits de Baléone, situé à 800m environ en aval du plan d'eau sur la rive opposée de la Gravona, possédant un débit d'exploitation de 300 m³/h.



Le pétitionnaire établira un protocole d'alerte avec les exploitants de ces forages à la fin du chantier, lorsque la centrale photovoltaïque entrera en phase d'exploitation.

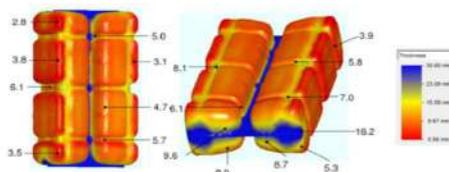
De par la technologie choisie, la centrale photovoltaïque n'aura pas d'impact sur la qualité de l'eau. En effet, les flotteurs sont en PEHD et cela est repris dans la documentation du structuriste(ci-dessous), et le PEHD est un matériel utilisé pour les réseaux d'adduction en eau potable.

Design and Development



Design of a floater with a complex outline

- The pontoons are made from high-quality, multi-layer High-density polyethylene.
- The inside layer is made from recycled material.
- The HDPE is food-safe and therefore will not harm the water at all.
- The mixture of raw material is designed for a long-life cycle, maximal UV protection, high stability and durability.
- To avoid micro-abrasion of plastic, the floaters are fit in tight into construction without mechanical attachment.



2.3 Paysage

▪ Recommandation MRAe

La MRAe recommande de compléter l'étude d'impact en produisant une réelle étude d'insertion paysagère permettant :

- *de définir et de justifier des incidences identifiées par une cartographie des lieux de covisibilité du projet ;*
- *de proposer une séquence ERC complète en lien avec les mesures proposées sur le volet biodiversité et en s'assurant notamment que la mesure de retrait des berges (a minima 15 m) est respectée ;*
- *de reprendre les photomontages proposés en prenant en compte l'ensemble des installations envisagées (installations terrestres, postes de transformation sur allées flottantes, clôture à proximité de la piste périphérique...).*

▪ Réponse

Contexte

L'aire de projet s'inscrit dans un contexte particulier à l'échelle du pays ajaccien. Site employé pour l'extraction de granulats, elle appartient à un complexe hétéroclite d'installations vouées à la production de matériaux, de béton et de bitume. Étendu sur 120 hectares entre, au sud, le site de la SECA proche de la Caldaniccia et, au nord, le pôle granulats de Ponte Bonellu à Baleone, ce complexe est positionné sur la charnière entre la plaine de Campo dell'Oro et la vallée de la Gravona. A ce titre, il occupe une place relativement centrale dans le pays ajaccien.

Ce dernier s'articule en plusieurs sous-entités paysagères autour du Monte Sant'Angelo. A l'Ouest, lovée au pied de la Punta Pozzo di Borgo et du Salario, la ville s'enroule autour de ses ports, pour s'étirer en étoile vers les cols de Prunu et de St Antoine. Encore plus à l'Ouest, la ville s'étire le long de la route des Sanguinaires, appuyée sur l'épaule des versants du Salario, pour dessiner une séquence balnéaire qui fonde une partie de sa renommée. Ce paysage urbain est isolé de la Plaine de Campo dell'Oro par l'ensemble de reliefs constitués autour du Sant'Angelo. Relativement massifs, cet ensemble ne concède que deux portes d'entrée/sortie au niveau du col d'Aspretto au Sud et au niveau du col du Stiletto au Nord. Chacune de ces portes livre une ouverture sur le grand paysage, orientée vers l'aéroport et la partie littorale de la plaine de Campo dell'Oro, au niveau de l'Aspretto, orientée vers les collines d'Afa/Sarrola et la haute-vallée de la Gravona, au niveau du Stiletto.

Au sud, c'est l'ouverture de la Plaine de Campo dell'Oro qui prédomine. L'espace se partage entre agriculture et aéroport, sous l'arbitrage de la Gravona, de sa ripisylve et de sa confluence avec le Prunelli qui aboutit en embouchure sur la mer. Ceintée à l'Est par les méplats du piémont de l'Aragnascu et le coteau de Bastelicaccia, tous deux urbanisés quasiment en continuité, la plaine forme une respiration singulière du pays ajaccien, ce dernier n'étant pas couramment associé à l'image des grands espaces.

A l'est, au nord et jusqu'au Nord-ouest, règne un partage – qui tend aujourd'hui à se stabiliser – entre un paysage agricole de coteaux partiellement boisés, où se pratique l'élevage, et l'urbanisation des communes de la périphérie ajaccienne. Toutes orientées vers la plaine et ouvrant parfois jusqu'à la mer, les vues données à contempler profitent d'un positionnement en amphithéâtre qui souligne l'ouverture de la plaine. Au-delà de ces coteaux et de ces foyers d'urbanisation, le paysage se ferme peu peu à la faveur de l'élévation des crêtes qui culminent au Renoso et au Monte d'Oro. Marqués par le maquis, les versants se parent de pinèdes et de hêtraies, à mesure que l'altitude progresse, et

affichent, à leur sommet, des crêtes acérées de rocs et rochers qui dessinent un paysage de Montagne. Depuis ces espaces de la haute-vallée, les vues sur la plaine sont silhouettes. Captivante, la mer, dans un dessin de rondeurs, sculpte les différentes cales et criques qui animent le Golfe d'Ajaccio. Les détails sont effacés, la ville estompée, teintes et volumes s'entremêlent, ne persiste alors que la prégnance de la Plaine de Campo dell'Oro comme écrin du rivage, le jeu des crêtes, la succession des cales et criques. Plus proche du col de Vizzavona, la plaine a disparu, la succession des crêtes et l'encaissement de la vallée transformant l'horizon en succession d'obliques.

Dans ce contexte paysager particulier, pour centrale qu'elle soit, la plaine n'est finalement pas l'élément le plus perceptible. Certes, elle joue un rôle de socle face aux perceptions offertes depuis les coteaux de Bastelicaccia à Cuttoli et d'Afa à Peri, toutefois, elle reste peu perceptible du reste du territoire, cachée par le Sant'Angelo ou effacée par la prégnance des collines et crêtes qui découpent l'espace.

A échelle plus resserrée, l'observation de l'aire de projet met en avant l'importance de la ripisylve de la Gravona et des boisements qui entourent l'étang. Alors que le site appartient à un vaste complexe d'exploitation de granulats et d'enrobés, l'ambiance ainsi créée laisse peu paraître cette proximité industrielle. Certes la présence de la large piste qui relie tout le complexe, la barge d'extraction, les engins de chantier et les berges à l'accent minéral, rappellent la nature du site, toutefois, il faut reconnaître qu'il y règne une impression de relatif isolement. Plus surprenant encore, l'étang mitoyen, au sud, transporte littéralement l'observateur en un autre lieu. Plus utilisé pour l'extraction depuis plusieurs dizaines d'années, l'étang a vu ses berges et ses abords se parer d'une végétation dense. Aulnes, et phragmites s'y mélangent pour isoler le promeneur ou le pêcheur dans une bulle de verdure et de fraîcheur.

Ce n'est qu'une fois éloigné des étangs que le motif industriel reprend ses droits tant au Nord qu'au sud. Les sites de criblage concassage – trois en tout – les centrales à béton – trois également – l'usine d'enrobée, les bassins de stockage des laitances, le paysage n'est plus que sable et acier.

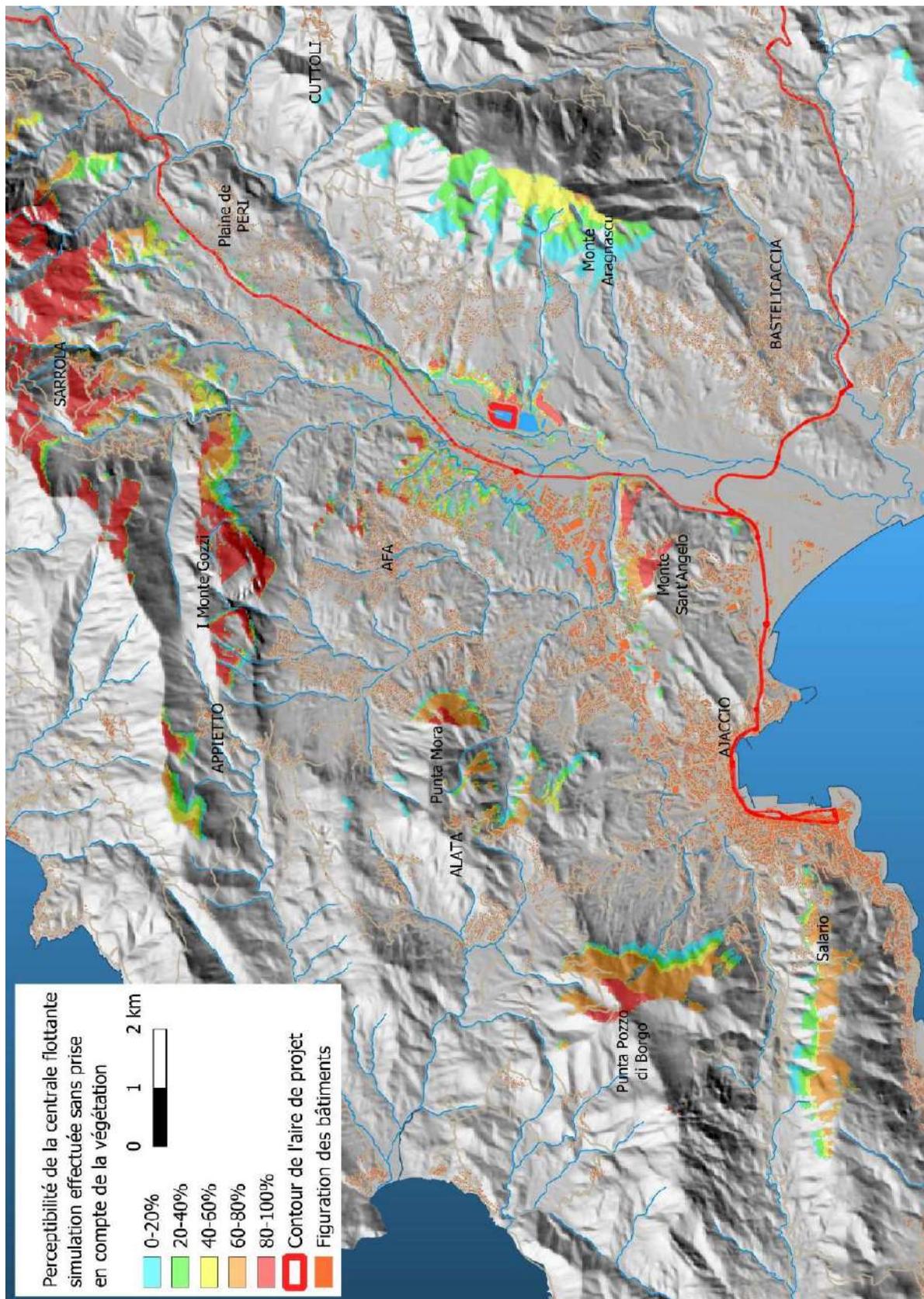
A l'Ouest, aux abords de ce complexe, une fois la voie ferrée franchie, le paysage reste profondément marqué par l'industrie et les activités humaines. Ainsi, face à l'entrée de la carrière de la SECA, au sud de l'étang, un ancien centre de stockage de déchets inertes a été reconverti en site de compostage. A ses côtés, sur l'autre rive du Cavalu mortu, le site de triage de Corse-eurodéchets – chargé d'expédier les déchets ménagers collectés sur l'agglomération ajaccienne vers l'Installation de Stockage de Déchets non Dangereux de Viggianello – marque l'entame de la vaste zone industrielle et d'activités de Baleone. Plus au Nord, en face du site de la SBSG, est positionné le site de tri de la société qui prend en charge ferraille, bois et carton. Entre les deux, s'étire le long ruban de hangars et autres constructions à usage d'activités jusqu'au collège de Baléone et l'entrée sur la zone du même nom.

Point positif à relever, le paysage parvient à respirer à la faveur d'une poche relictuelle d'agriculture. D'une superficie équivalente à la zone industriello-commerciale de Baleone – environ 150ha – elle atténue le caractère massif de cette dernière dans le cadre de perceptions opérées à l'échelle du grand paysage, depuis Afa, Sarrola, Peri, Cuttoli et Bastelicaccia.

A l'Est, en revanche, le paysage se fait plus naturel, à la faveur de versants boisés qui se prolonge en épaulement sur plus d'un kilomètre au Nord et au Sud. Certes, l'urbanisation est présente en plateau, à la faveur de méplats de ces versants. Toutefois, la position du site et la pente des versants impliquent un effet de seuil qui rend la majeure partie de ces espaces urbanisés invisibles depuis les berges de l'étang. Seuls quelques habitations, sont visibles, à la faveur d'une position dominante depuis le Nord.

Perception

Une première analyse purement géomorphologique révèle une perception du projet contenue à sa périphérie proche ou, aux lointains, aux crêtes les plus élevées. Dans l'ensemble, cette carte confirme le caractère peu exposé de l'étang ressenti lors de l'analyse du grand paysage. Cela s'explique par le léger encaissement de l'étang dans le lit mineur de la Gravona qui a creusé la plaine de Campo dell'Oro et par la présence de différents reliefs qui joue un rôle appréciable de masques visuels.



Domaine de perceptibilité du projet depuis le grand Ajaccio sans prise en compte de la végétation

La carte ci-dessus isole les espaces d'où le projet peut être visible s'il n'est pas tenu compte de la végétation. A large échelle, si peu d'espaces sont affectés, certains méritent une attention particulière au regard de leur fréquentation. C'est le cas notamment, de la montée au Château de la Punta et des rochers des Gozzi, ainsi que depuis le village de Sarroia.



Vue depuis la voie d'accès au Château de la Punta

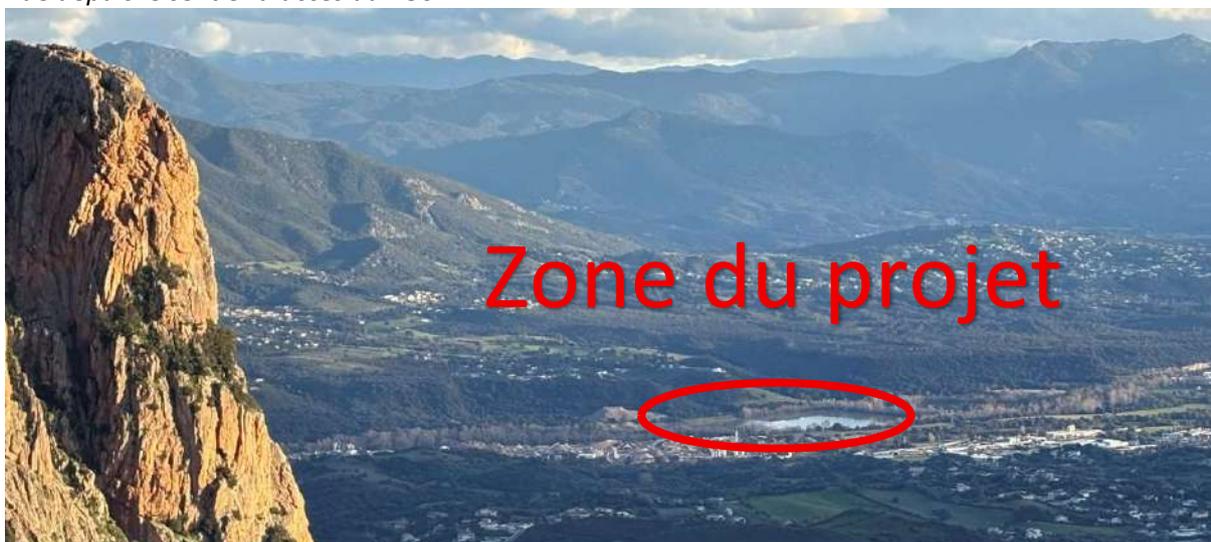


Zoom vers l'emplacement de l'étang

Depuis ce point, la ripisylve de la Gravona joue un rôle d'écran qui masque intégralement l'étang. Aucune perception n'est possible.



Vue depuis le sentier d'accès aux Gozzi



Zoom sur l'étang depuis le sentier d'accès aux Gozzi

Depuis ce point, tout comme depuis le sommet des Gozzi, il est possible d'apercevoir l'étang dans sa quasi-totalité. Point positif, le panorama allant de Capu di Muru au Golfe de Lava est tellement dégagé, que la vue sur l'étang est anecdotique. Elle l'est d'autant plus que de ce point de vue, le contexte d'insertion de l'étang est dominé par le motif industriel. A noter, la centrale photovoltaïque de Bastelicaccia qui est positionné au-dessus de l'étang se perçoit à peine.



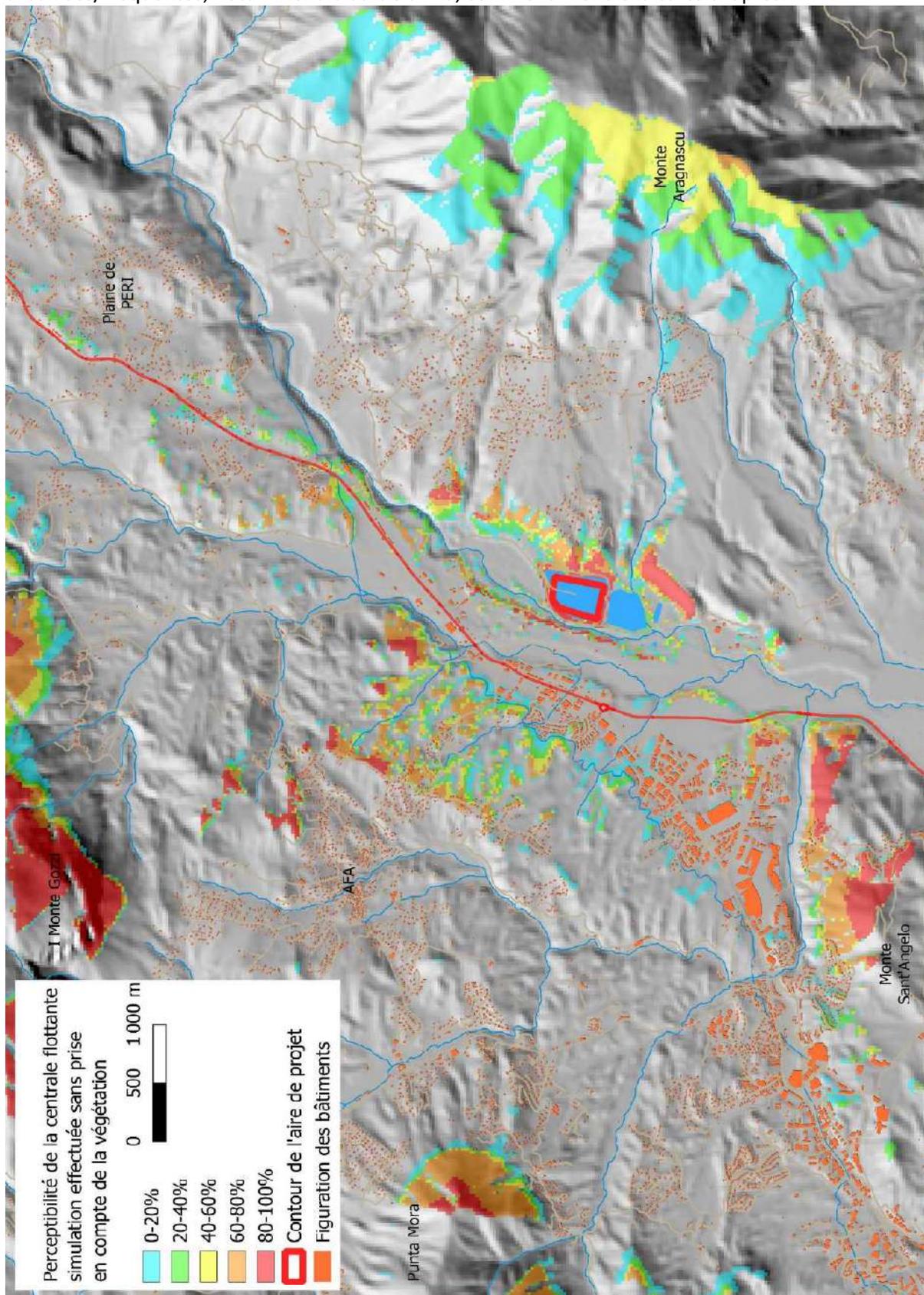
Vue depuis un espace dégagé du village de Sarrola



Zoom sur l'étang depuis le village de Sarrola

Si elle est moins ouverte que depuis les Gozzi, la vue embrasse un panorama étendu. Sur les images ci-dessus, l'endroit et l'angle ont été choisis pour être les plus défavorables. L'étang apparaît dans son intégralité encadrée par les deux sites d'extractions. Cette situation tend à réduire la qualité de sa prégnance et l'hypothèse d'un impact négatif significatif. A noter, là aussi, la faible perception de la centrale de Bastelicaccia positionnée sur le même axe de vue.

A échelle plus resserrée autour de l'aire de projet, l'étang est perceptible depuis quelques espaces urbanisés/fréquentés, notamment la sortie d'Afa, comme le montre la carte ci-après.





Depuis la sortie d'Afa, sa perception peut être considérée comme négligeable. A noter, d'ici la centrale photovoltaïque de Bastelicaccia.

Cette vue représente la perception type de l'étang de la majeure partie des habitations d'Afa identifiées sur la cartographie précédente.



Sur les hauteurs d'Afa, l'étang se distingue plus aisément, tout comme les sites de concassage criblage mitoyens. Positionnée en contre-haut la centrale photovoltaïque de Bastelicaccia se distingue davantage que sur les autres points de vue.

Des vues similaires sur l'étang sont potentielles sur 30 à 40 habitations d'Afa positionnées selon une même configuration.



Cette vue offre l'aperçu le plus élevé du lotissement de la Confina juste à côté du château d'eau. L'étang se perçoit à peine au travers de la ripisylve. Sa perception peut être considérée comme négligeable, en tout état de cause bien moindre que celle de la centrale de Bastelicaccia à droite sur l'image.

mesure R7 sera effectuée lors de la période propice à la plantation d'hélophytes.

Création de l'îlot et reprofilage des berges.



Création d'habitats favorables à la reproduction des amphibiens pionniers dont le Crapaud vert



Photomontages





2.5 Risque inondation

Recommandation MRAe

La MRAe recommande de compléter l'étude d'impact en confirmant, par une analyse spécifique, la non-aggravation du risque inondation et en proposant un ancrage au sol suffisamment solide pour garantir la tenue des fondations à l'affouillement ainsi que la résistance des installations aux éventuels chocs et pressions liés à un éventuel embâcle (de type voiture), compte tenu du fort marnage et des vitesses élevées.

Réponse

Le pétitionnaire a mandaté l'entreprise BRL Ingénierie pour réaliser cette étude hydraulique. L'ensemble de l'étude est repris à partir de la page suivante. BRL Ingénierie disposait des données relatives au futur PPRI en vigueur sur la Gravona. En effet, cette entreprise a été mandatée par l'Etat pour le nouveau PPRI.

PROJET DE CENTRALE SOLAIRE FLOTTANTE SUR LA COMMUNE DE CUTTOLI-CORTICCHIATO (2A) ETUDE D'INCIDENCE HYDRAULIQUE

Phases 1 et 2 : Rapport



Avril 2025



BRL ingénierie

1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001
30001 NIMES CEDEX 5

Date du document	30/04/2025
Contact	Gwenaël CHEVALLET

Titre du document	Phase 1 : Etude d'incidence hydraulique Phase 2 : Accompagnement technique
Référence du document :	A01570_CORSICA_ENERGIA
Indice :	V2

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
05/03/2025	V1	Première émission – Rapport sans calculs d'amarrage	EFE/GCH	JJA
30/04/2025	V2	Rapport avec calculs d'amarrage	OCH/BDI	JJA

PROJET DE CENTRALE SOLAIRE FLOTTANTE SUR LA COMMUNE DE CUTTOLI-CORTICCHIATO (2A)

Phases 1 et 2

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	9
2	HYPOTHÈSES HYDROLOGIQUES	11
2.1	PREAMBULE	11
2.2	CRUE DE REFERENCE DE LA GRAVONA ET DU PRUNELLI	11
2.3	AUTRES PERIODES DE RETOUR	13
2.4	CRUE DE CALAGE	13
3	MODELISATION HYDRAULIQUE	14
3.1	STRATEGIE GENERALE DE MODELISATION	14
3.2	MAILLAGE DES MODELES	16
3.3	TOPOGRAPHIE EXPLOITEE	19
3.4	ZONAGE DES COEFFICIENTS D'INFILTRATION	22
3.5	ZONAGE DES COEFFICIENTS DE FROTTEMENT	24
3.6	CONDITIONS LIMITEES	25
3.7	CALAGE DES MODELES	27
3.7.1	Préambule	27
3.7.2	Calage en débit	27
3.7.3	Calage en cotes maximales atteintes	28
3.8	EVENEMENTS DE PROJET	29
3.8.1	Préambule	29
3.8.2	Détail des événements de projet de référence	30
3.9	HYPOTHESES LIEES A L'EFFACEMENT DES DIGUES	32
3.10	RESULTATS DES SIMULATIONS AU DROIT DU PROJET	33
3.10.1	Préambule	33
3.10.2	Analyse des résultats	34
3.10.3	Cartographies de l'état actuel	35
3.11	INCIDENCE HYDRAULIQUE DU PROJET	42
4	ACCOMPAGNEMENT TECHNIQUE POUR L'ETAT AMENAGE	43
4.1	REFERENCES	43
4.2	NORMES ET RECOMMANDATIONS TECHNIQUES	43
4.3	DONNÉES DU SITE	44
4.3.1	Données topo-bathymétriques	44
4.3.2	Données géotechniques	44
4.3.3	Milieux physiques	45
4.4	LES PANNEAUX FLOTTANTS	49

4.4.1	Caractéristiques des panneaux flottants :.....	49
4.4.2	Fardage des tables flottantes	49
4.5	PLAN D'IMPLANTATION.....	50
4.6	MODALITES D'ANCRAGES.....	51
4.7	VALEURS REPRESENTATIVES DES MATERIAUX DE STRUCTURES UTILISEES	52
4.7.1	Caractéristiques.....	52
4.7.2	Corrosion	52
4.8	CHARGEMENT ET COMBINAISON.....	52
4.8.1	Vent	52
4.8.2	Courant	53
4.8.3	Embâcles.....	54
4.8.4	Combinaisons d'actions.....	54
4.9	CALCUL DES SURFACES IMPACTEES EN FONCTION DES DIRECTIONS DU VENT	55
4.10	CALCUL DES EFFORTS.....	56
4.11	ANCRAGES PERIMETRIQUES TERRESTRES	58
4.11.1	Hypothèses de modélisation des pieux sur Albe Fuda	58
4.11.2	Récapitulatif des efforts appliqués aux pieux.....	60
4.11.3	Pieux de $\Phi 324$ mm ép 7.92 mm, L=10 m, espacés de 6 m.....	61
4.11.4	Pieux de $\Phi 458$ mm ép. 7.92 mm, L=11 m, espacés de 12 m.....	63
4.11.5	Pieux de $\Phi 559$ mm ép.8.74 mm, L=11 m, espacés de 18 m.....	65
4.12	ANCRAGES AQUATIQUES.....	67
4.12.1	Corps-morts	67
4.12.2	Pieux ancrés au fond du plan d'eau	68
4.13	SYNTHESE DU DIMENSIONNEMENT	68
4.13.1	Efforts calculés.....	68
4.13.2	Synthèse du dimensionnement des ancrages	69
4.14	CONCLUSION.....	71

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Zone du projet	9
Figure 2 : Résumé des débits centennaux estimés à partir des différentes approches dans l'étude hydrologique	12
Figure 3 : Emprises des 3 modèles 2D.....	15
Figure 4 : Affinage du modèle 2D aval au droit du projet.....	16
Figure 5 : Maillages des modèles 2D amont.....	17
Figure 6 : Maillage du modèle 2D aval	18
Figure 7 : Modèle Numérique de Terrain global	19
Figure 8 : Illustration du MNT global.....	20
Figure 9 : Localisation des projets routiers pris en compte dans l'état actuel de référence.....	20
Figure 10 : Bathymétrie sur l'emprise du projet	21
Figure 11 : MNT exploités dans le modèle hydraulique avant et après intégration de la bathymétrie du projet	21
Figure 12 : Zonage de l'occupation des sols	22
Figure 13 : Zonage du coefficient CN de la méthode SCS	23
Figure 14 : Zonage des coefficients de frottement Ks (exemple modèle aval)	24
Figure 15 : Zonage de la pluie de décembre 2019 et cumuls associés	25
Figure 16 : Zonage des pluies de projet	26
Figure 17 : Calage en débit des modèles	27
Figure 18 : Evénements de référence des modèles amont – Exemples d'hydrogrammes.....	30
Figure 19 : Evénement de référence du modèle aval – Hypothèses sur les pluies	31
Figure 20 : Niveau de sûreté du système d'endiguement de Campo Dell'Oro (Source CAPA/BRLi)	32
Figure 21 : Evénement de référence du PPRi (illustrations 3D)	33
Figure 22 : Evénement de référence du PPRi (gauche) et de la présente analyse (droite) – Hauteurs d'eau.....	34
Figure 23 : Evénement de référence du PPRi (gauche) et de la présente analyse (droite) – Vitesses d'écoulement	35
Figure 24 : Evénement de référence type PPRi – Hauteurs d'eau	36
Figure 25 : Evénement de référence type PPRi – Vitesses d'écoulement.....	37
Figure 26 : Evénement type décembre 2019 (période de retour de l'ordre de 20 à 30 ans) – Hauteurs d'eau	38
Figure 27 : Evénement type décembre 2019 (période de retour de l'ordre de 20 à 30 ans) – Vitesses d'écoulement.....	39
Figure 28 : Evénement de période de retour 10 ans – Hauteurs d'eau	40
Figure 29 : Evénement de période de retour 10 ans – Vitesses d'eau	41
Figure 30 : Plan d'implantation des différents piézomètres	44
Figure 31 : Zonage sismique (GEOPORTAIL).....	48
Figure 32: Caractéristiques des modules flottants.....	49
Figure 33 : Plan d'implantation des modules sur le plan d'eau.....	50
Figure 34 : Représentation schématique des ancrages périmétriques et des lignes d'amarrages	58
Figure 35 : Coefficients partiels utilisés pour le calcul	59
Figure 36 : Angle par rapport à l'horizontal des panneaux	60
Figure 37: Schéma de l'ouvrage	61
Figure 38 : Résultats du dimensionnement à l'ELU.....	62
Figure 39 : Résultats du dimensionnement à l'ELU accidentel.....	62
Figure 40 : Résultats du dimensionnement à l'ELS	62
Figure 41 : Schéma de l'ouvrage	63
Figure 42 : Résultats du dimensionnement à l'ELU.....	64
Figure 43 : Résultats du dimensionnement à l'ELU accidentel.....	64
Figure 44 : Résultats du dimensionnement à l'ELS	64
Figure 45 : Schéma de l'ouvrage	65
Figure 46 : Résultats du dimensionnement à l'ELU.....	66
Figure 47 : Résultats du dimensionnement à l'ELU accidentel.....	66
Figure 48 : Résultats du dimensionnement à l'ELS	66
Figure 49 : Représentation schématique des ancrages périmétriques et des lignes d'amarrages	69



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résumé des débits centennaux estimés à partir des différentes approches dans l'étude hydrologique	12
Tableau 2 : Résumé des débits de référence Q100 proposés pour les points de calculs hydrologiques ciblés	13
Tableau 3 : Débits proposés pour les différentes occurrences de crue	13
Tableau 4 : Surcotes marines au marégraphe d'Ajaccio (source BRGM)	26
Tableau 5 : Débits issus de l'analyse hydrologique et débits du modèle Telemac retenus	29



1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Corsica Energia a contacté BRLi afin de réaliser une étude d'incidence hydraulique dans le cadre d'un projet de parc photovoltaïque flottant.

Le projet est situé dans le lit majeur de la Gravona sur la commune de Cuttoli-Corticchiato en Corse du Sud. Les panneaux sont situés sur une ancienne gravière.

Il est à signaler que BRLi est en charge de la réalisation du PPRi de la Gravona et du Prunelli et de ce fait :

- Connaît parfaitement les contextes local et général de l'étude,
- A réalisé le modèle hydraulique Telemac-2D du PPRi.

Figure 1 : Zone du projet





Parmi les crues marquantes sur les bassins versants de la Gravona et du Prunelli, on peut citer les crues de décembre 1958, décembre 1980 qui a conduit à la fermeture de l'aéroport et une interruption du trafic pendant 3 jours sur Ajaccio, décembre 1992, février 2014, septembre 2016...

Plus récemment, les fortes précipitations de 2019 sur la Corse du Sud ayant conduit à des crues importantes les 20 et 21 décembre 2019, ont mis en évidence la nécessité de réviser les Plans de Prévention des Risques Naturels inondation (PPRNi) des bassins versants de la Gravona et du Prunelli approuvés en 1999.

Enfin, le 11 juin 2020, un événement intense centré sur le bassin du Vazzio a été enregistré. Ce dernier a été très court et très intense ; 160 mm de pluie se sont abattus localement en 3 heures. Il s'agit d'un événement exceptionnel à l'échelle locale puisque ces valeurs sont bien supérieures aux quantiles de précipitations pour une période de retour de 100 ans (environ 75 mm/3h). Il est à noter que l'événement de référence du PPRI tient compte de cet épisode hydrologique.

L'étude est scindée en deux phases distinctes :

- **Phase 1 : étude d'incidence hydraulique du projet (§ 2 et 3)**
- **Phase 2 : accompagnement technique pour l'état aménagé (§ 4).**



2 HYPOTHÈSES HYDROLOGIQUES

2.1 PREAMBULE

Ces éléments sont issus de la définition des aléas inondation réalisée dans le cadre du PPRi de la Gravona et du Prunelli.

L'étude hydrologique a eu pour objectif de définir les données d'entrée de la modélisation hydraulique, cet objectif a donc été multiple :

- Définir la crue de référence du PPRNi sur les bassins de la Gravona et du Prunelli : il s'agit de la crue centennale théorique ou de la plus forte crue connue si celle-ci est jugée supérieure à la centennale et suffisamment renseignée ;
- Définir les débits des crues de période de retour 2, 5, 10, 20, 50 et 1000 ans ;
- Définir les débits de la crue de calage.

Cette étude hydrologique a été complétée par une approche hydrologique-hydraulique lors de la mise en œuvre de la modélisation. En effet, comme détaillé dans le § 3, il a été choisi de faire précipiter sur les modèles hydrauliques les pluies de projet afin d'obtenir les zones inondables par ruissellement et débordement de cours d'eau.

2.2 CRUE DE REFERENCE DE LA GRAVONA ET DU PRUNELLI

CHOIX DE LA CRUE DE REFERENCE

La crue de référence peut être soit la crue centennale sur le domaine d'étude, soit la crue connue la plus forte si celle-ci est caractérisée par une période de retour supérieure à 100 ans et qu'elle est suffisamment documentée.

La crue de décembre 2019 est la crue la plus forte connue, récente et bien documentée, ayant affecté l'ensemble du domaine d'étude. L'évènement hydrologique est caractérisé par un débit de pointe de :

- **465 m³/s pour la Gravona à la station de Péri ;**
- **427 à 453 m³/s pour le Prunelli à la station de Tolla.**

Le graphique et le tableau ci-après présentent les débits centennaux estimés par différentes approches ainsi que les valeurs présentées dans les études antérieures.



Figure 2 : Résumé des débits centennaux estimés à partir des différentes approches dans l'étude hydrologique

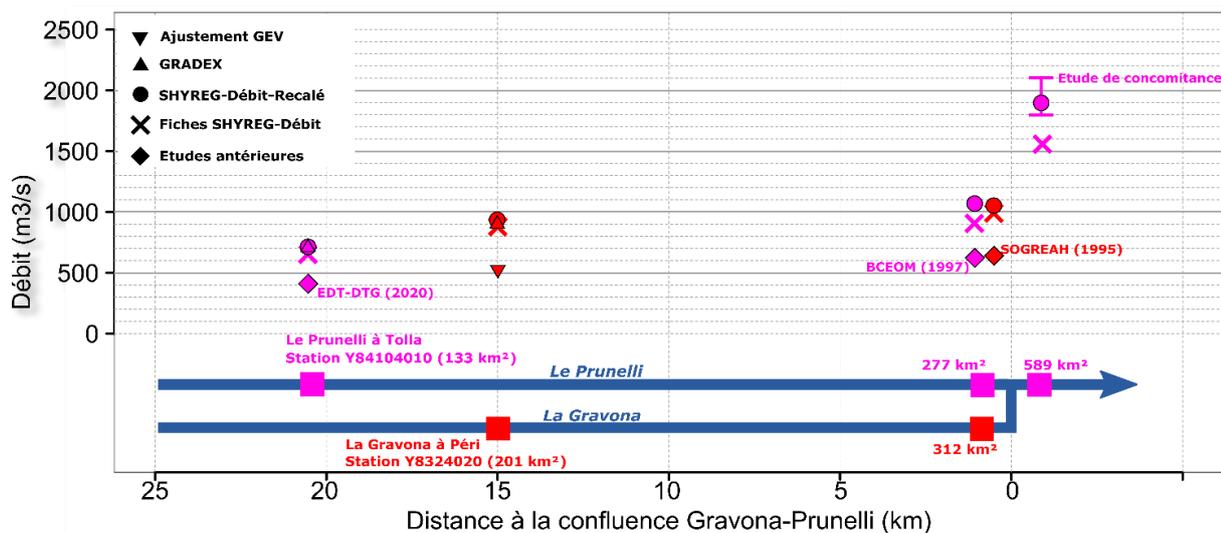


Tableau 1 : Résumé des débits centennaux estimés à partir des différentes approches dans l'étude hydrologique

NOM	RIVIERE	Superf. (km²)	Estimation Q ₁₀₀ - Etudes antérieures			Débits caractéristiques Q ₁₀₀ estimés lors de cette étude					Crue max observée (Q _p)
			BCEOM (1997)	SOGREAH (1995)	EDF-DTG (2020)	Ajustement GEV	SHYREG-Débit-Recalé	Fiche SHYREG	GRADEX	Concomitances	
Péri	Gravona	201				520	925	895	865 - 950	-	465
En amont de la confluence avec le Prunelli	Gravona	312		650		-	1030	995	-	-	-
Tolla	Prunelli	133			425	-	710	670	675 - 730	-	453
En amont de la confluence avec la Gravona	Prunelli	277	635			-	1080	890	-	-	-
En aval de la confluence avec la Gravona	Prunelli	589				-	1900	1570	-	1820 - 2100	-

A l'exception du débit centennal du Prunelli à Tolla défini par EDF-DTG, les débits de pointe de la crue de décembre 2019 apparaissent inférieurs aux débits de pointe de la crue centennale de la Gravona à Péri et du Prunelli à Tolla estimés par différentes approches. **Il a donc été proposé et validé par la DDT 2A de retenir la crue centennale comme crue de référence du PPRNi.**



DEBITS Q_{100} DE LA GRAVONA ET DU PRUNELLI

Le tableau ci-dessous résume les débits de référence Q_{100} retenus pour les cinq points de calculs cible de cette étude.

Tableau 2 : Résumé des débits de référence Q_{100} proposés pour les points de calculs hydrologiques ciblés

NOM	RIVIERE	SUPERFICIE (KM ²)	Q_{100} (M ³ /S)
Péri	Gravona	201	925
En amont de la confluence avec le Prunelli		312	1080
Tolla	Prunelli	133	710
En amont de la confluence avec la Gravona		277	1030
En aval de la confluence avec la Gravona		588	1900

2.3 AUTRES PERIODES DE RETOUR

Le tableau ci-dessous présente les débits retenus pour les différentes crues théoriques de périodes de retour 2, 5, 10, 20, 50 et 1000 ans.

Tableau 3 : Débits proposés pour les différentes occurrences de crue

NOM	RIVIERE	Superficie (km ²)	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{1000}
Péri (P1)	Gravona	201	150	240	340	468	700	1990
En amont de la confluence avec le Prunelli (P2)	Gravona	312	175	280	395	545	810	2370
Tolla (P3)	Prunelli	133	103	175	255	375	530	1530
En amont de la confluence avec la Gravona (P4)	Prunelli	277	140	240	345	490	755	2380
En aval de la confluence avec la Gravona (P5)	Prunelli	588	315	510	700	900	1450	4500

2.4 CRUE DE CALAGE

La crue de décembre 2019 étant bien documentée à la fois en termes de pluviométrie, hydrométrie et niveaux atteints, elle a constitué la crue de calage pour la modélisation hydraulique.



3 MODELISATION HYDRAULIQUE

3.1 STRATEGIE GENERALE DE MODELISATION

TYPE DE MODELISATION

Il a été décidé dans le cadre de l'élaboration du PPRNi de mettre en œuvre une modélisation hydraulique 2D pour l'ensemble de la zone d'étude.

Dans ce type de modélisation, le terrain naturel est discrétisé en une série de points (nœuds de calcul). Ces nœuds de calcul reliés entre eux constituent le maillage du modèle 2D, à partir duquel les équations de Barré de Saint-Venant 2D sont résolues. Elle est particulièrement adaptée pour modéliser les écoulements dans un centre urbain, sur de faibles hauteurs ou encore sur des secteurs où les sens d'écoulement ne peuvent pas être définis a priori.

La zone d'étude a été toutefois divisée en 3 modèles afin de prendre en compte les spécificités des 3 secteurs suivants et d'y adapter la stratégie de modélisation :

- **Deux modèles d'environ 200 km² et 250 km² respectivement pour les bassins versants de la Gravona jusqu'à Peri et du Prunelli jusqu'à Ocana** : modélisation des débordements de cours d'eau et du ruissellement par précipitation directe des pluies de projet sur le MNT Lidar. Les débits obtenus par la modélisation hydraulique ont été calés sur les débits calculés lors de l'étude hydrologique.
- **Un modèle d'environ 177 km², plus détaillé car caractérisé par des enjeux plus denses, sur les bassins versants aval de la Gravona et du Prunelli englobant l'intégralité du tissu urbain continu concentré sur le littoral et plus en amont le long de la Gravona ; c'est dans l'emprise de ce modèle que se situe le projet objet du présent rapport** : modélisation des débordements de cours d'eau et du ruissellement par précipitation directe des pluies de projet et injection des débits sur les cours d'eau principaux. Le modèle intègre les ouvrages présents sur le secteur aval, les compléments de bathymétrie levés afin de représenter finement les cours d'eau dans la zone urbanisée et les projets avancés d'infrastructures routières.

Les emprises retenues pour ces 3 modèles sont figurées sur l'extrait de carte ci-après.

CHOIX DU LOGICIEL

Dans le cadre de la présente étude, nous avons opté pour le logiciel **TELEMAC2D**. Ce logiciel est libre de droit et téléchargeable sur internet.

Il est tout à fait adapté à la modélisation proposée, en plus d'être libre de droit, ce logiciel est open source et permet l'ajout de modules spécifiques (écrits en fortran) pour prendre en compte les spécificités de la zone d'étude :

- Ouvrages ;
- Module de transformation pluie-débit ; on a retenu ici le modèle SCS ;
- Possibilité de précipiter une pluie spatialisée sur le modèle ;
- Module de transport solide.



Figure 3 : Emprises des 3 modèles 2D



Les deux modèles amont ont été prolongés vers l'aval afin d'éloigner les conditions limites (cf. zones de recouvrement ci-dessus). Dans ces secteurs, c'est le modèle aval qui a ensuite été privilégié.

CALAGE DES MODELES

La phase de calage du modèle consiste à définir les différents paramètres hydrauliques qui interviennent dans le calcul. Dans le cas d'un modèle bidimensionnel comme ici ces paramètres sont principalement :

- les coefficients de rugosité en lit mineur et majeur, qui dépendent de la nature et de l'état du lit et des sols ;
- et, dans une moindre mesure, les coefficients de perte de charge des ouvrages.

La crue de décembre 2019 étant bien documentée à la fois en termes de pluviométrie, hydrométrie et niveaux atteints, elle a constitué la crue de calage pour la modélisation hydraulique. Les caractéristiques hydrologiques de cette crue (données d'entrée du modèle) ont été définies dans l'étude hydrologique.



3.2 MAILLAGE DES MODELES

Le nombre de mailles par modèle est précisé ci-dessous :

- Gravona amont : **1 430 000 mailles**
- Prunelli amont : **1 750 000 mailles**
- Modèle aval : **3 550 000 mailles**

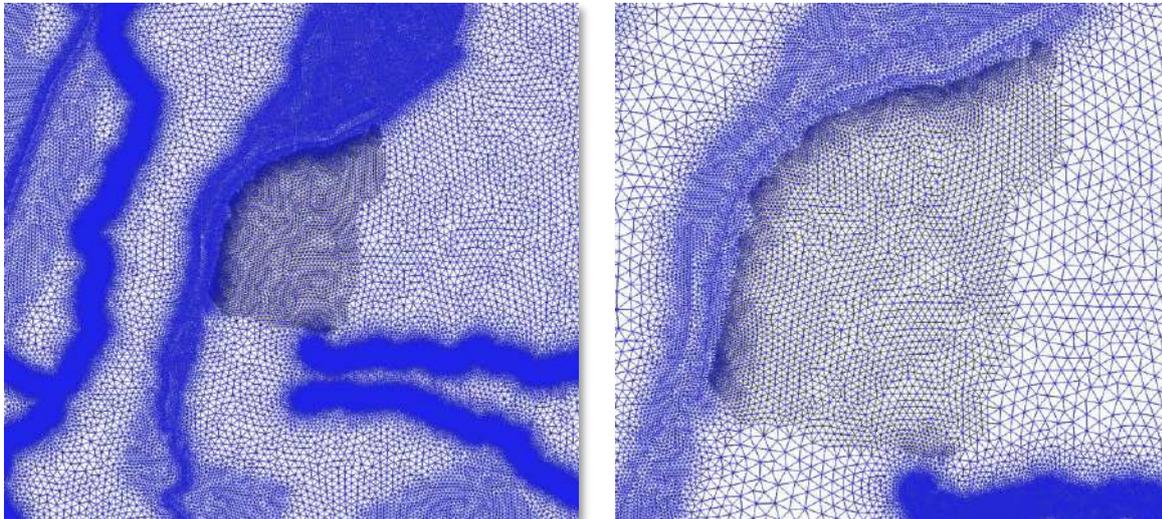
Par ailleurs, sont détaillées ci-dessous les tailles des mailles retenues ainsi que les lignes de structure

- **Taille de maille :**
 - 50 m sur la mer,
 - 20 m par défaut,
 - 10 m sur les talwegs principaux sans levé bathymétrique sur une zone tampon de 100 m par rapport au fond du cours d'eau,
 - 2 à 5 m sur les talwegs disposant d'un levé bathymétrique,
 - 10 m dans les zones urbanisées,
 - 1 m sur les digues,
- **Lignes de structure :**
 - Fond des cours d'eau principaux,
 - Ouvrages hydrauliques levés,
 - Remblais, en particulier les digues de l'aéroport.

Les figures insérées en page suivante illustrent ces mailles.

Le modèle du PPRi a par ailleurs été affiné au droit du projet afin de mieux tenir compte des spécificités topographiques locales (nouvelles mailles de l'ordre de 2 à 4 m).

Figure 4 : Affinage du modèle 2D aval au droit du projet



En **bleu** le maillage du PPRi ; en **noir**, le maillage affiné au droit du projet

Figure 5 : Maillages des modèles 2D amont

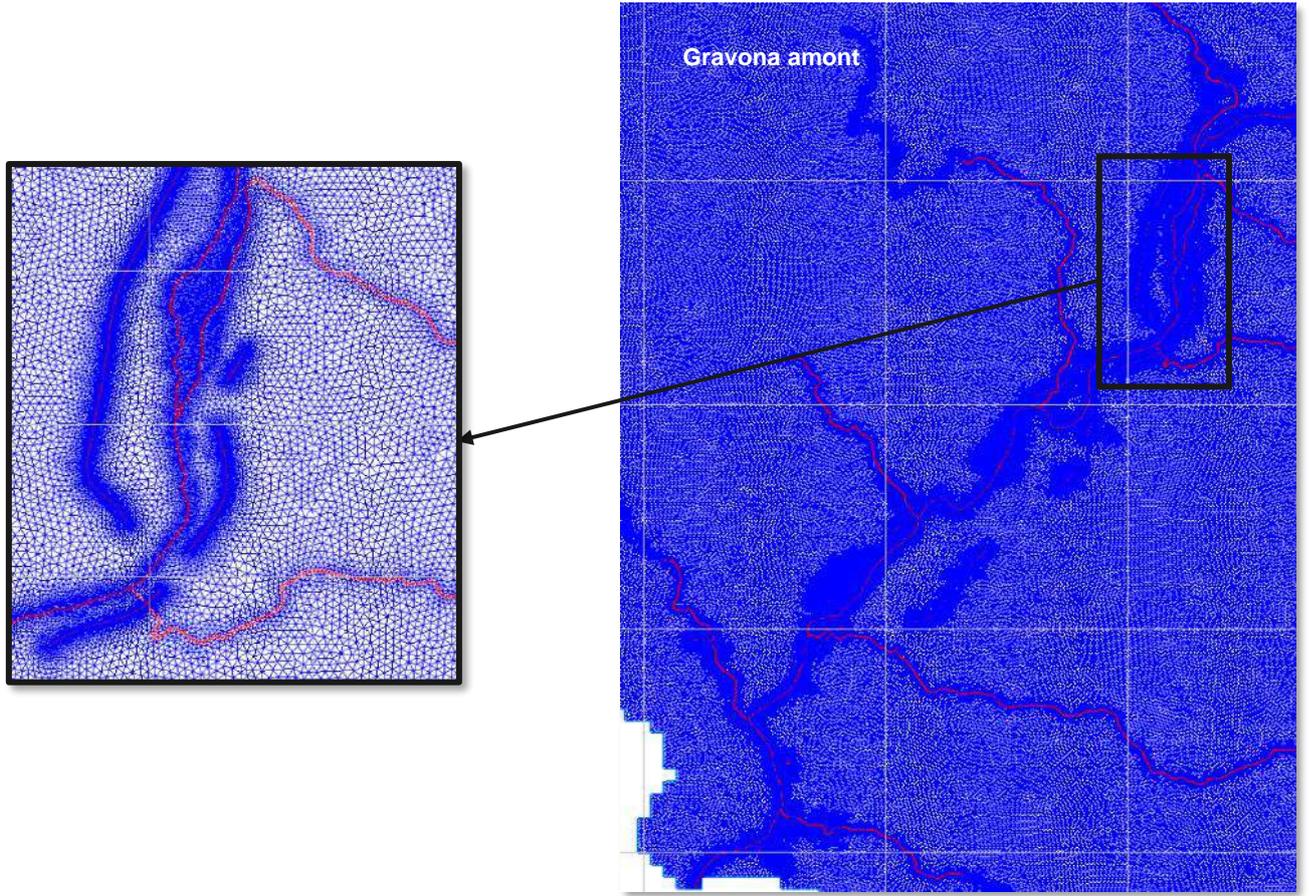
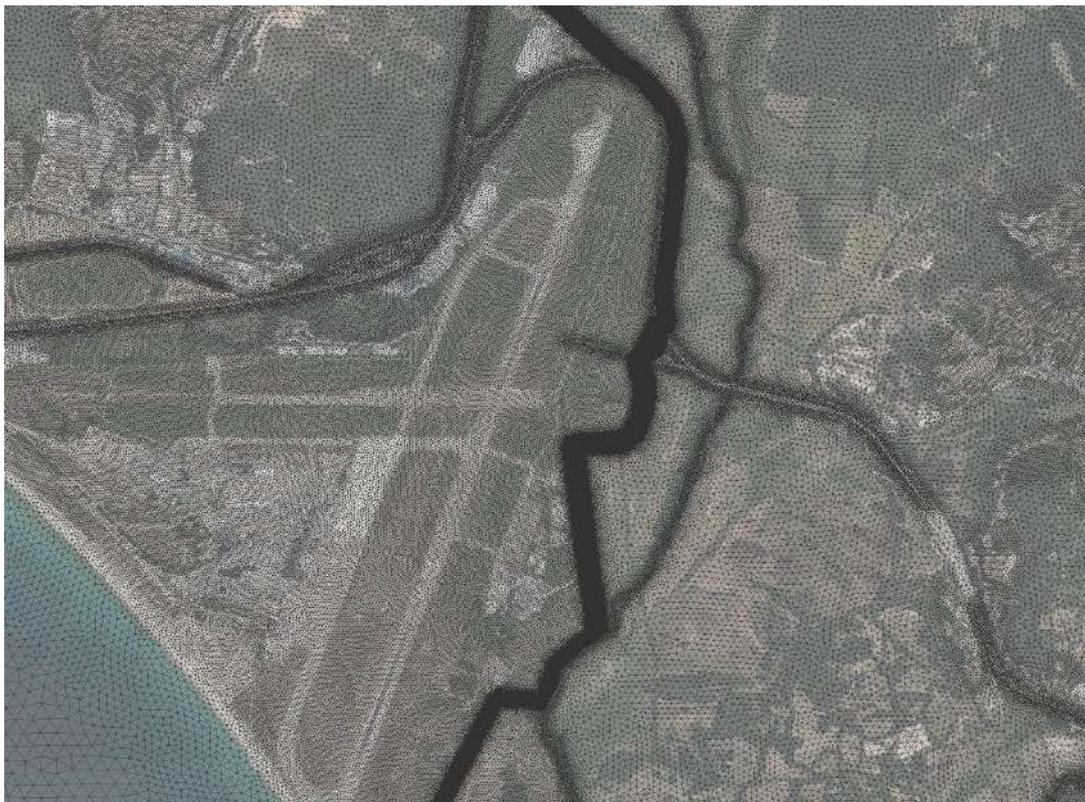




Figure 6 : Maillage du modèle 2D aval





3.3 TOPOGRAPHIE EXPLOITEE

De manière générale, la topographie la plus récente et la plus détaillée a toujours été favorisée.

La liste ci-dessous rappelle les principales données exploitées :

- MNT RGE ALTI 1m,
- MNT RGE ALTI 5m (compléments sur les secteurs les plus amont),
- MNT Litto 3D/RGE ALTI retravaillé par le BRGM sur la partie littorale et en mer,
- Compléments topographiques et bathymétriques levés par OPSIA,
- Quelques modifications ponctuelles « à la main » (cote des plans d'eau, ouvertures dans remblais...).

On distinguera **pour le modèle aval** dans la suite du rapport :

- **L'état initial** : il s'agit de l'état actuel tel que décrit par toutes les données à notre disposition ; il est uniquement utilisé pour le **calage du modèle sur la crue de décembre 2019**,
- **L'état actuel de référence** : il s'agit de l'état initial auquel ont été ajoutés les projets routiers en cours de réalisation (RT20, giratoire et route Balisaccia-Listincone [cf. page suivante]) ; cet état actuel de référence est exploité **pour toutes les crues de projet y compris la crue de référence centennale**.

Figure 7 : Modèle Numérique de Terrain global

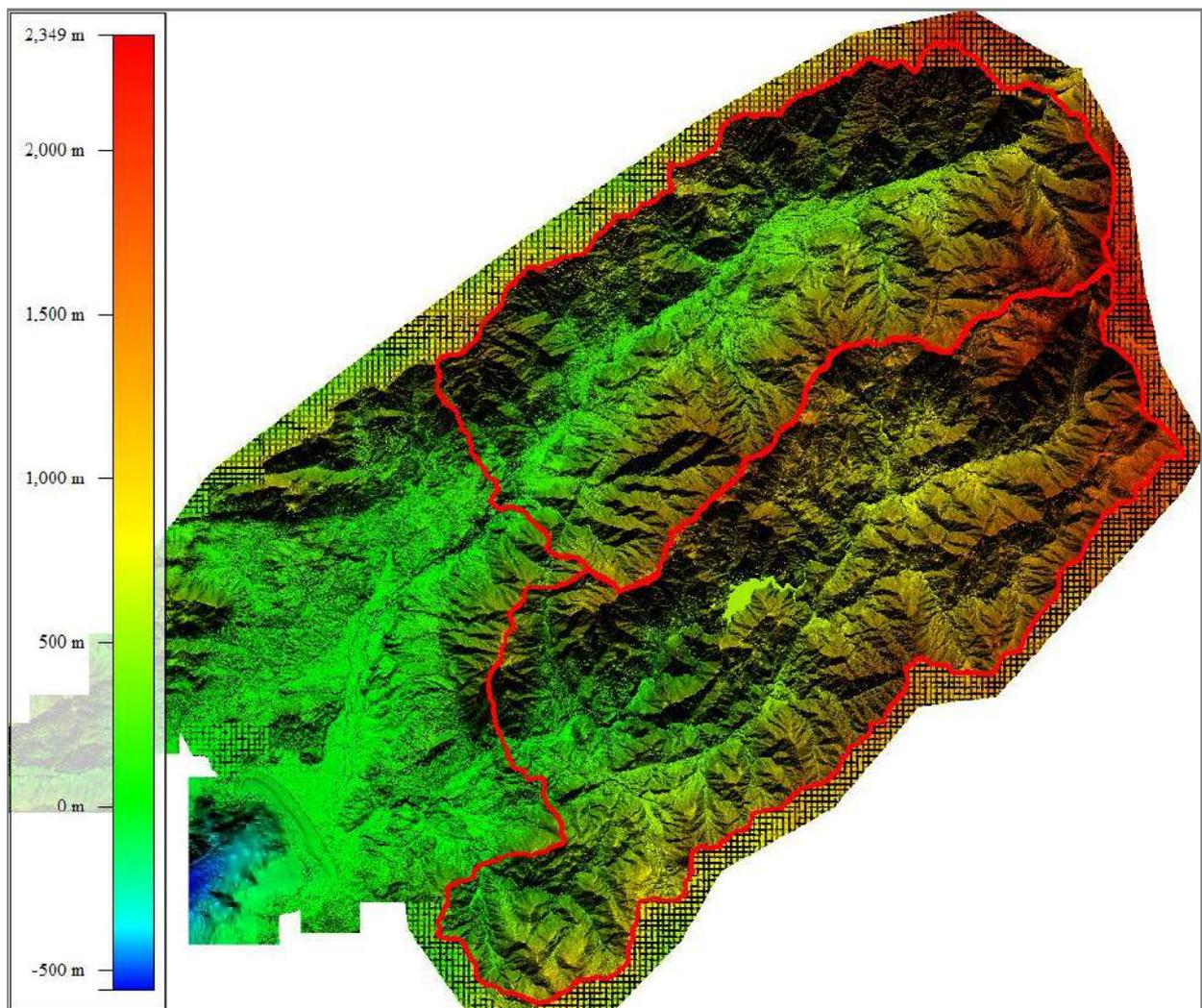




Figure 8 : Illustration du MNT global

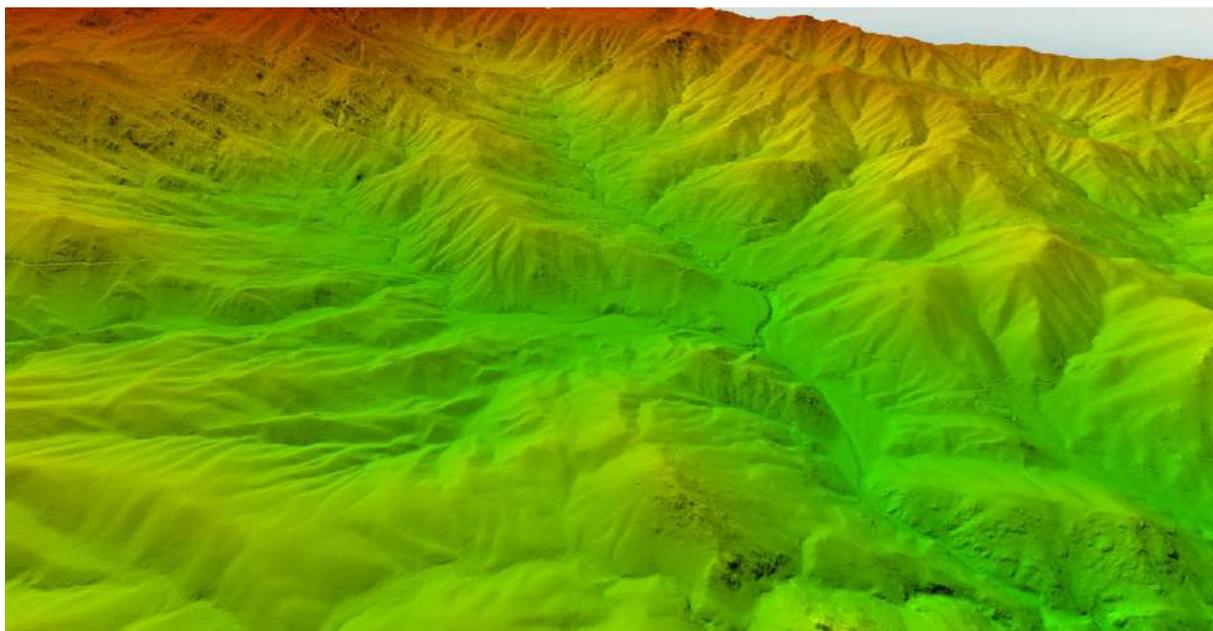
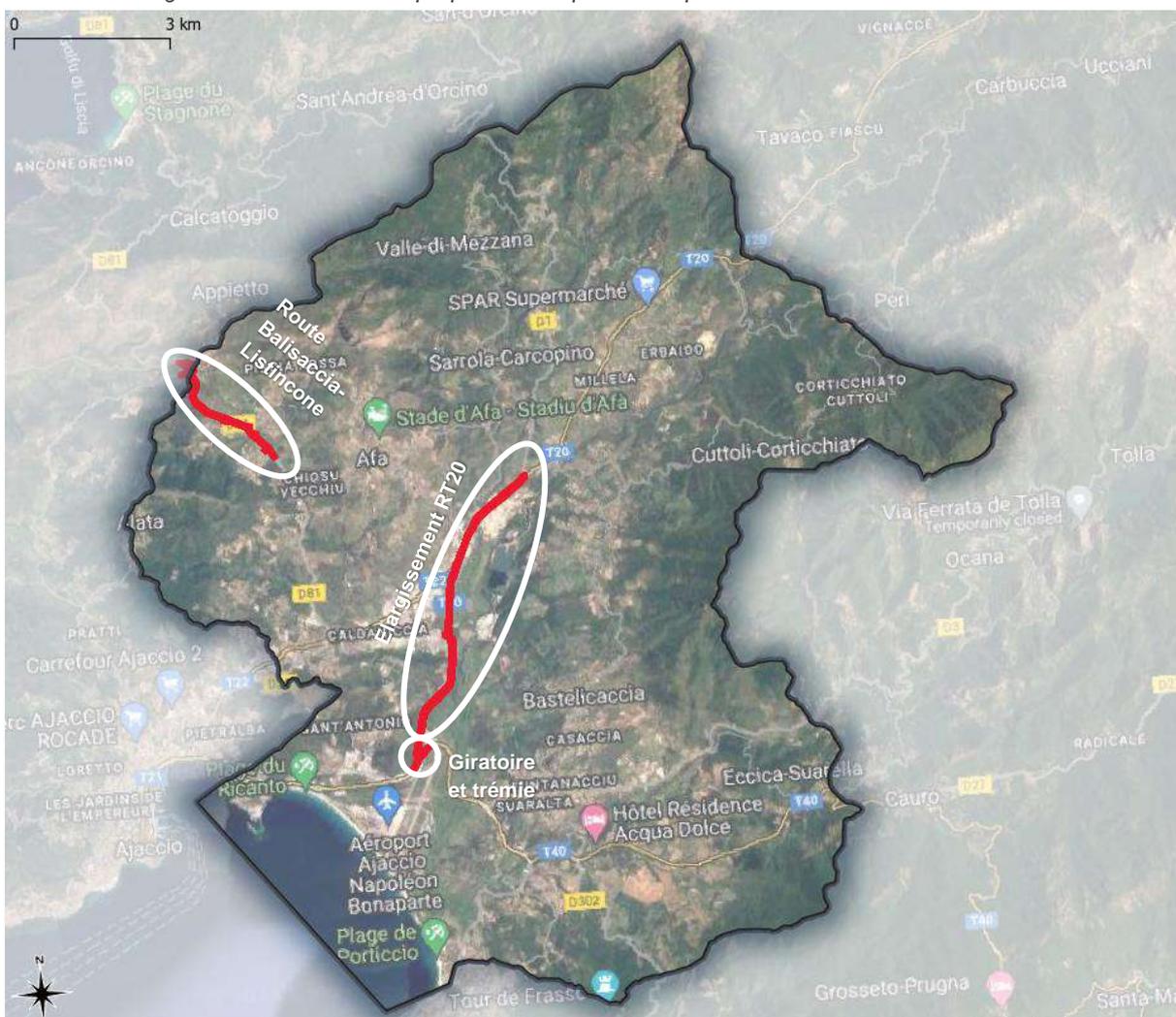


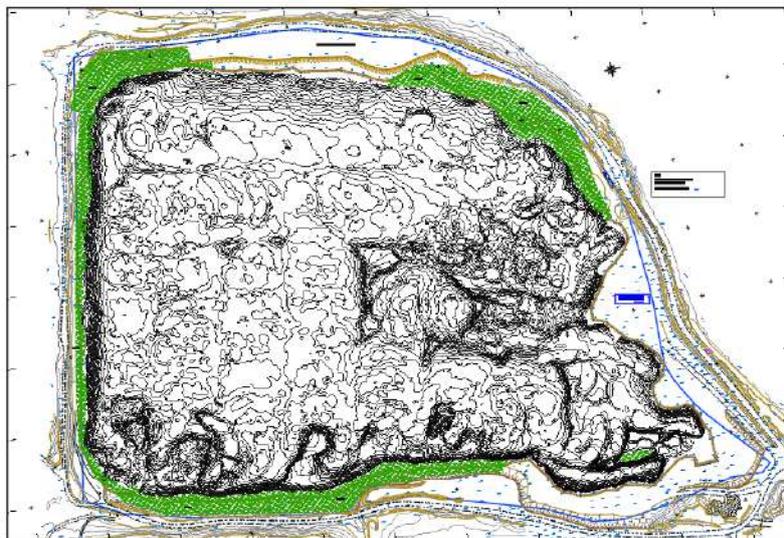
Figure 9 : Localisation des projets routiers pris en compte dans l'état actuel de référence





Nous avons par ailleurs intégré la bathymétrie fine sur l'emprise du projet fournie par le Maître d'ouvrage.

Figure 10 : Bathymétrie sur l'emprise du projet



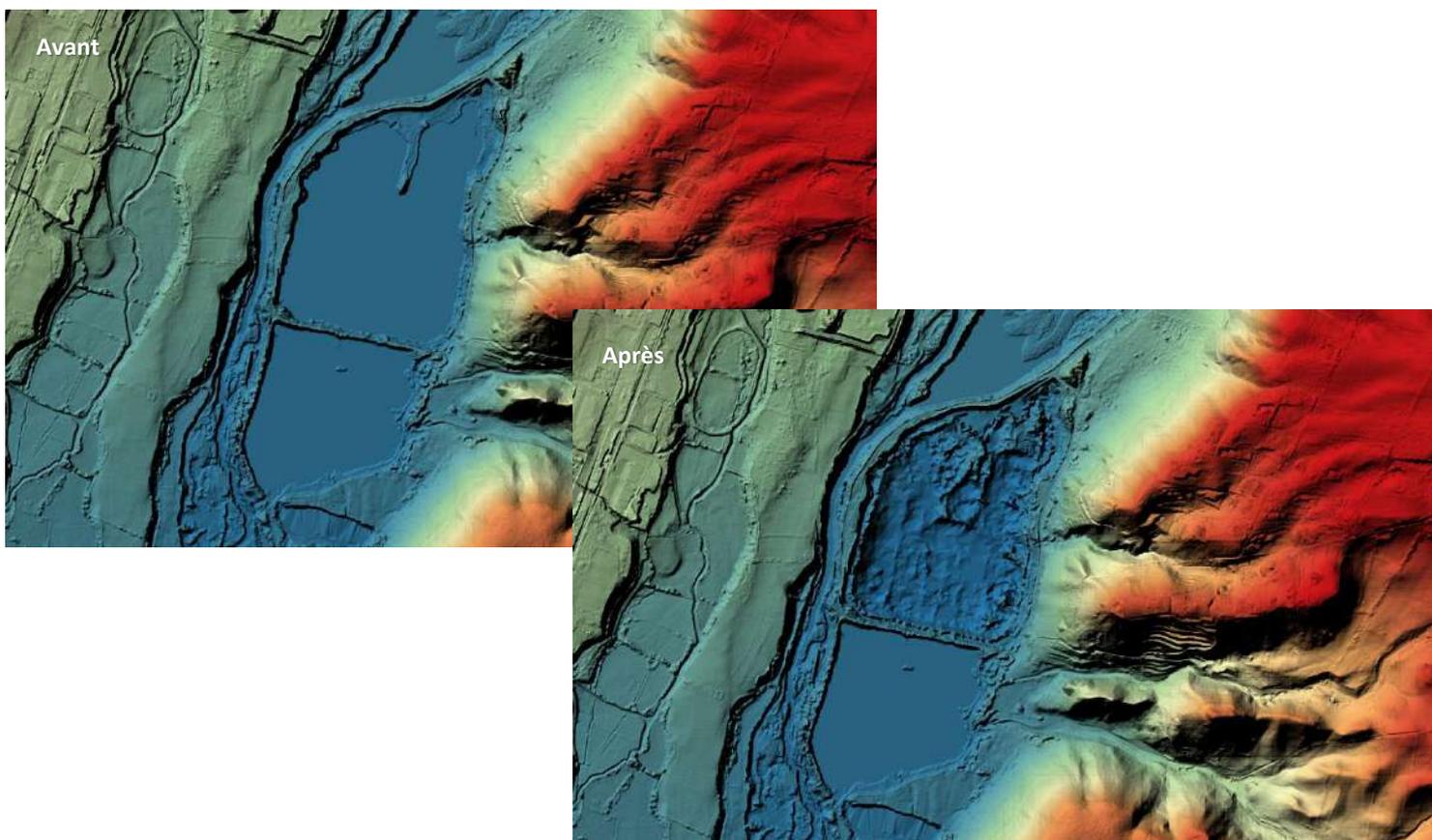
Les sources de données sont globalement cohérentes sur les parties émergées :

- celles utilisées dans le cadre du PPRi [données Lidar],
- et celles utilisées dans la présente analyse [données au sol].

On note des différences de l'ordre de 10 à 20 cm au maximum ce qui est tout à fait classique (c'est à peu près la précision d'un lever lidar en altitude).

Les MNT avant et après intégration de la bathymétrie sont figurés ci-dessous :

Figure 11 : MNT exploités dans le modèle hydraulique avant et après intégration de la bathymétrie du projet





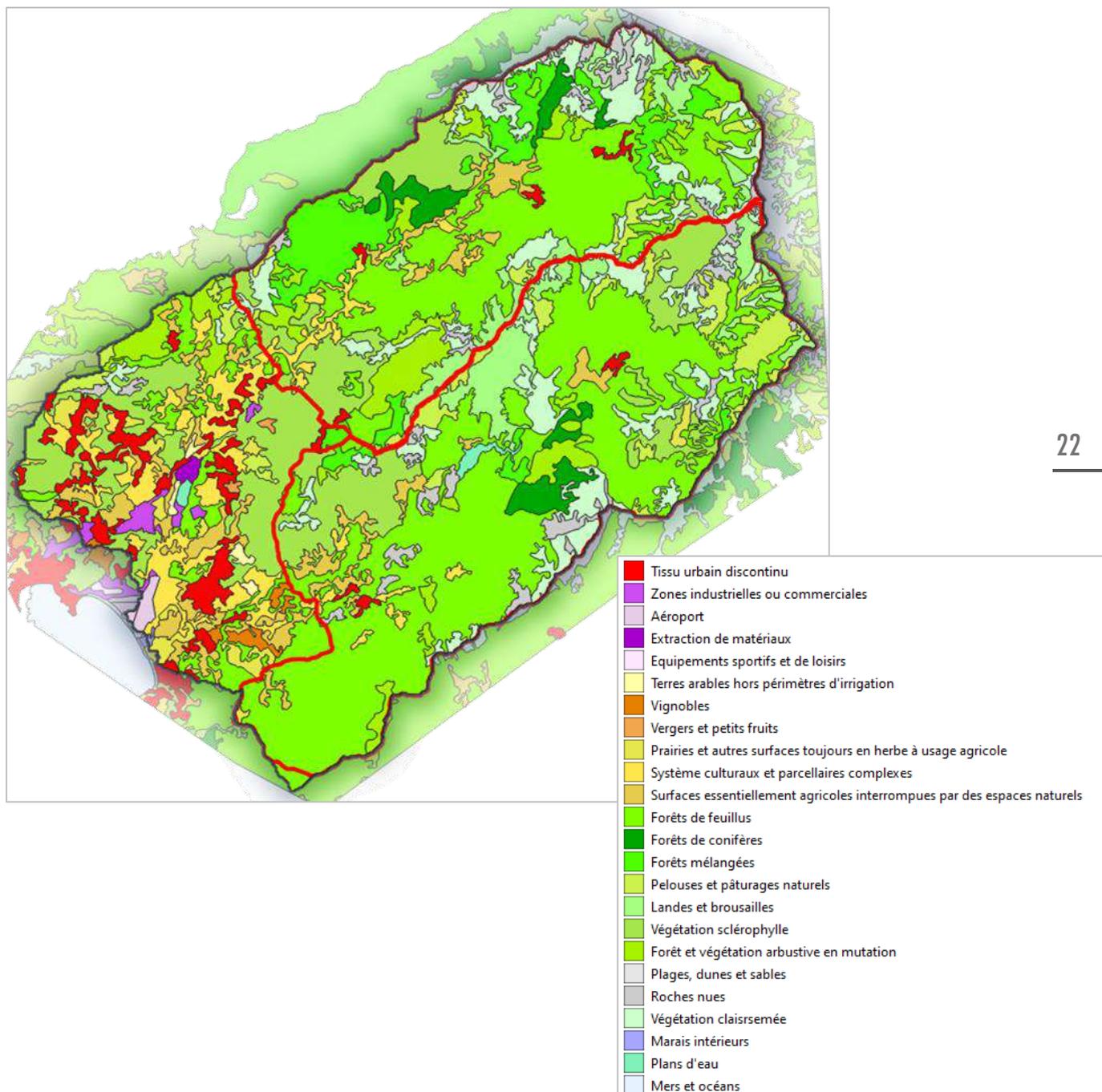
3.4 ZONAGE DES COEFFICIENTS D'INFILTRATION

Les coefficients d'infiltration de la méthode SCS sont définis par la variable CN (*Curve Number*). Cette variable est dépendante :

- De la nature et de l'occupation des sols,
- Des antécédents pluvieux.

Nous avons dans un premier temps zoné l'occupation des sols à partir de la base de données *Corine Land Cover (CLC)*.

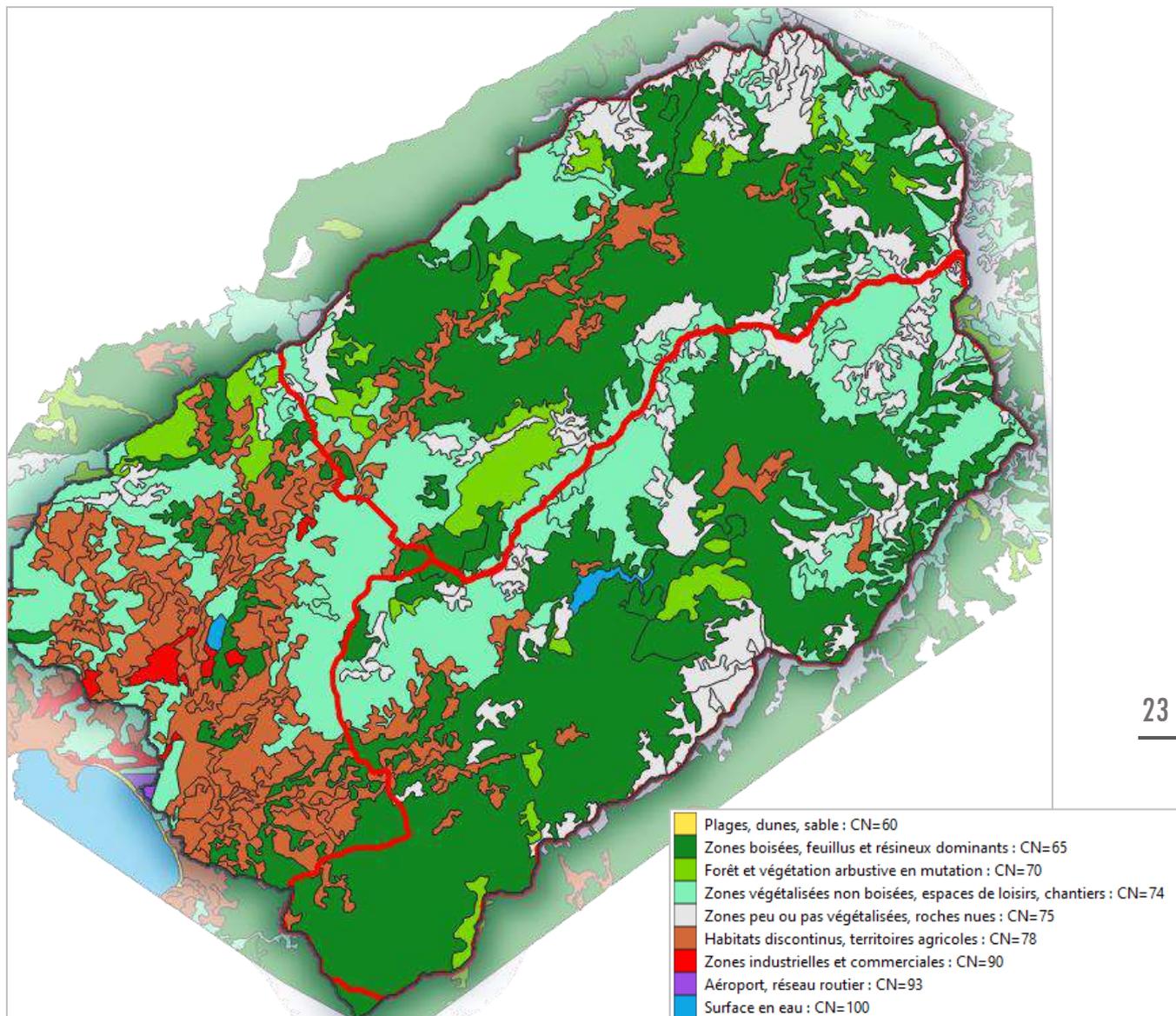
Figure 12 : Zonage de l'occupation des sols





Ensuite, en intégrant à la réflexion la nature des sols, nous avons défini un zonage des coefficients CN sur l'ensemble des emprises des modèles amont et aval.

Figure 13 : Zonage du coefficient CN de la méthode SCS



Il est important de noter que notre étude s'appuie sur deux approches hydrologiques distinctes :

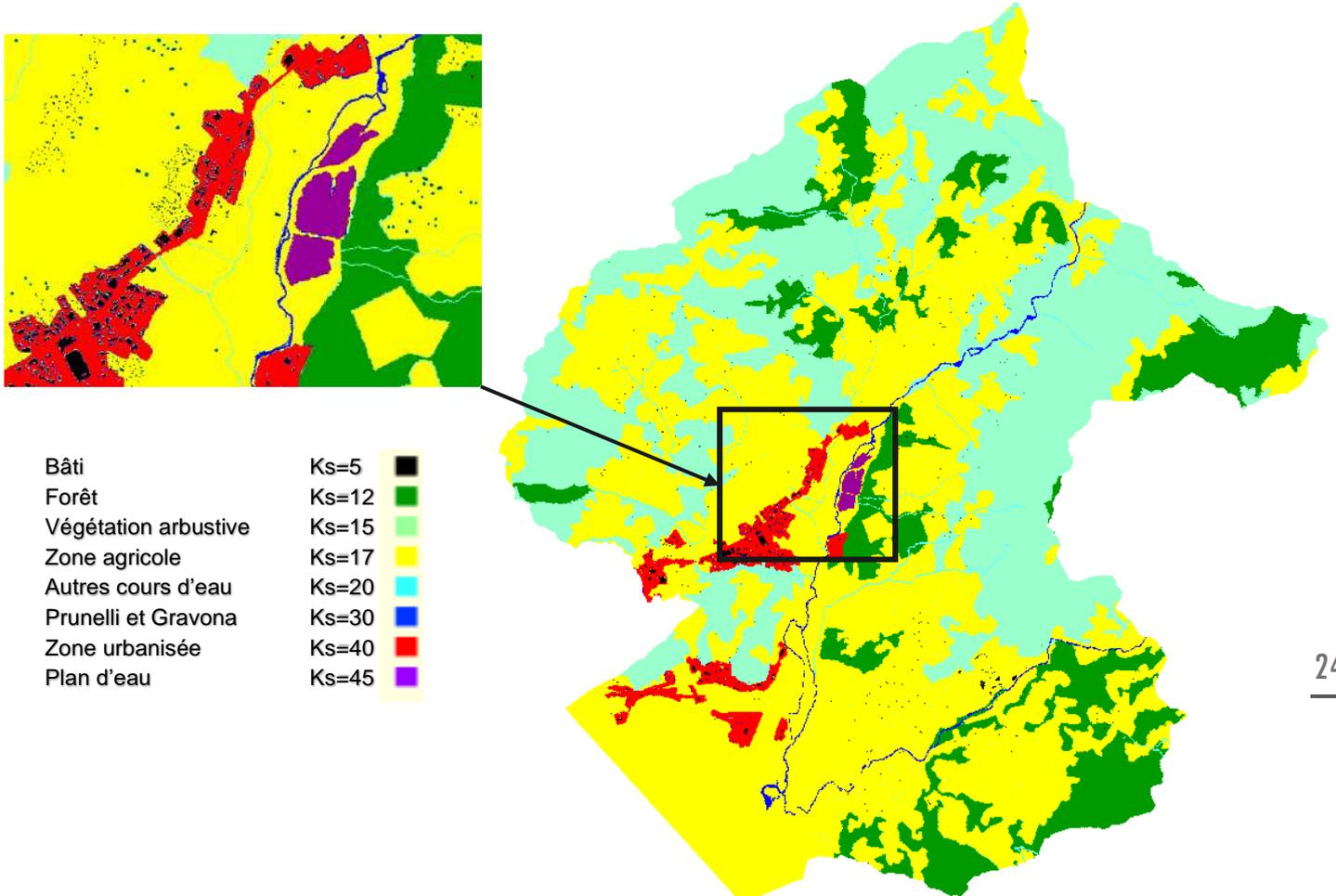
- La première analyse (qui a alimenté l'approche hydrologique de base) s'est appuyée principalement sur des ajustements statistiques ; elle a notamment défini les pluies et débits de référence,
- La seconde (présentée ici) s'appuie sur les résultats de la première en termes de zonages et de statistiques de pluies réelles ou de projet ainsi qu'en termes de débits objectifs en des points spécifiques des différents bassins versants ; de ce fait, un des premiers objectifs poursuivis par la modélisation menée avec Telemac2D est de retrouver aux points clefs des bassins versants les débits estimés dans l'analyse hydrologique de base. Pour ce faire :
 - On précipite les pluies zonées dans le modèle 2D,
 - On adapte les CN avec un coefficient correcteur global afin de retrouver les débits cibles.



3.5 ZONAGE DES COEFFICIENTS DE FROTTEMENT

Le zonage des coefficients hydrauliques de frottement (coefficients de Strickler noté K_s) est issu des calages des différents modèles sur la crue de décembre 2019 (cf. § 3.7). Il est présenté sur le modèle aval à titre d'exemple :

Figure 14 : Zonage des coefficients de frottement K_s (exemple modèle aval)



Pour information, il existe trois façons principales de prendre en compte le bâti dans les modèles 2D :

- **Soustraire la surface des bâtiments du maillage** (trouer le maillage en quelque sorte) : cette solution présente l'inconvénient d'avoir des effets de bords gênants lorsqu'il s'agit de faire des zones inondables et ne permet que difficilement d'adapter le modèle hydraulique si nécessaire,
- **Extruder les bâtiments maillés en leur associant des cotes élevées** : de même, cette solution présente l'inconvénient d'avoir des effets de bords pour les zones inondables,
- **Zoner les coefficients de frottement** :
 - Soit à une macro-échelle en associant à l'ensemble de la zone urbanisée un coefficient de Strickler faible (typiquement une valeur de 10 à 15),
 - Soit à une échelle plus fine en associant des coefficients de Strickler très faible aux bâtiments (de l'ordre de 3 à 5) et très forts aux axes routiers dans la zone urbanisée (30 à 50) : c'est la solution qui a été retenue pour les zones urbanisées.

Cette dernière solution offre en effet de nombreux avantages :

- Elle ne présente pas d'effets de bords pour la définition des zones inondables,
- Elle autorise une modification aisée du modèle hydraulique,
- Elle permet de bien retranscrire le champ des vitesses et la conservation des volumes.



3.6 CONDITIONS LIMITES

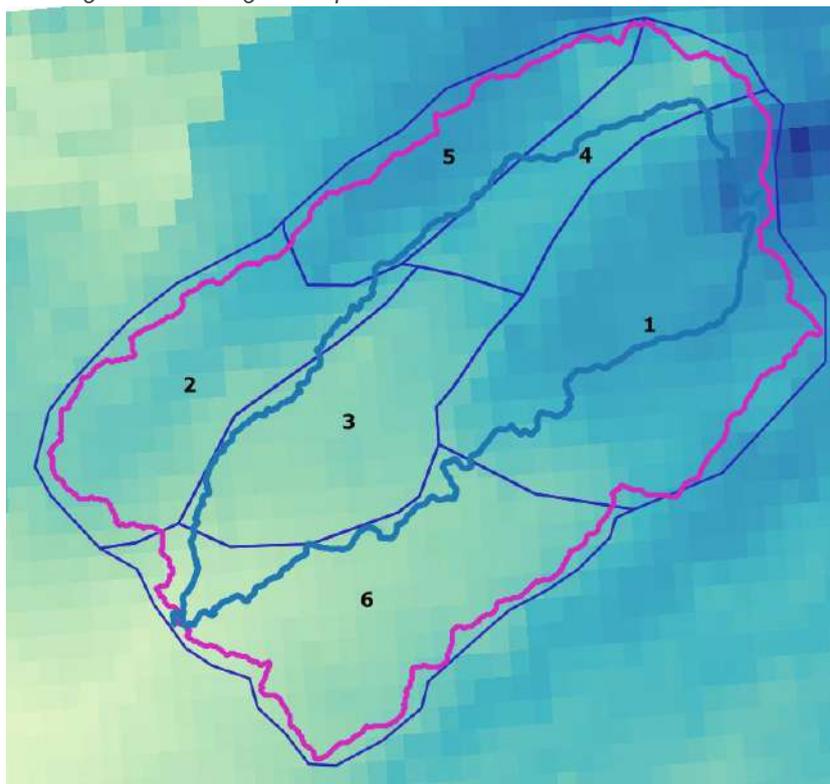
Les conditions limites sont les suivantes :

- **Pluies zonées** (réelles ou de projet) sur tous les modèles,
- **Injection des hydrogrammes** issus des modèles amont de la Gravona et du Prunelli : uniquement **pour le modèle aval**,
- **Niveau marin fixé à la cote 0,65 m** pour toutes les simulations.

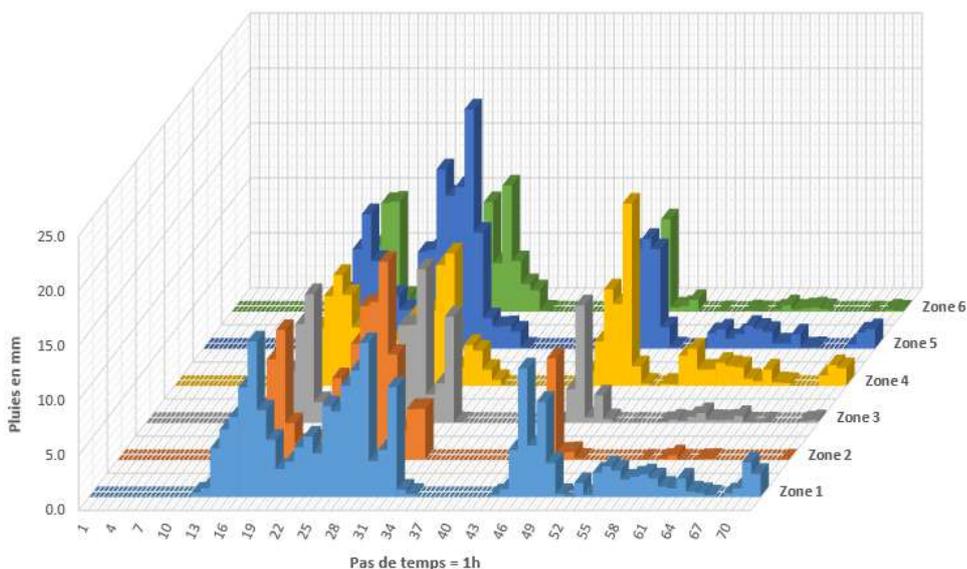
PLUIES ZONEES

La pluie zonée de l'évènement de décembre 2019 est présentée ci-dessous :

Figure 15 : Zonage de la pluie de décembre 2019 et cumuls associés



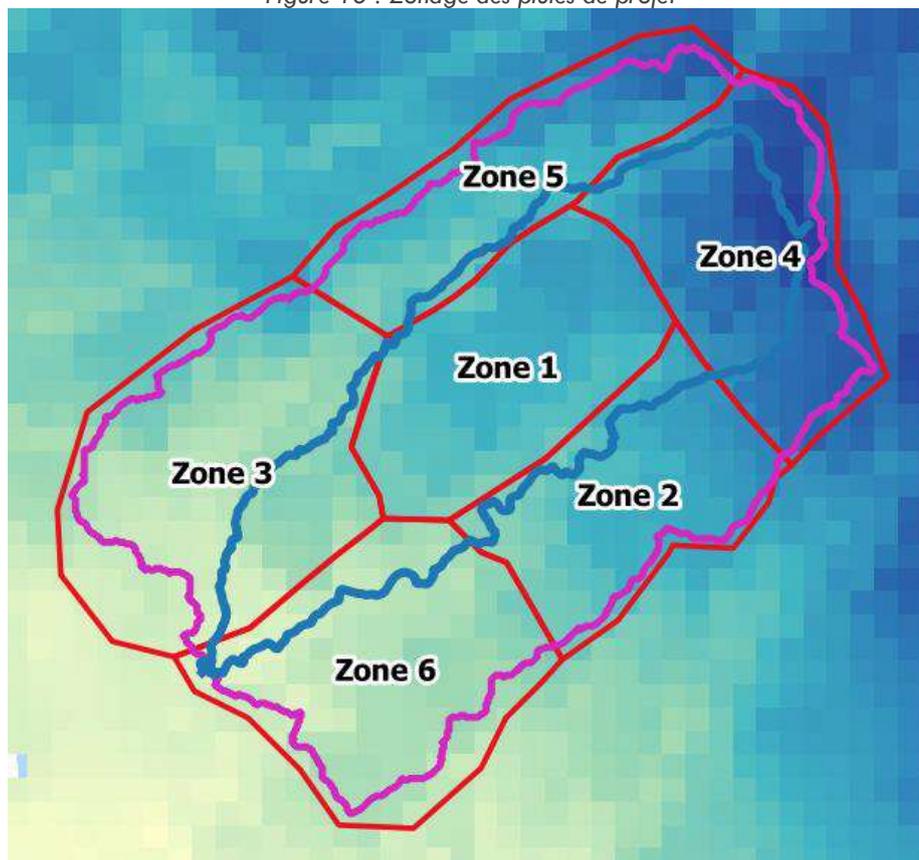
Pluies du 20 au 23 décembre 2019





Pour les événements de projet, le zonage suivant été retenu. **Il est basé sur les cumuls de pluies SHYPRE** (cf. étude hydrologique).

Figure 16 : Zonage des pluies de projet



HYDROGRAMMES

Les hydrogrammes calculés par les modèles amont de la Gravona et du Prunelli sont extraits des modélisations et réinjectés dans le modèle aval pour un même événement réel ou de projet.

SURCOTES MARINES

Les surcotes pour des périodes de retour de l'infra-annuel au décennal, calculées à partir des observations au marégraphe d'Ajaccio ont été fournies par le BRGM.

Tableau 4 : Surcotes marines au marégraphe d'Ajaccio (source BRGM)

période de retour (années)	0.2	0.5	1	2	5	10
surcote horaire (m)	0.28	0.34	0.39	0.44	0.50	0.54
intervalle de confiance à 68% (m)	[0.28-0.28]	[0.34-0.35]	[0.38-0.40]	[0.42-0.45]	[0.47-0.52]	[0.51-0.57]
intervalle de confiance à 95% (m)	[0.27-0.29]	[0.33-0.36]	[0.37-0.41]	[0.41-0.47]	[0.45-0.54]	[0.48-0.61]

Par ailleurs, la surcote maximale observée lors de l'évènement de décembre 2019 a été de 0,65 m.

En concertation avec le Maître d'Ouvrage, **il a été retenu une surcote de 0,65 m NGF (légèrement supérieure à la décennale)** pour toutes les simulations. Cela permet de prendre en compte une surcote marine sans toutefois cumuler les phénomènes exceptionnels.



3.7 CALAGE DES MODELES

3.7.1 Préambule

L'évènement hydrologique ayant servi au calage des modèles hydrauliques est celui du 21 décembre 2019.

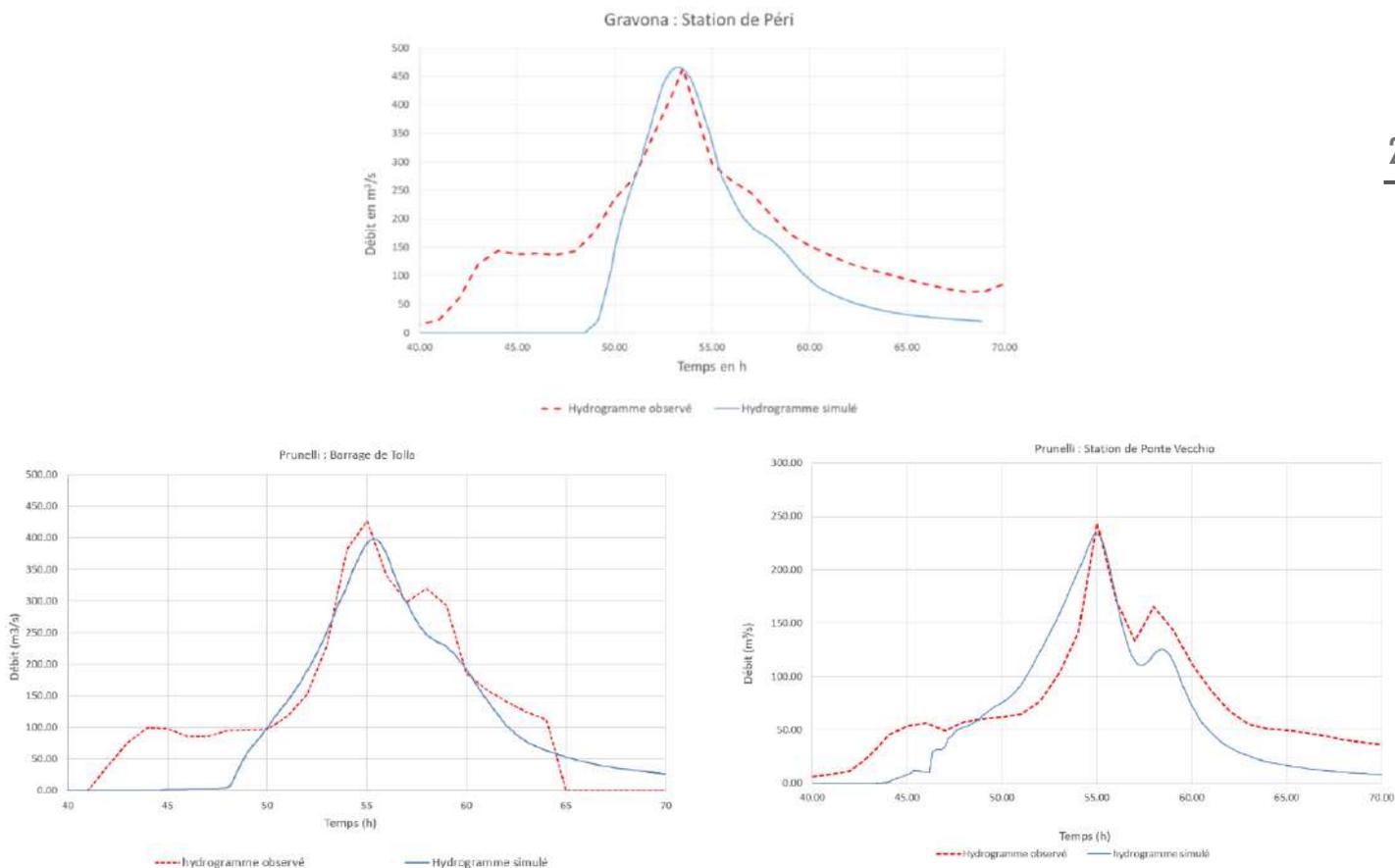
Le calage des modèles poursuit deux objectifs :

- Obtenir les débits estimés (principalement en modifiant le coefficient de ruissellement CN) aux points clefs des bassins versants à savoir :
 - La station de Péri sur la Gravona,
 - La station de Ponte Vecchio sur le Prunelli,
 - Le barrage de Tolla sur le Prunelli,
- Vérifier la pertinence des cotes maximales atteintes par les eaux avec les relevés post-crue (en modifiant principalement le coefficient de frottement Ks).

3.7.2 Calage en débit

Les graphes ci-dessous présentent les hydrogrammes enregistrés et calculés au droit des trois stations des bassins versants étudiés :

Figure 17 : Calage en débit des modèles



On remarque que les débits de pointe calculés sont très proches de ceux observés :

- $Q_{\text{simulé}}=466 \text{ m}^3/\text{s}$ pour $Q_{\text{observé}}=465 \text{ m}^3/\text{s}$ à la station de Péri sur la Gravona,
- $Q_{\text{simulé}}=233 \text{ m}^3/\text{s}$ pour $Q_{\text{observé}}=243 \text{ m}^3/\text{s}$ à la station de Ponte Vecchio sur le Prunelli,
- $Q_{\text{simulé}}=399 \text{ m}^3/\text{s}$ pour $Q_{\text{observé}}=427 \text{ m}^3/\text{s}$ au droit du barrage de Tolla sur le Prunelli.



Ces graphes appellent quelques commentaires :

- Les hydrogrammes simulés respectent bien les formes des hydrogrammes observés ; concernant les débuts des hydrogrammes, il est probable que les différences notables soient liées au fait que le modèle suppose un sol non saturé sans antécédent pluvieux, ce qui est peu probable en décembre,
- Il est à signaler que l'hydrogramme observé au droit du barrage de Tolla est le fruit d'une reconstitution sur la base de la variation des cotes du plan d'eau ; de ce fait, il est entaché d'une incertitude liée à la méthode mais aussi au laminage (partiel) offert par la retenue.

3.7.3 Calage en cotes maximales atteintes

Les calages des 3 modèles hydrauliques ont été validés par la DDT de Corse du Sud dans le cadre de l'élaboration des PPRi.

Concernant plus particulièrement le calage en cotes observées sur le modèle aval, une centaine de laisses de crue a été exploitée. Ces laisses de crue ont fait l'objet d'une fiche mais n'ont pas été nivelées. Nous avons vérifié la cohérence des résultats de la modélisation avec ces laisses de la manière suivante :

- **Laisses pour lesquelles la hauteur relative au sol est nulle** : distance par rapport à l'emprise de la zone inondable. Ces laisses de crue devraient être situées en limite de zone inondable.
- **Laisses pour lesquelles la hauteur relative au sol est non nulle**, nous leur avons associé une cote en additionnant l'information de la hauteur relative de la laisse par rapport au TN et la cote issue du MNT et avons comparé avec les cotes maximales calculées. Ainsi, les cotes observées reconstituées peuvent être marquées par des erreurs.

Différents tests de sensibilité ont été réalisés afin d'alimenter la réflexion du comité technique :

- CN de base + Ks de base, soit 30 en lit mineur de la Gravona et du Prunelli,
- CN de base + Ks de 25 en lit mineur de la Gravona et du Prunelli,
- CN de base + Ks de 35 en lit mineur de la Gravona et du Prunelli,
- $CN \cdot 1.05$ + Ks de base,
- **$CN \cdot 1.05$ sur le BV de la Gravona et $CN \cdot 1.15$ sur le BV du Prunelli + Ks de base (retenu).**

Rappel :

- **CN** (*Curve Number* de la méthode hydrologique SCS) : assimilable à un coefficient de ruissellement,
- **Ks** (coefficient de frottement hydraulique de Strickler).

A noter que l'influence de ces paramètres s'est avérée somme toute assez faible sur les lignes d'eau. **In fine, c'est la dernière configuration qui a été retenue pour le calage et validée par la DDT de Corse du Sud.** Elle a le double avantage d'être cohérente avec :

- Le paramétrage des modèles calés de la Gravona et du Prunelli amont,
- Les repères de crue.

Le détail des résultats n'est pas repris in extenso ici. On proposera au lecteur de prendre connaissance du rapport du PPRi relatif à la définition des aléas pour plus de détails.



3.8 EVENEMENTS DE PROJET

3.8.1 Préambule

Sur la base des pluies de projet et des modèles hydrauliques calés, les événements hydrologiques de périodes de retour suivantes ont été simulés (**en complément de l'événement de décembre 2019**) :

- **Crue de période de retour 10 ans,**
- **Crue de période de retour 100 ans (type PPRI).**

Pour rappel, les conditions limites sont les suivantes :

- **Pluies zonées de projet** sur tous les modèles,
- **Injection des hydrogrammes** issus des modèles amont de la Gravona et du Prunelli : uniquement **pour le modèle aval**,
- **Niveau marin fixé à la cote 0,65 m** pour toutes les simulations.

Les débits finaux calculés au droit des points clefs pour les modèles de la Gravona et du Prunelli sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous. **Ils ont été validés par la DDT 2A.**

Tableau 5 : Débits issus de l'analyse hydrologique et débits du modèle Telemac retenus

Station de Péri – Gravona							
Périodes de retour	P2	P5	P10	P20	P50	P100	P1000
Q Telemac (m ³ /s)	134	253	346	442	745	963	1919
Q hydrologie (m ³ /s)	150	240	340	468	700	925	1990
Différence	-11%	5%	2%	-6%	6%	4%	-4%

Barrage de Tolla – Prunelli							
Périodes de retour	P2	P5	P10	P20	P50	P100	P1000
Q Telemac amont (m ³ /s)	104	191	259	422	615	737	1217
Q Telemac aval (m ³ /s)	95	159	214	345	540	699	1303
Q hydrologie (m ³ /s)	103	175	255	355	530	710	1530
Différence /moyenne	-3%	0%	-7%	8%	9%	1%	-18%

Les différences sont très majoritairement de l'ordre de quelques pourcents (notamment pour les crues décennale et centennale qui concernent notre analyse).

Quoi qu'il advienne, ce sont désormais les débits issus des modélisations hydrauliques qui sont retenus comme valeurs de référence.



3.8.2 Détail des événements de projet de référence

Il est rappelé que dans le cadre des PPRi, l'évènement hydrologique de référence est un évènement de période de retour 100 ans ou un évènement réel réputé plus fort.

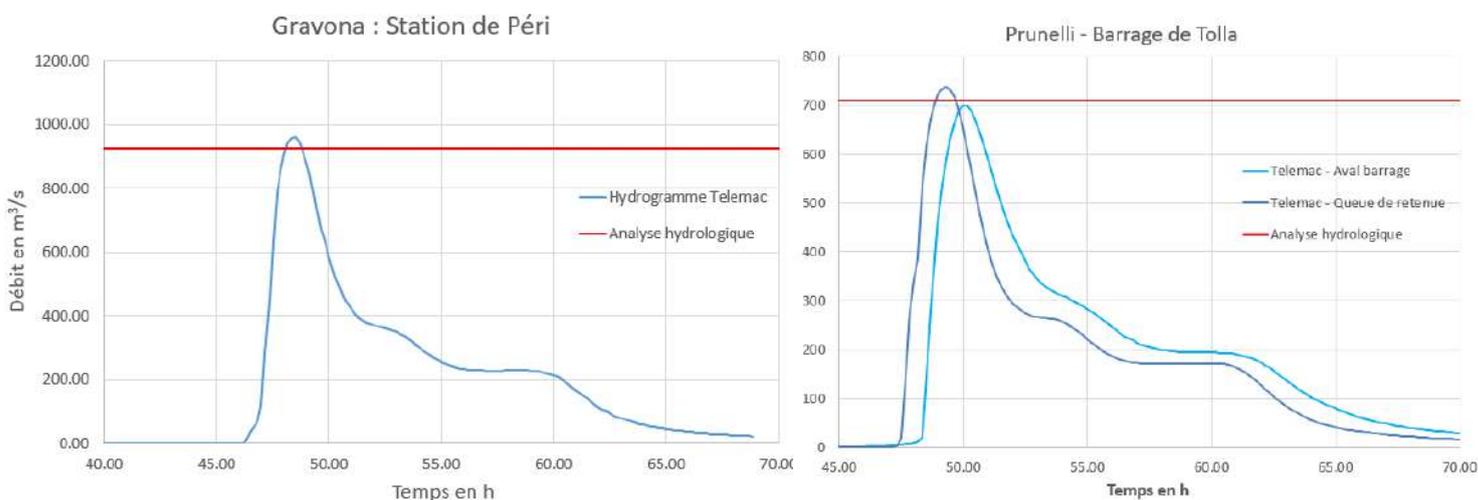
MODELES AMONT

Pour les modèles amont, ce sont les événements de période de retour 100 ans qui ont été retenus comme événements de référence.

En effet, la plus forte crue observée, celle de décembre 2019, est réputée plus faible que l'évènement centennal (de période de retour approximative 20 à 30 ans).

Les graphes ci-dessous illustrent aux points clefs des bassins de la Gravona et du Prunelli, les hydrogrammes de référence :

Figure 18 : Evènements de référence des modèles amont – Exemples d'hydrogrammes



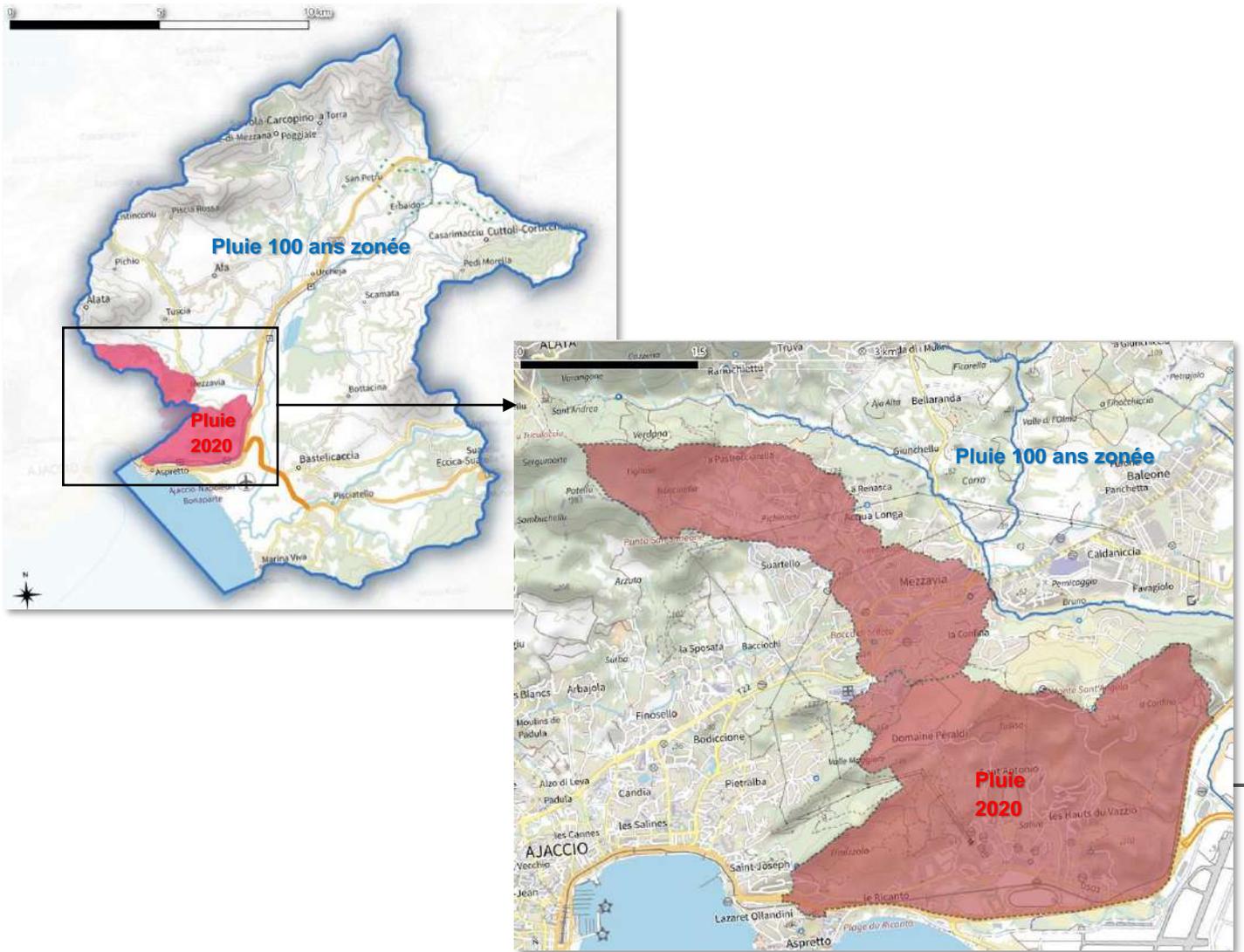
MODELE AVAL

Concernant le modèle aval, différents tests ont été menés pour définir l'évènement de référence.

Les hypothèses suivantes ont in fine été retenues :

- **Géométrie du modèle : Etat actuel de référence** défini comme l'état actuel tel que décrit par toutes les données à notre disposition y compris les projets routiers en cours de réalisation (RT20, giratoire et route Balisaccia-Listincone [cf. § 3.3]),
- **Hydrogrammes de référence : hydrogrammes centennaux issus des modèles amont,**
- **Pluie de référence : pluie centennale hormis sur la zone touchée par la pluie du 11 juin 2020 (et les secteurs proches)** dont les cumuls sont réputés supérieurs aux cumuls centennaux (cf. figure ci-dessous) : en effet, la DDT a souhaité prendre comme pluie de référence la pluie du 10 juin 2020 sur les bassins versants similaires et voisins du bassin versant de la Madonuccia à Ajaccio fortement touché ce jour-là.

Figure 19 : Evènement de référence du modèle aval – Hypothèses sur les pluies



Les événements de référence des 3 modèles ont été validés par la DDT 2A.



3.9 HYPOTHESES LIEES A L'EFFACEMENT DES DIGUES

La règle générale¹ quand un secteur est protégé par des endiguements, est qu'il est toujours affiché comme soumis à un aléa de défaillance. Par scénario de défaillance, on entend soit un effacement, soit des brèches. Le choix entre l'un et l'autre est lié au fonctionnement hydraulique du site :

- **Effacement** : l'effacement (ou ruine généralisée) correspond à un scénario dans lequel les ouvrages sont considérés comme transparents,
- **Brèches** : ces scénarios sont en lien avec l'étude de dangers considérée.

Ce choix est in fine laissé à l'appréciation des services de l'Etat en charge des PPRi.

Par ailleurs, BRLi a également été chargé de la rédaction de l'étude de dangers du système d'endiguement de Campo Dell'Oro d'Ajaccio. Une des principales conclusions est que **le niveau de protection (ici équivalent au niveau de sûreté) a été estimé à une période de retour 5 ans.**

Les risques de rupture ne sont toutefois pas homogènes sur le linéaire du système d'endiguement. Les secteurs les plus sensibles étant la digue de l'aéroport (secteur aval) et la digue de la STEP (secteur amont) (cf. figure ci-dessous extraite de l'EDD).

Figure 20 : Niveau de sûreté du système d'endiguement de Campo Dell'Oro (Source CAPA/BRLi)



Au vu de ces éléments, la DDT a donc choisi de retenir un scénario de défaillance simulant l'effacement des digues de la STEP et de l'aéroport. Concernant la digue de la RT40, compte tenu de ses caractéristiques géométriques (et notamment de sa largeur), il a été décidé de ne pas l'effacer.

Au droit du projet, l'incidence de l'effacement ou non des digues est non détectable par la modélisation (l'incidence est marginale). De ce fait, une seule simulation intégrant l'effacement des digues a été réalisée pour l'événement de référence car c'est la plus réaliste.

¹ Modalités d'application du 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 »



3.10 RESULTATS DES SIMULATIONS AU DROIT DU PROJET

3.10.1 Préambule

3 simulations distinctes intégrant les spécificités du projet (données topographiques locales, maillage affinée...) ont été lancées. Un niveau initial du plan d'eau de 8,06 m NGF a été retenu (afin d'être cohérent avec l'approche PPRi, il a été retenu le niveau du plan d'eau observé lors du lever Lidar ; ce dernier est très proche du niveau du plan d'eau observé lors des levés bathymétriques à savoir 7,85 m NGF). Les simulations sont les suivantes :

- **Evénement de période de retour 10 ans,**
- **Evénement type décembre 2019** (période de retour associée de l'ordre de 20 à 30 ans),
- **Evénement de référence PPRi à savoir un événement centennal partout** (hormis aux abords du Vazzio pour lequel la pluie enregistrée le 11 juin 2020 a été précipitée sur le modèle).

Les figures ci-dessous illustrent en 3D les résultats de la modélisation pour l'événement de référence PPRi :

Figure 21 : Evénement de référence du PPRi (illustrations 3D)





3.10.2 Analyse des résultats

L'ensemble des cartographies produites sont insérées dans le chapitre suivant. Ces dernières appellent les commentaires suivants :

- Le site du projet est noyé pour les 3 scénarios hydrologiques étudiés (plus de 10 m d'eau pour la crue type PPRi),
- Les vitesses d'écoulement dans le plan d'eau du projet pour les 3 scénarios hydrologiques sont majoritairement inférieures à 1 m/s.

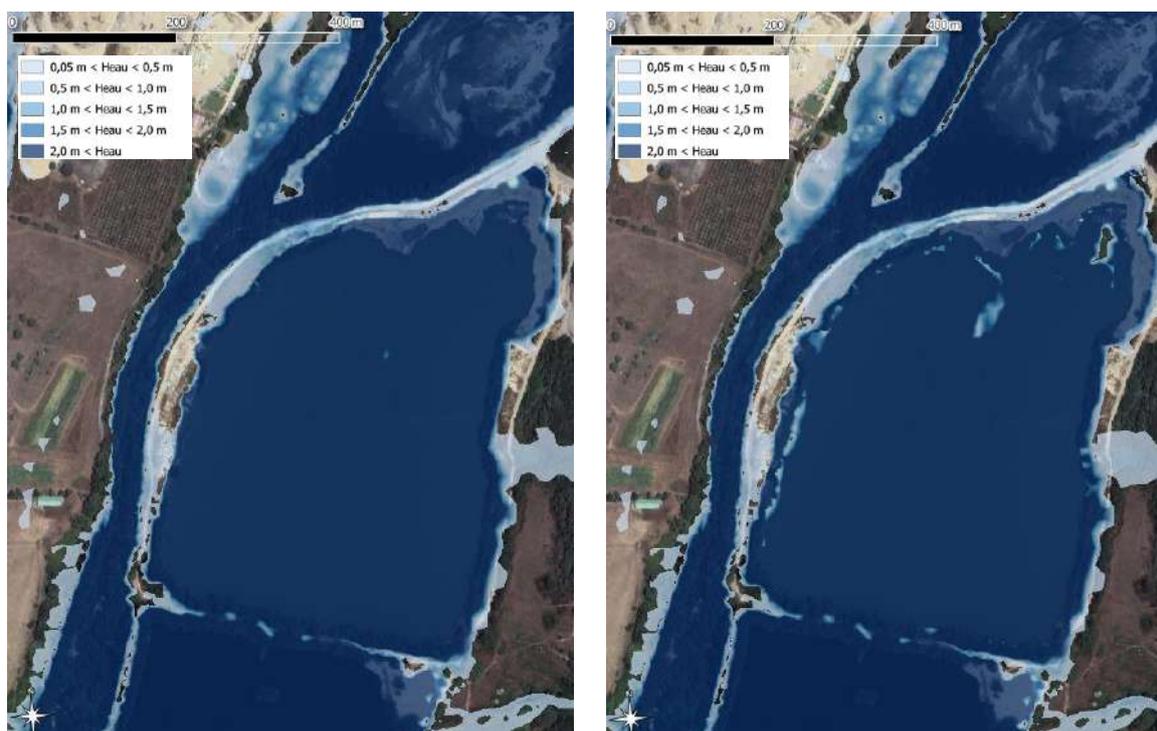
COMPARAISON DES RESULTATS DU PPRi ET DE LA PRESENTE ANALYSE

Les extraits de carte ci-dessous comparent l'emprise des inondations et les vitesses d'écoulement pour l'événement de référence avec :

- la topographie Lidar exploitée dans le cadre du PPRi,
- la bathymétrie levée spécifiquement dans le cadre du projet (et un maillage affiné).

Les hauteurs d'eau (hormis dans le plan d'eau lui-même pour lequel on a appliqué une bathymétrie) et l'emprise des zone inondables sont analogues entre la démarche PPRi et celle entreprise dans le cadre de la présente analyse.

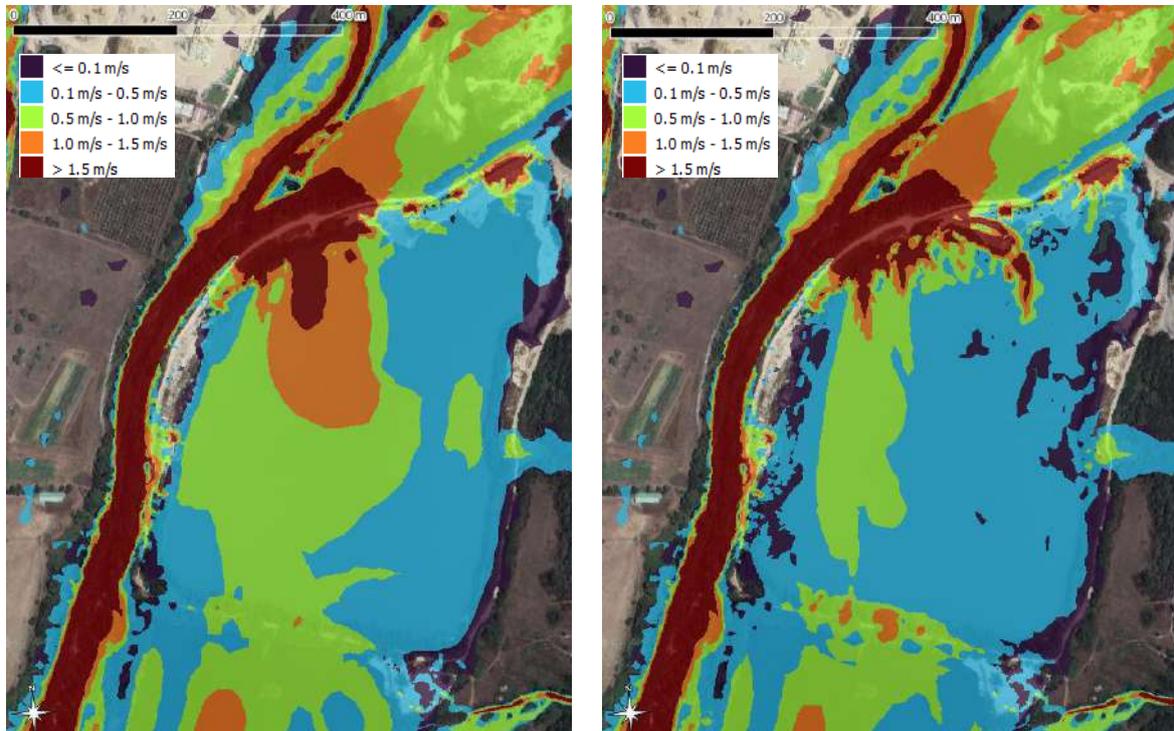
Figure 22 : Événement de référence du PPRi (gauche) et de la présente analyse (droite) – Hauteurs d'eau





En revanche, concernant les champs de vitesses, on note des changements assez marqués entre les deux approches. **Le fait d'affiner le maillage, et surtout d'intégrer au modèle la bathymétrie du plan d'eau, permet d'observer une diminution significative de la zone du plan d'eau marquée par des vitesses supérieures à 1 m/s.**

Figure 23 : Evénement de référence du PPRI (gauche) et de la présente analyse (droite) – Vitesses d'écoulement



3.10.3 Cartographies de l'état actuel

Nota : La méthode qui consiste à faire précipiter une pluie sur un modèle hydraulique a pour conséquence de « mouiller » chacune des mailles. Pour les cartographies, il est d'usage de prendre un seuil d'affichage des hauteurs d'eau de l'ordre de 5 à 10 cm.

Les cartes ci-dessous, centrées sur le projet, sont insérées dans les pages suivantes :

- **Evénement de référence type PPRI :**
 - Cartes de hauteurs d'eau,
 - Cartes de vitesses d'écoulement,
- **Evénement type décembre 2019 (période de retour de l'ordre de 20 à 30 ans sur la Gravona) :**
 - Cartes de hauteurs d'eau,
 - Cartes de vitesses d'écoulement,
- **Evénement de période de retour 10 ans :**
 - Cartes de hauteurs d'eau,
 - Cartes de vitesses d'écoulement.



Figure 24 : Evénement de référence type PPRI – Hauteurs d'eau



Figure 25 : Evénement de référence type PPri – Vitesses d'écoulement

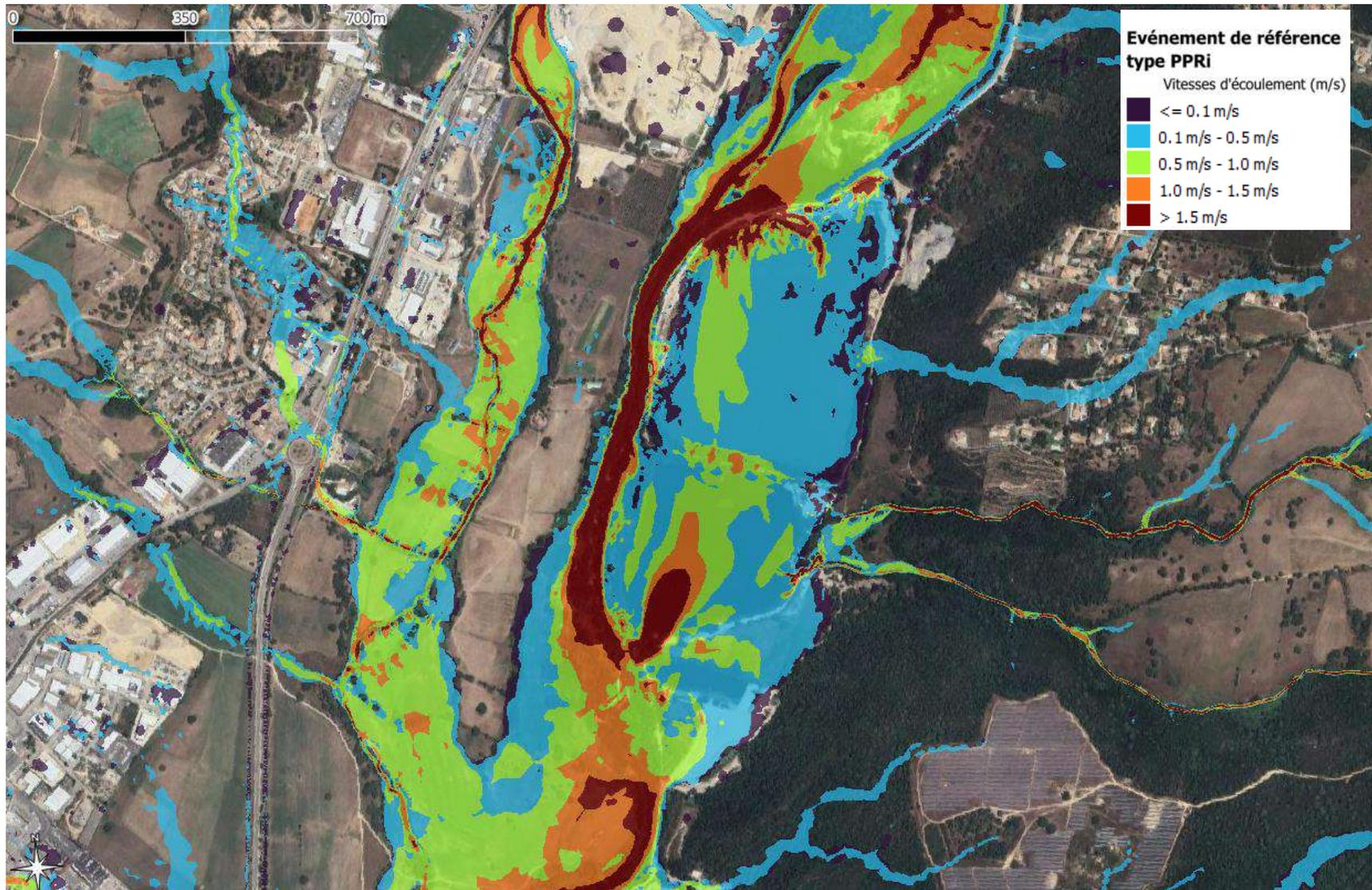




Figure 26 : Evénement type décembre 2019 (période de retour de l'ordre de 20 à 30 ans) – Hauteurs d'eau



Figure 27 : Evénement type décembre 2019 (période de retour de l'ordre de 20 à 30 ans) – Vitesses d'écoulement

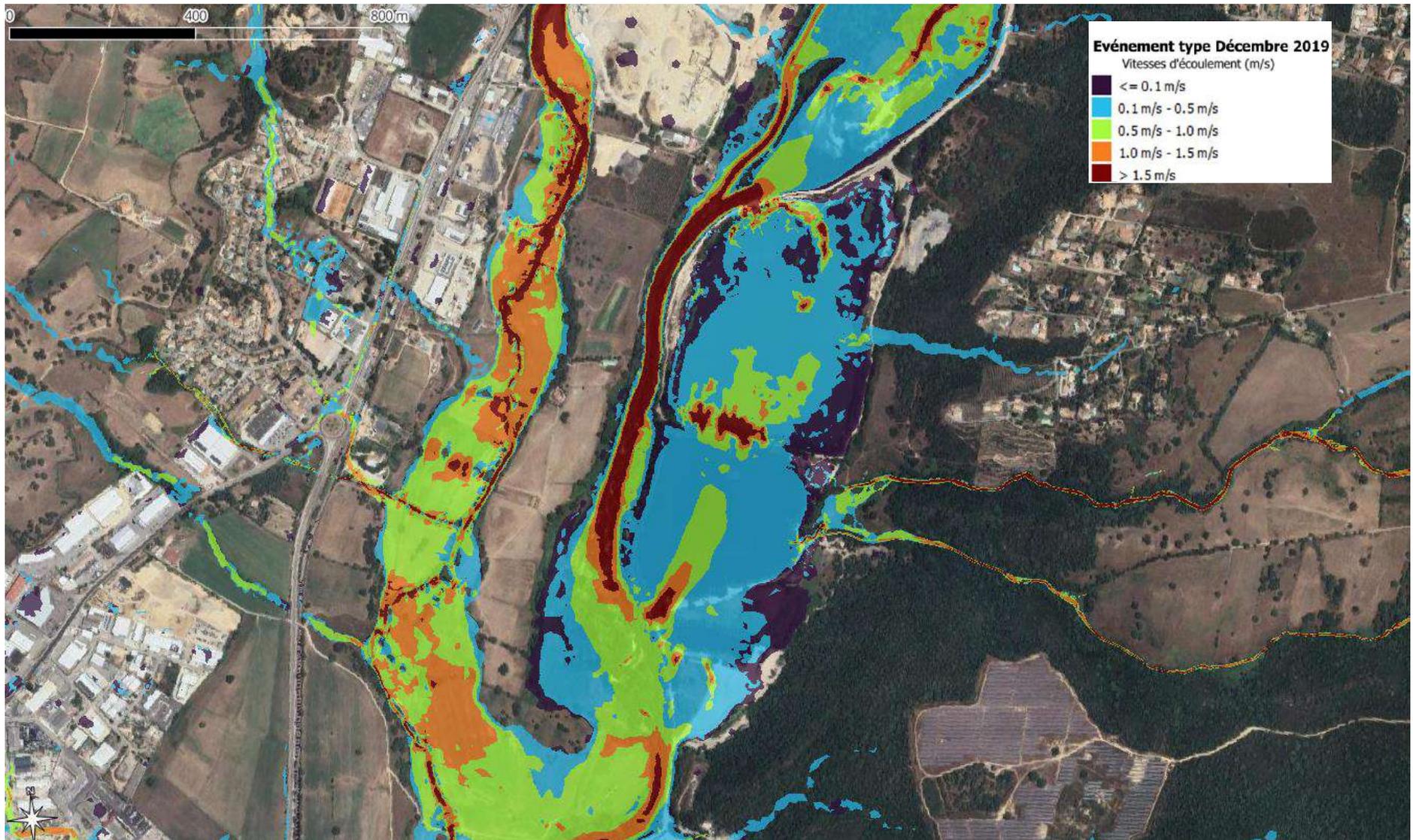




Figure 28 : Evénement de période de retour 10 ans – Hauteurs d'eau

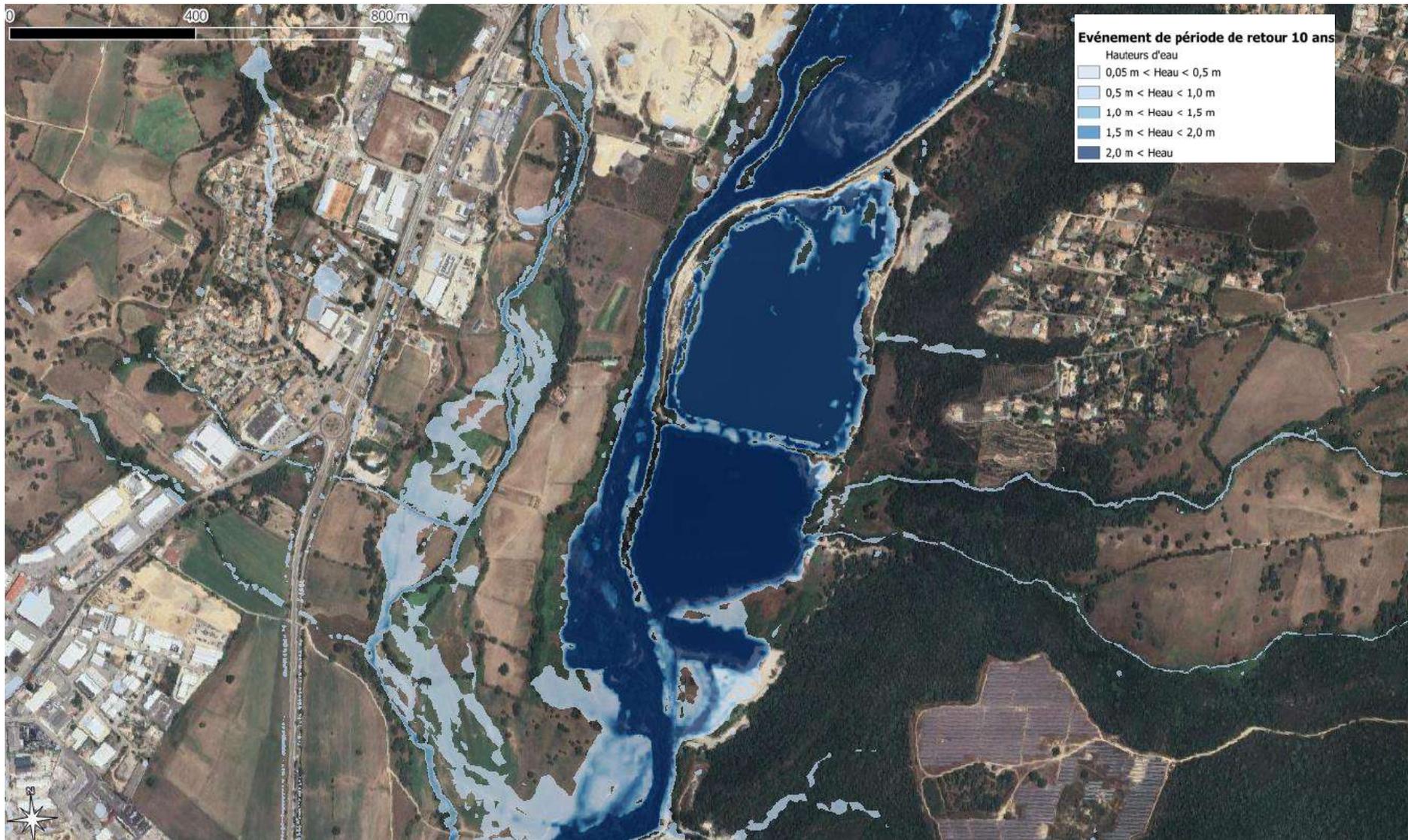
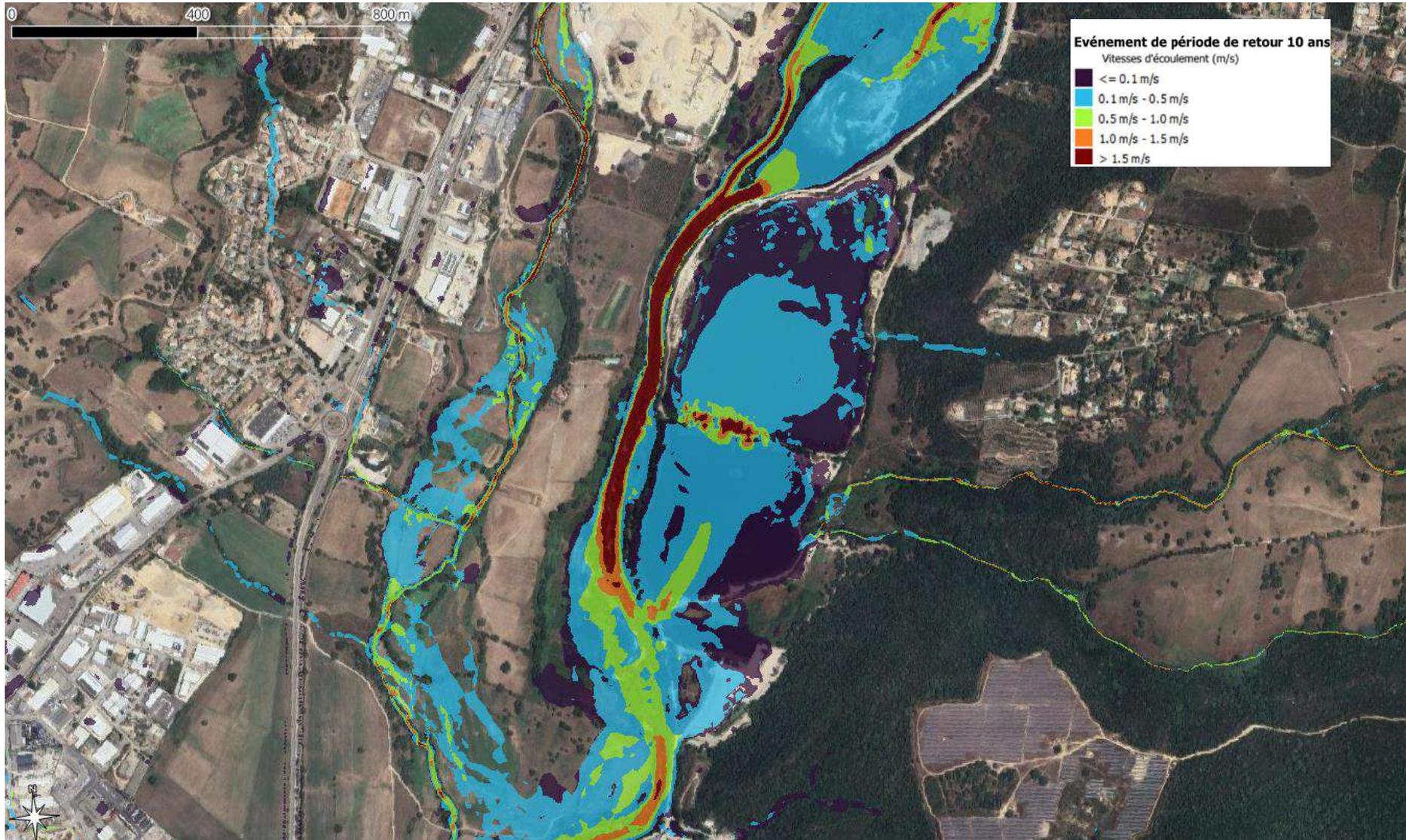


Figure 29 : Evénement de période de retour 10 ans – Vitesses d'eau





3.11 INCIDENCE HYDRAULIQUE DU PROJET

Concernant les panneaux photovoltaïques flottants, la réglementation actuelle n'exige pas, à proprement parler, de modélisations hydrauliques en état aménagé. En effet :

- Les panneaux photovoltaïques flottants, par définition, s'adapte aux variations de niveaux d'eau et leur incidence hydraulique peut être estimée comme marginale,
- D'autre part, une éventuelle modélisation hydraulique des panneaux flottants s'avèrerait particulièrement complexe d'un point de vue technique et nécessiterait un modèle 3D-CFD.

Ainsi, il est souvent demandé de préciser les champs de vitesses en état actuel (notamment pour l'événement de référence du PPRI), et il est prescrit de n'installer les panneaux photovoltaïques flottants que dans des zones où les vitesses sont inférieures à un seuil prédéterminé, dans notre cas de figure « 1 m/s ».

Par ailleurs, le porteur de projet doit s'assurer que les structures utilisées pour arrimer les panneaux flottants et l'ensemble des réseaux sont aptes à résister au courant et à d'éventuels embâcles. Elles ne devront pas non plus créer elles-mêmes d'embâcles. Le porteur de projet devra également fournir une étude de la mobilité du radeau flottant par l'effet de houle due au vent, le degré de liberté de mouvement du radeau étant lié à la hauteur de submersion du plan d'eau.

L'objet des sous-chapitres du §0 est de pré-dimensionner les ancrages des modules photovoltaïques flottants.



4 ACCOMPAGNEMENT TECHNIQUE POUR L'ETAT AMENAGE

4.1 REFERENCES

Les documents auxquels font référence la présente note sont listés ci-dessous :

- [1] Plan d'implantation des modules flottants
- [2] Documentation Zimmerman
- [3] Rapport d'essais ' Prélèvement et analyse d'eau souterraine' Site SGBC APAVE

4.2 NORMES ET RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

- [4] Eurocode 0 et annexes : Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures NF EN 1990 :2003
- [5] Eurocode 1 et annexes : Actions sur les structures NF EN 1991
- [6] Eurocode 3 et annexes : Calcul des structures en acier NF EN 1993
- [7] Eurocode 7 et annexes : Calcul Géotechnique NF EN 1997
- [8] NF P94-262 : Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'EC7 – Ouvrages de soutènement – Fondations profondes
- [9] « Recommandations pour le calcul des ouvrages en site aquatique » (ROSA 2000)
- [10]CSNPSN. Guide de conception, Les pontons de plaisance (1992).

Cette liste n'est pas exhaustive et pourra être complétée au fil des études.



4.3 DONNÉES DU SITE

4.3.1 Données topo-bathymétriques

La bathymétrie du plan d'eau du projet (cf. Figure 10) est variable, la profondeur du plan d'eau varie de 0 m à environ -6 m (pour un niveau d'eau moyen de l'ordre de 8 m NGF). **La profondeur maximale considérée est de -5,5 m [2,5 m NGF]** (le -6,0 m étant vraiment très ponctuel) sera prise en compte dans la suite du rapport pour les calculs.

4.3.2 Données géotechniques

Les seuls éléments géotechniques transmis sont les sondages PZ1 à PZ3, ceux-ci ont été réalisés par « Corse Géoscience » en juillet 2005. Ces sondages avaient pour but la pose de trois piézomètres de 12 ml.

Nota : nous ne disposons pas du sondage « PZ4 »

La figure ci-dessous montre l'implantation de ces trois sondages par rapport à la carrière et de ce fait par rapport au futur plan d'eau.

Figure 30 : Plan d'implantation des différents piézomètres





Sur base de l'indentification des sols faite dans ces sondages, trois zones géotechniques distinctes semblent apparaître :

Z1	base de l'horizon
	m/TN actuel
H1- Alluvions grossières à blocs décim	0 à 8.20 m
H2- Sables et graviers saturés	8.20 à 12 m

Z2	base de l'horizon
	m/TN actuel
H1- Sables et graviers saturés	0 à 6.80
H2- Sables légèrement limoneux	6.80 à 10.5
H3- sables légèrement limoneux	10.50 à 12

Z3	base de l'horizon
	m/TN actuel
H1- Alluvions grossières à blocs décimétrique	0 à 6m
H2- Sables et graviers saturés	6 à 8.30
H3- sables à passées limoneuses ocre	8.30 à 12

En fonction des catégories de sols identifiés et sur base de retours d'expériences et de la littérature scientifique, nous retiendrons les paramètres géotechniques suivants pour la réalisation des calculs de la présente note.

45

	base de l'horizon	Pression limite nette p_l^*	Module Pressiométrique E_m
	m/TN actuel		
H1-Terre végétale + remblais	0.4 à 3m	0.5	5
H2-Couche homogène	3 à 12 m	1	10

Nota : on considèrera la valeur de pression de fluage $p_f^* = p_l^*/2$.

4.3.3 Milieux physiques

4.3.3.1 Vent

Les actions dues au vent sont définies selon les Eurocodes 1 partie 1-4 et leur annexe nationale, telles que :

- Valeur de base de la vitesse de référence du vent $V_{b,0} = 26$ m/s (Cuttoli-Corticchiato en Corse situé en Région 3),
- Coefficient de direction $c_{dir} = 1.0$,
- Coefficient de saison $c_{season} = 1.0$
- Coefficient orographique $c_o(z) = 1.0$



- Coefficient de rugosité $c_r(z)$ calculé en considérant une **catégorie de terrain II** : Rase campagne (la plus défavorable) avec $z_0 = 0.05 \text{ m}$ et $z_{\min} = 2 \text{ m}$, soit un facteur de terrain $k_r = 0.190$
- Altitude de calcul pour les efforts d'amarrage $z = z_{\min} 2.0 \text{ mètres} \rightarrow Cr = 0.70$
- Soit $v_m = 18.2 \text{ m/s}$

La vitesse de vent calculée est une vitesse moyennée sur 10 minutes à 2 mètres de hauteur. Or, selon ROSA2000, la vitesse de vent à prendre pour un bateau de taille supérieure à 25 mètres est la vitesse moyennée sur 1 minute. La formulation permettant d'estimer la vitesse moyenne du vent sur 1 minute à partir de la vitesse moyenne sur 10 minutes est présentée ci-après :

$$V_{1min} = G * V_{10min}$$

G étant le coefficient de rafale :

$$G = 1 + g * I$$

Avec :

g le facteur de pointe, dépendant des durées de vent

$$g = \sqrt{2 \ln \frac{T_2}{5 * T_1}} = \sqrt{2 \ln \frac{600}{5 * 60}} = 1,177$$

I l'intensité de la turbulence, dépendant de la rugosité et de la hauteur au-dessus du sol à laquelle les vitesses sont mesurées.

$$I = \frac{1}{\ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1}{\ln \frac{2}{0.05}} = 0,271$$

Où z est la hauteur au-dessus du sol à laquelle les vitesses sont mesurées (2 mètres en l'occurrence) et z_0 la longueur de rugosité (prise comme 0.05 mètres selon ROSA 2000).

$$G = 1 + g * I = 1 + 1,18 * 0,27 = 1,32$$

Ainsi, pour passer d'un vent moyen sur 10 minutes à 2 mètres du sol, à un vent moyen sur 1 minute à 2 m du sol, le coefficient de rafale est alors égal à 1.32.

Soit une vitesse de vent moyenne sur 1 minute de :

Vent, k = 18,2 m/s x 1,32 = 24,04 m/s = 87 km/h
--

Vent, d (ELU) = $\sqrt{1,5}$ x Vent k = $\sqrt{1,5}$ x 24,04 m/s = 29,44 m/s = 106 km/h
--

Nota : Afin d'obtenir l'effort à l'ELU la force sera multiplié par 1.5, ce qui équivaut à la multiplication de la vitesse du vent par $\sqrt{1.5}$.

4.3.3.2 Clapot

Le clapot est créé par le vent, du fait de la distance libre très faible sur laquelle le vent peut souffler pour engendre du clapot, la hauteur du clapot est considérée comme nulle.

Aucun clapot n'est donc considéré dans la suite du rapport.



4.3.3.3 Hydraulique

4.3.3.3.1 Niveau d'eau

Afin de déterminer le niveau d'eau, plusieurs sources sont utilisées :

- Le niveau du plan d'eau observé lors du levé LiDAR du RGE Alti de l'IGN : 8,06 m NGF, (correspondant au niveau d'eau retenu pour l'étude hydraulique du présent rapport)
- Le niveau d'eau mesuré lors des levés bathymétriques le 27/02/2023 : 7,85 m NGF.
- Le niveau d'eau relevé lors de la mise en œuvre des piézomètres le 11,12 et 13 /07/2005
 - Pz1 : 7.40 m/ TN
 - Pz2 : 6.20 m /TN
 - Pz3 : 5.50 m/TN
- le niveau d'eau indiqué dans le rapport de prélèvement et d'analyse des eaux réalisées sur le site de terrain de Piézo Baleona en 02/2023 :
 - Pz1 : 8 m/ TN
 - Pz2 : 7.95 m /TN
 - Pz3 : 5.60 m/TN

D'après les plans topo-bathymétrique à notre disposition, les sondages piézométriques sont situés aux altimétries suivantes :

- Pz1 : environ 15.1 m NGF
- Pz2 : 14.5 m NGF
- Pz3 : environ 12.5 m NGF

Ces données permettent de déterminer (de façon approximative car l'implantation des sondages données est peu précises).

	PZ1 Niveau d'eau (m NGF)	PZ2 Niveau d'eau (m NGF)	PZ3 Niveau d'eau (m NGF)
07/2005	7,7	8,3	7,0
02/2023	7,1	6,55	6,9

- **On retiendra le niveau moyen 8 m NGF comme étant le niveau moyen des plans d'eau.**
- Niveau d'eau bas : on supposera que durant la période estivale/ de sécheresse le plan d'eau s'abaisse de 1 m.
- Niveaux d'eau haut : 12,5 m NGF (le niveau d'eau le plus défavorable qui correspond au niveau d'eau pour une crue centennale)

Le tableau ci-dessous est extrait de l'étude hydraulique mené dans la première partie du présent rapport.

Cote max Q100 [m NGF]	Cote max crue 2019 [m NGF]	Cote max Q10 [m NGF]
12,5	11,5	10,6



4.3.3.2 Vitesse de courant

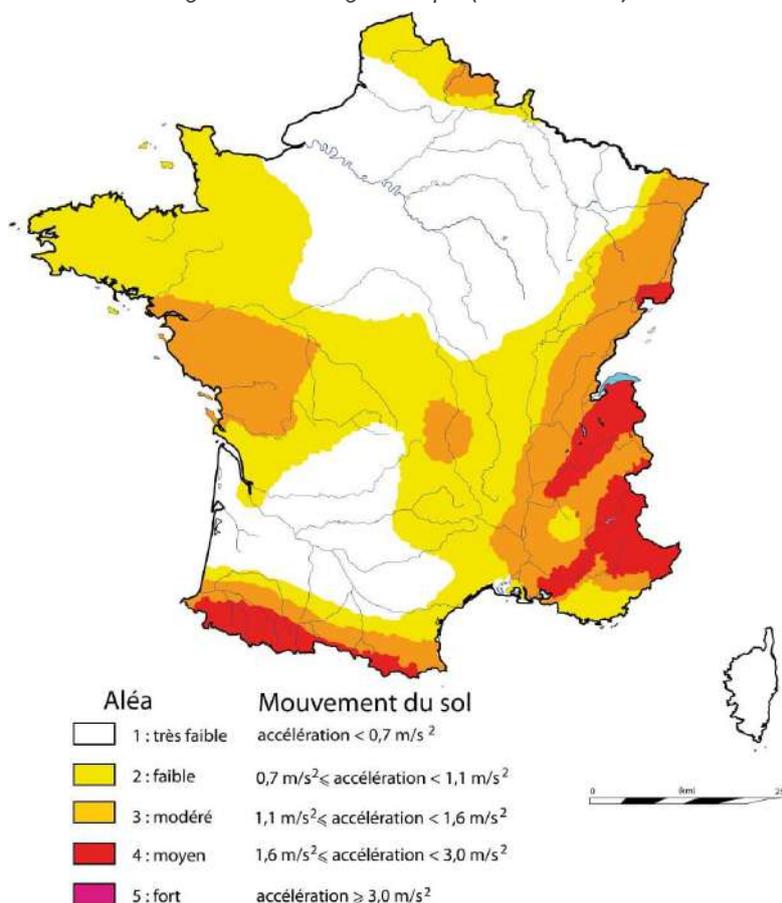
Les panneaux photovoltaïques seront disposés de manière à éviter les zones où le courant dépasse 1 m/s pour la crue de référence type PPRI selon **chapitre 4.1**.

Ainsi, dans une approche conservatrice, la valeur maximale de 1 m/s sera retenue comme référence pour la vitesse du courant dans la suite de l'étude.

4.3.3.4 Séisme

Le plan d'eau se situe en zone de sismicité 1 (très faible). Il n'y a donc aucune exigence vis-à-vis du séisme pour les calculs.

Figure 31 : Zonage sismique (GEOPORTAIL)

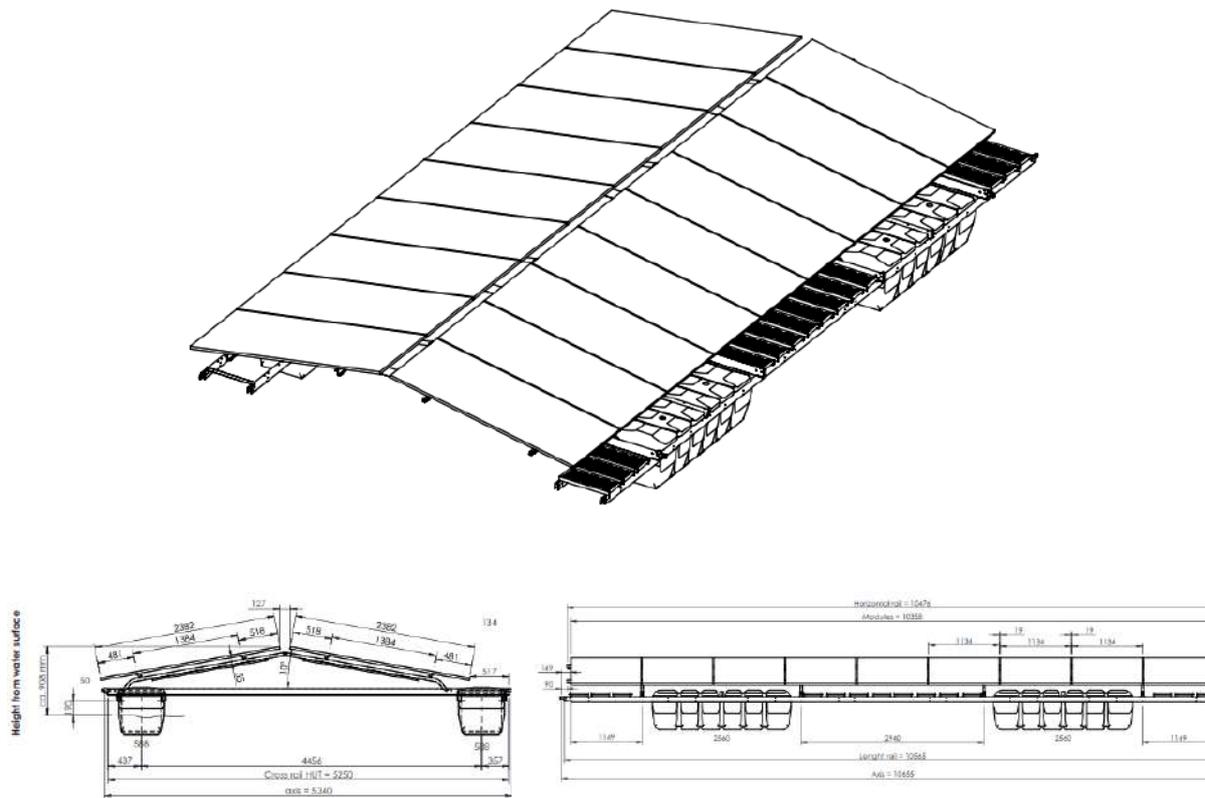




4.4 LES PANNEAUX FLOTTANTS

4.4.1 Caractéristiques des panneaux flottants :

Figure 32: Caractéristiques des modules flottants



Source : Plan Zimmerman

- Longueur des panneaux : 10.358 m
- Largeur des panneaux : $2.382 \times 2 = 4.764$ m
- Aire des panneaux sur une table 48.6 m² ($18 \times 1.134 \times 2.382$)
- Incliné à 10°

4.4.2 Fardage des tables flottantes

Sur la base des données à disposition, les fardages (surfaces de prises au vent transversales et latérales sont estimées).

- Aire de fardage côté :
 - Panneaux : 25 m² soit 4.4 m² en projetant cette surface sur un plan verticale ($25 \times \sin 10$)
 - Flotteurs : $(0.19\text{m}) \times 2.56\text{m} \times 2 \times (1+0.33(\text{coefficient de masque du flotteur arrière})) = 1.29 \text{ m}^2$
 - Profilés métalliques : environ 0.78 m²
 - **Aire de fardage latérale totale : 6.47 m² pour une table**
- Aire de fardage arrière :
 - Panneaux : $0.105\text{m} \times 2 \times 2.382\text{m} = 0.5 \text{ m}^2$
 - Profilés métalliques : environ 0.78 m²
 - Flotteurs : $(0.19\text{m}) \times 2 \times 0.588\text{m} \times (1+0.33(\text{coefficient de masque du flotteur arrière})) = 0.30 \text{ m}^2$
 - **Aire de fardage transversale totale : 1.58 m² pour une table**



- Surface de prise au courant :
 - Côté : $0.27 * 2 * 2.56 = 1.4 \text{ m}^2$
 - Arrière : $0.27 * 2 * 0.588 = 0.32 \text{ m}^2$

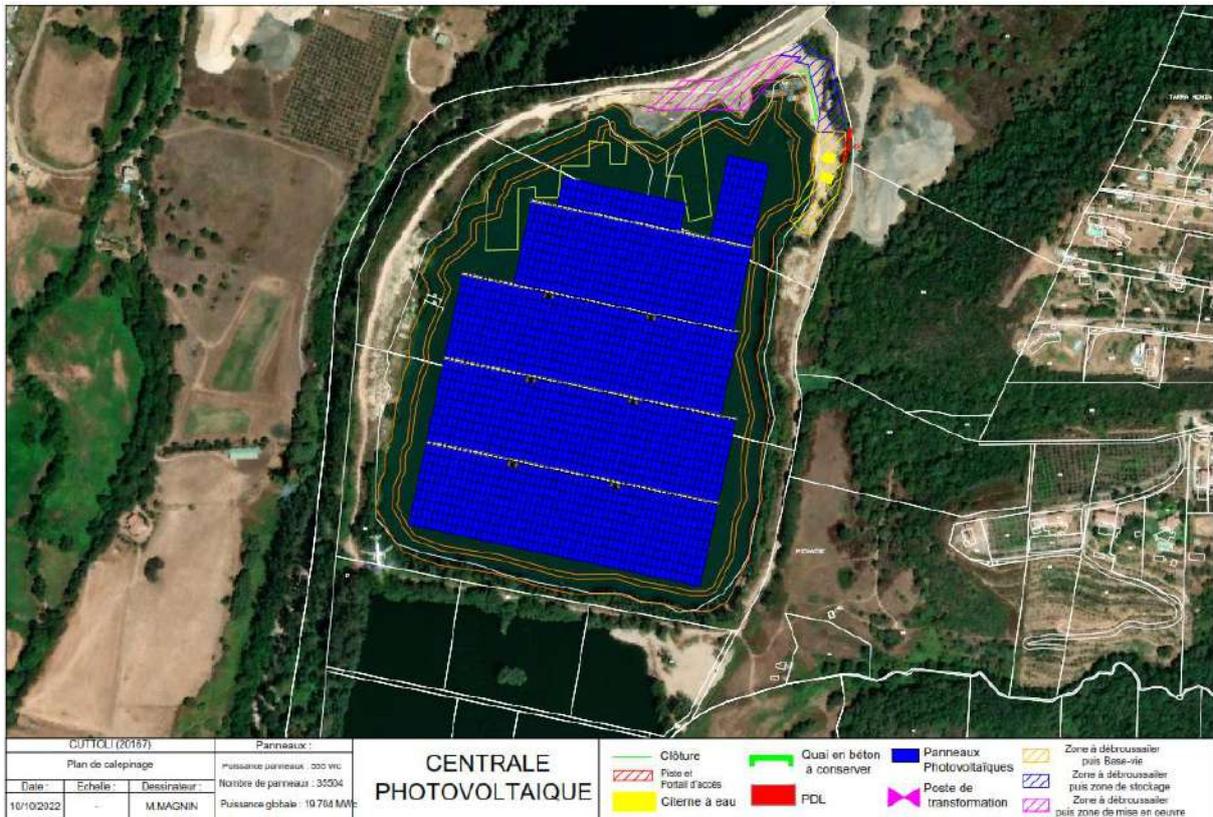
On estimera que la face cachée des panneaux ne prend pas le vent.

On considère un effet de masque de 0,33 pour toutes les surfaces exposées sous le vent et masqués par un premier élément.

4.5 PLAN D'IMPLANTATION

Le plan d'implantation des modules fourni par Corsica Energie est donné ci-après :

Figure 33 : Plan d'implantation des modules sur le plan d'eau



4.6 MODALITES D'ANCRAGES

Plusieurs types d'ancrages existent, on peut notamment citer :

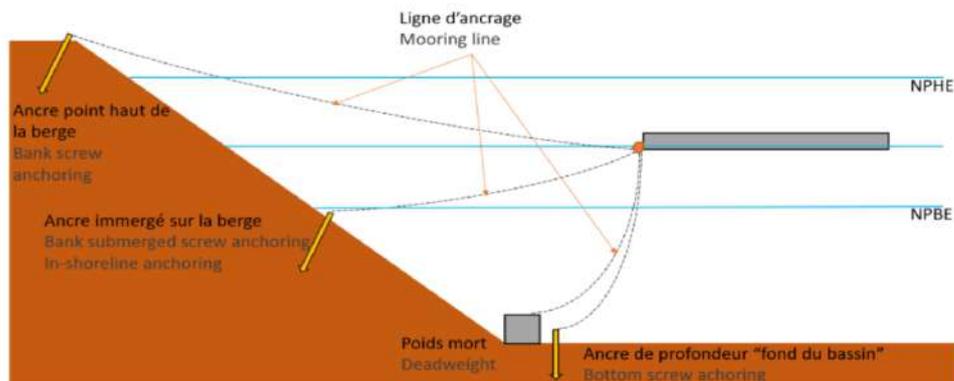
- Les ancrages de type pieux (éléments tubulaires enfoncés dans le sol)
- Les ancrages de type corps-morts (éléments en béton résistant aux efforts grâce à leurs poids)

Ces ancrages peuvent être mis en place sur le fond ou en différent point de la berge comme le montre la figure suivante.

Chacun de ces types d'ancrages présentent des avantages et des inconvénients technico-économiques et écologiques. Il est par exemple à noter que les ancrages de type corps-morts sont à proscrire dans le cas où le fond n'est pas régulier avec des obstacles (tronc, rocher, trous) et/ou avec des cassures supérieures à 15°. En effet cela serait problématique pour la tenue du corps-mort et la tenue au glissement d'éventuel « talus subaquatique ». Les fonds peuvent tout de même être localement régularisés avant pose d'éventuels corps morts.

Dans la suite de cette note, il sera supposé que les corps-morts reposent sur un fond plat sur une distance de 8x la longueur de base des corps-morts.

Nota : il existe aussi des ancrages de type pieux de guidage ou bracons mais ceux-ci ne sont pas adaptés à l'ouvrage que l'on cherche à maintenir.



Il est à noter que plus les ancrages sont courts mieux c'est car les modules se déplacent alors moins (sous l'effet de l'action du vent) du fait d'un moindre allongement des lignes d'ancrages. Il est par ailleurs recherché que les longueurs d'ancrage soient homogènes et d'une longueur suffisante pour que la répartition des tensions soient homogènes entre lignes malgré les variations de niveau d'eau de la retenue.

Par ailleurs les avantages d'avoir des ancrages immergés sont les suivants :

- Possibilité de naviguer sur le plan d'eau facilement en bateau,
 - Ce point peut être réglé en positionnant les ancrages sous le niveau d'eau ou en lestant les lignes d'ancrages sous l'eau pour qu'elle ne soit tendue qu'en cas de dépassement d'une certaine vitesse de vent)
- Moindre impact paysager,
- Éventuellement un moindre impact paysager.

Dans la suite de cette note nous considérerons que les lignes d'amarrage ont des cotes d'ancrages égales et une longueur identique pour éviter les concentrations d'efforts. En effet, des concentrations d'efforts sur des ancrages pourraient avoir lieu dans le cas où des lignes d'ancrages présenteraient des longueurs différentes, dans ce cas certains ancrages seraient mis en tension avant d'autre du fait de l'élasticité et l'allongement plus important des lignes de longueurs plus importantes.



4.7 VALEURS REPRESENTATIVES DES MATERIAUX DE STRUCTURES UTILISEES

4.7.1 Caractéristiques

- Pieux : classe 5, catégorie 13 : Pieu battu ouvert en acier.
- Limite élastique : Nuance S355 ($f_y = 355$ MPa).
- Module d'Young : $E = 210\,000$ MPa
- Coefficient de poisson : $\nu = 0,3$

4.7.2 Corrosion

La durée de vie des ouvrages est de 50 ans.

Selon les principes développés dans l'Eurocode 3 partie 5, les épaisseurs sacrificielles d'acier en découlant sont les suivantes :

		Côté intérieur (mm)	Côté extérieur (mm)	Épaisseur sacrificielle totale (mm)
Pieux	Eau douce ordinaire dans la zone d'attaque élevée (ligne d'eau) *	0,60 mm	0,90 mm	1,50 mm
	Zone en sol (considéré comme naturel et intact) :	0,60 mm	0,60 mm	1,20 mm

Cette corrosion s'applique sur la partie hors sol du pieu du fait des possibles inondations.

La tête des tubes devra être obturée de façon étanche à l'air pour éviter une corrosion plus importante que celle prévue dans la présente note de calculs.

4.8 CHARGEMENT ET COMBINAISON

4.8.1 Vent

L'action du vent sur le « bateau » est calculée de la manière suivante, conformément aux recommandations ROSA 2000.

$$R = (\rho_{air}/2) \times C_V \times V^2 \times (A_T \cos^2 \alpha + A_L \sin^2 \alpha)$$

$$\tan \varphi = \tan \alpha \times A_L / A_T$$

$$F_T = R \times \sin \varphi$$

$$F_L = R \times \cos \varphi$$

$$M = F_T \times K_{ex} \times L$$

Avec :

- R : la résultante de l'effort dû au vent, inclinée de φ sur l'axe longitudinal,
- F_T : la composante de la force transversale au « bateau »,
- F_L : la composante de la force longitudinale au « bateau »,



- M : le moment de R réduit à l'axe vertical passant par le centre de gravité,
- V : la vitesse du vent au centre de poussée du « bateau », qui correspond à une vitesse moyenne sur 1 minute environ pour $L > 25$ m, et sur 15 secondes environ pour $L < 25$ m,
- α : l'angle entre la direction du vent et l'axe longitudinal du « bateau »,
- A_T : la surface projetée du « bateau » exposée au vent du bout,
- A_L : la surface projetée du « bateau » exposée au vent de travers,
- L : la longueur du « bateau »,
- C_V : le coefficient de forme issu d'essais en soufflerie, compris entre 1,0 et 1,3. On prendra 1,3.
- ρ_{air} : la masse volumique de l'air (1.225 kg/m³),
- K_{ex} : coefficient d'excentricité fonction de l'angle α .

Nota : Les lignes de bateaux seront situées les unes derrière les autres dans la direction du vent, un effet de masque sera donc pris en compte. Pour ce faire un coefficient de masque de $D=0,33$ sera considéré, en référence au document [10]

Autrement dit, il sera considéré que 33% de la surface des bateaux masqués est soumise au vent.

4.8.2 Courant

L'action du courant sur le « bateau » est calculée de la manière suivante, conformément aux recommandations ROSA 2000 :

$$F_{pT} = \frac{\rho_{eau}}{2} \times C_T \times U^2 \times A_L \times \sin \alpha$$

$$F_{pL} = \frac{\rho_{eau}}{2} \times C_L \times U^2 \times A_T$$

$$M = F_T \times K_{ex} \times L$$

Avec :

- F_{pT} : la composante de la force transversale au « bateau »
- F_{pL} : la composante de la force longitudinale au « bateau »
- M : le moment résultant au centre de gravité du « bateau »
- L : la longueur du « bateau » hors tout
- U : la vitesse du courant à une profondeur égale à la moitié du tirant d'eau du « bateau » (moyenne sur 1 minute), considéré égal à 1 m/s.
- α : l'angle entre la direction de propagation du courant et l'axe du « bateau » (on prendra cet angle égal à 10°)
- A_T : la surface du maître-couple longitudinal du « bateau »
- A_L : la surface maître-couple transversal du « bateau »
- C_T : le coefficient adimensionnel de forme transversale, variant entre 1 pour une grande profondeur d'eau à 7 pour une profondeur d'eau égale au tirant d'eau du « bateau ». On prendra $C_T=1$
- C_L : le coefficient adimensionnel de forme longitudinale, variant entre 0,2 et 0,6 selon les formes géométriques du « bateau ».
- K_{ex} : coefficient d'excentricité fonction de l'angle α .

Nota : seules les forces de pression sont prises en compte, les forces de frottement sont faibles et donc négligées.



4.8.3 Embâcles

L'effort exercé par un embâcle flottant sur une structure est évalué en fonction de la poussée résultant du blocage par un véhicule. Ce calcul suppose que le véhicule se comporte comme un embâcle vis-à-vis de la structure.

D'après l'**Eurocode 1 (NF EN 1991-1-6 [9])** relatif aux embâcles, la force exercée F_{deb} est déterminée par la relation suivante :

$$F_{deb} = k_{deb} A_{deb} v^2$$

Avec :

- k_{deb} : paramètre représentant la masse volumique des débris, recommandé à **666 kg/m³** par l'EN 1991-1-6. Dans ce cas, le véhicule étant un embâcle flottant, on considère une masse volumique équivalente à celle de l'eau de façon défavorable (masse volumique limite pour que l'objet flotte), soit **1 025 kg/m³**, en supposant qu'il transmet l'intégralité de la force de poussée à la structure.
- A_{deb} : aire d'obstruction du véhicule, définie par sa longueur multipliée par sa hauteur, soit **5 m x 2 m = 10 m²**.
- v : vitesse moyenne de l'eau lors de l'écoulement de la crue, estimée à **1 m/s**.

En appliquant cette formule, la poussée exercée sur la structure est évaluée à **10 kN de manière sécuritaire**.

4.8.4 Combinaisons d'actions

Action	Type	Valeur	γ_d
W (vent)	Variable	Selon § 4.8.1	1.5
COU (courant)	Variable	Selon &4.8.2	1.5
EMB (Embacles)	Accidentel	Selon &4.8.3	1

4.8.4.1 Combinaison a l'ELS caractéristiques

ELS : W + COU

4.8.4.2 Combinaison a l'ELU fondamental

ELU : 1.5*W + 1.5*COU

4.8.4.3 Combinaison a l'ELA accidentel

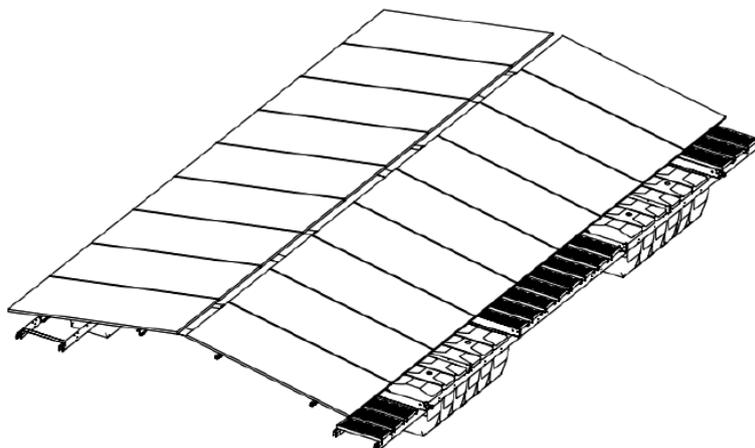
ELA : 1*W + 1*COU+1*EMB



4.9 CALCUL DES SURFACES IMPACTEES EN FONCTION DES DIRECTIONS DU VENT

Afin de mener à bien les calculs on vérifie les efforts sur les différentes structures pour les vents suivants :

- 0°
- 30°
- 60°
- 90°



vent 0						
	Longueur maximum sur lequel le vent souffle (m)	nombres de tables concernées	surface de vent exposée (m ²)	surface de vent exposée (m ² /ml)	surface de courant exposée (m ²)	surface de courant exposée (m ² /ml)
ilot	440	45	24.5	4.6	14.4	2.7

vent 30				
	Longueur maximum sur lequel le vent souffle (m)	nombres de tables concernées	surface de vent exposée (m ²)	surface de courant exposée (m ²)
ilot	475	61	24.7	5.0

vent 60				
	Longueur maximum sur lequel le vent souffle (m)	nombres de tables concernées	surface de vent exposée (m ²)	surface de courant exposée (m ²)
ilot	408	62	102.6	22.2

vent 90						
	Longueur maximum sur lequel le vent souffle (m)	nombres de tables concernées	surface de vent exposée (m ²)	surface de vent exposée (m ² /ml)	surface de courant exposée (m ²)	surface de courant exposée (m ² /ml)
ilot	305	57	126.0	11.8	79.8	7.5

Les surfaces exposées à des vents de 30° et 60° sont présentées ci-dessus, elles sont inférieures à celles pour un vent à 90°, par ailleurs, les efforts seront dans ce cas répartis sur plus d'ancrages que pour un vent à 90°.



4.10 CALCUL DES EFFORTS

On calcule les efforts engendrés sur les modules par ml, autrement dit, il conviendra de multiplier l'effort calculé dans le présent paragraphe par l'espacement des ancrages considérés pour obtenir les efforts horizontaux engendrés par le vent et le courant (hors projection fonction de l'angle des lignes d'amarrages sur les ancrages).

Les efforts sont synthétisés ci-dessous par ml.

Courant			
Force transversale	FT	kN	0.0
Force longitudinale	FL	kN	0.6
Force totale	F	kN	0.6
Force totale (coeff secu 1,5)	F	kN	0.9
Vent			
Force transversale	FT	kN	4.5
Force longitudinale	FL	kN	0.0
Force totale	F	kN	4.5
Force totale (coeff secu 1,5)	F	kN	6.7
Combinaison ELU	1.5W+1.5 COU	kN	11.3
Combinaison ELS	W+COU	kN	7.6
Combinaison Accidentel	W+COU+EMB	kN	7.6

Quant à l'effort dû à l'embâcle, il est calculé comme s'appliquant localement à un ancrage (cas le plus défavorable).

Embâcles			
Force transversale	FT	kN	5.2
Force longitudinale	FL	kN	9.2
Force totale	F	kN	10.0

On supposera que seuls les ancrages sur la face exposée au vent sont sollicités.

Les ancrages sont mobilisés par une seule ligne et l'effort ELU qui s'applique est le suivant : 11.3 * espacement entre ancrage (hors projection du fait de l'angle vertical de la ligne d'amarrage).



	Cas	Amarrage/ Force horizontale (kN) par ml
ELU	ilot	11.3

Les valeurs de dimensionnement retenues pour les efforts appliqués aux ancrages sont celles de l'ELU, majorées selon les prescriptions en vigueur et multipliées par l'espacement entre les pieux. La formule de calcul adoptée est la suivante :

$$\text{Effort} = (F_{\text{vent}} + F_{\text{courant}}) \times 1,5 \times \text{espacement}$$

En parallèle, pour le cas d'un embâcle, correspondant à une surcharge ponctuelle de 10 kN sur un pieu isolé. Ce cas, reste moins dimensionnant que le cas fondamental. L'effort correspondant est exprimé par :

$$\text{Effort} = (F_{\text{vent}} + F_{\text{courant}}) \times \text{espacement} + 10 \text{ kN}$$

Ainsi, les vérifications ont été réalisées sur la base du cas ELU, celui-ci étant plus défavorable que les autres états limites dont l'ELA.

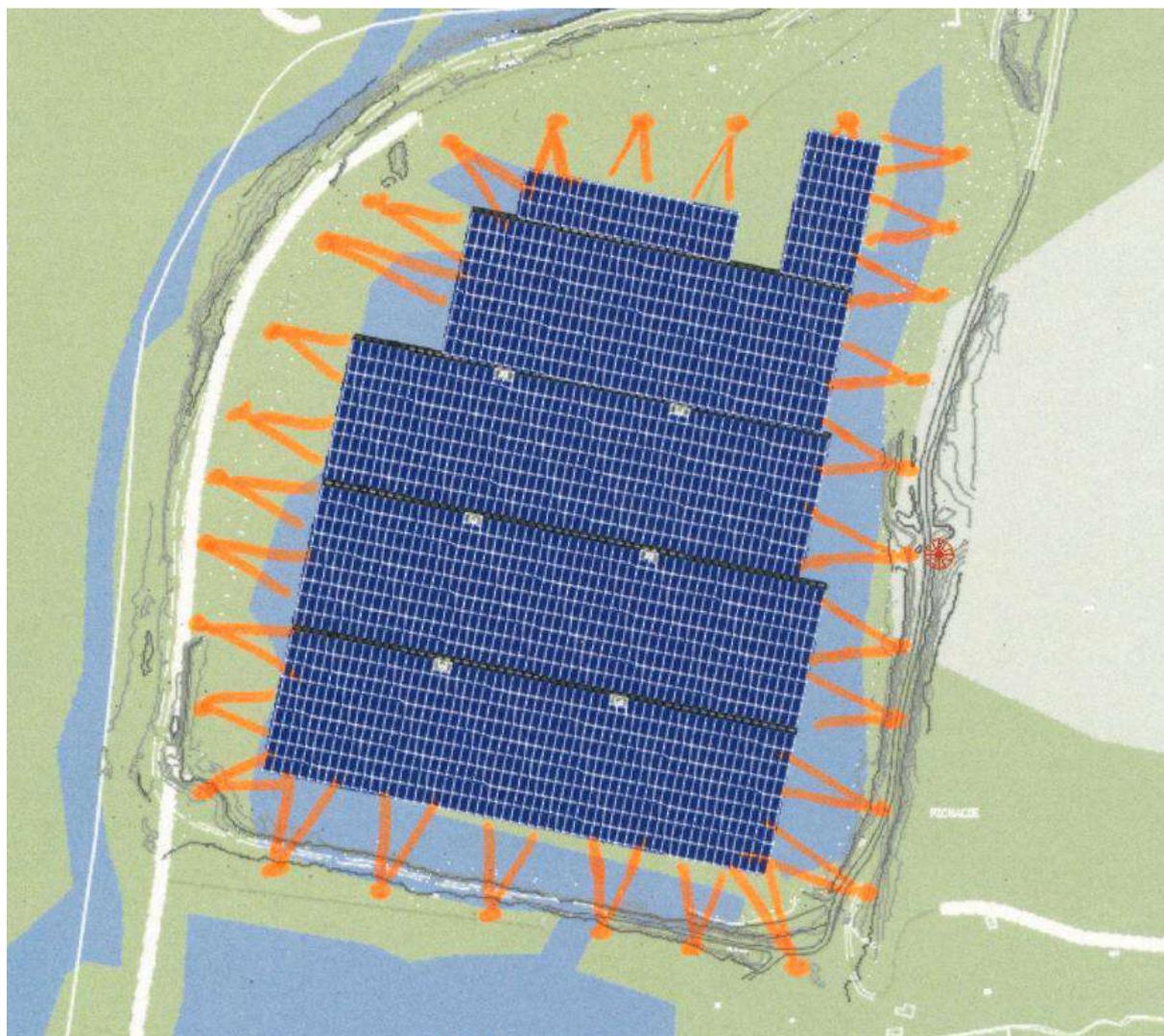


4.11 ANCRAGES PERIMETRIQUES TERRESTRES

La mise en place d'ancrages périmétriques permet de minimiser les déplacements des modules, car ceux-ci sont retenus sur tous les bords par des chaînes d'amarrage.

Schématiquement, les ancrages périmétriques seraient représentés par les points orange sur la figure ci-dessous :

Figure 34 : Représentation schématique des ancrages périmétriques et des lignes d'amarrages



4.11.1 Hypothèses de modélisation des pieux sur Albe Fuda

Le logiciel de calcul utilisé est ALBE FUDA du CEREMA (méthode élasto-plastique)

- Le terrain est modélisé par un comportement élasto-plastique (solicitation de courte durée),
- Le logiciel ALBE fait référence aux recommandations ROSA 2000. Ces recommandations utilisent le fascicule 62 titre V pour la détermination de la courbe de réaction à partir des pressions limites et de fluage. Le coefficient de réaction frontale est calculé à partir de la formule suivante :



$$K_f = \frac{12.E_M}{\frac{4}{3} \cdot \frac{B_0}{B} \left(2,65 \cdot \frac{B}{B_0} \right)^\alpha + \alpha} \text{ pour } B \geq B_0$$

$$K_f = \frac{12.E_M}{\frac{4}{3} \cdot (2,65)^\alpha + \alpha} \text{ pour } B \leq B_0$$

- La prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface sur une épaisseur de 4.B comme indiqué dans la norme « NF P 94-262 », se fait « manuellement » en appliquant un coefficient de 0.7 sur le module E_m des couches comprises dans l'épaisseur de 4B.

Du fait que le pieu se situe à proximité immédiate des berges, il est également nécessaire de prendre en compte la présence d'un talus à proximité des pieux. Pour ce faire il est appliqué « manuellement » un coefficient de 0.5 sur le module E_m sur une profondeur z , (profondeur à partir de laquelle l'épaisseur de sol, susceptible d'être mise en butée est supérieure à 5 B). Cette profondeur sera considérée égale à 1 m.

Il sera appliqué au module linéique un coefficient de 0.5 (lié à la prise en compte de la proximité d'un talus) sur une profondeur de 1 m, puis un coefficient de 0.7 sur une profondeur de (4B -1) m.

- La vérification structurelle s'effectue comme suit :

La contrainte dans l'acier est calculé par la formule suivante :

$$\sigma_{d,acier} = \left| \frac{M_d \times v}{I} \pm \frac{N_d}{S} \right|$$

Avec :

- M_d est le moment de flexion calculé dans la section considérée (kN.m)
- N_d est la valeur de l'effort normal dans le cas étudié (kN)
- I est l'inertie de la section (m⁴)
- S est la section (m²)
- v est l'excentricité de la fibre considérée, pour les pieux circulaires, les calculs considèrent la fibre extérieure en prenant v égal au rayon (m)

La contrainte obtenue en utilisant les unités ci-dessus est en kN/m² (kPa).

Le facteur de dimensionnement est obtenu en utilisant la formule suivante :

$$\Gamma_{pien} = \frac{\sigma_{R,acier}}{\gamma_d \sigma_{d,acier}}$$

Avec :

- $\sigma_{R,acier}$ est la valeur de calcul de la résistance de l'acier (usuellement en MPa)
- $\sigma_{d,acier}$ est la valeur calculée de contrainte dans l'acier (voir formule précédente)
- γ_d est le coefficient de modèle pour cette vérification. Le tableau ci-après donne les valeurs de coefficient de modèle recommandées par ROSA 2000 pour cet état-limite :

Conformément à ROSA 2000, les coefficients ci-dessous sont appliqués.

Figure 35 : Coefficients partiels utilisés pour le calcul

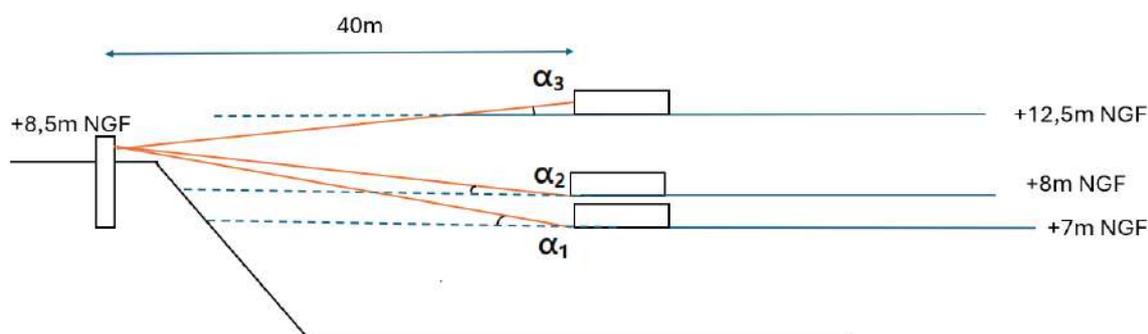
Coefficients partiels				
Coefficients sur les matériaux				
Sol				
ELU fondamental	Mou (favorable)	Raide (défavorable)		
	1.0	1.0		
Acier				
		γ_{fy}		
ELU fondamental		1.1		
ELU accidentel		1.0		
ELS rare		1.25		
Coefficients de modèle				
	γ_d (BLU fond)	γ_d acc (BLU acc)	γ_d rare (BLS rare)	γ_d fréq (BLS fréq)
Mobilisation de la butée du sol	1.1	1.0		1.3
Résistance structurale des pieux	1.125	1.0	1.0	



4.11.2 Récapitulatif des efforts appliqués aux pieux

Dans cette étude, il est supposé que l'angle de la ligne d'amarrage est au plus de 6° par rapport à l'horizontal. Le schéma illustre trois cas correspondant à différents niveaux d'eau, avec une distance horizontale fixe de 40 mètres entre le pieu et les panneaux.

Figure 36 : Angle par rapport a l'horizontal des panneaux



	Cas	Espacement des pieux (m)	Amarrage/ Force horizontale (kN)	Angle de la ligne d'amarrage considéré (°)	Tension max dans la chaîne (kN)	Force verticale (kN)
ELU	îlot	6	67.80	+/-6 °	68.2	7.1
		12	135.6	+/-6 °	136.3	14.2
		18	203.4	+/-6 °	204.5	21.4

Nota : les valeurs de dimensionnement sont les valeurs ELU (plus défavorable que les autres états limites dont l'ELA) (cf § 4.10).

Il est à noter qu'un cas « **ELU accidentel** » est également pris en compte. Celui-ci correspond au cas où ponctuellement un ancrage céderait les efforts seraient alors 1.5 fois plus important sur les pieux situés de part et d'autre du pieu ayant cédé. **Les efforts à l'ELU accidentel sont donc les mêmes que ceux à l'ELU fondamental** (indiqué sous le nom de ELU dans toute l'étude).

De façon sécuritaire et pour simplifier il est considéré que la force maximale horizontale s'applique en même temps que la force maximale verticale.

Les pieux sont dimensionnés dans les parties qui suivent vis-à-vis d'un effort horizontal engendrant une flexion de ceux-ci.



4.11.3 Pieux de $\Phi 324$ mm ép 7.92 mm, L=10 m, espacés de 6 m

Figure 37: Schéma de l'ouvrage

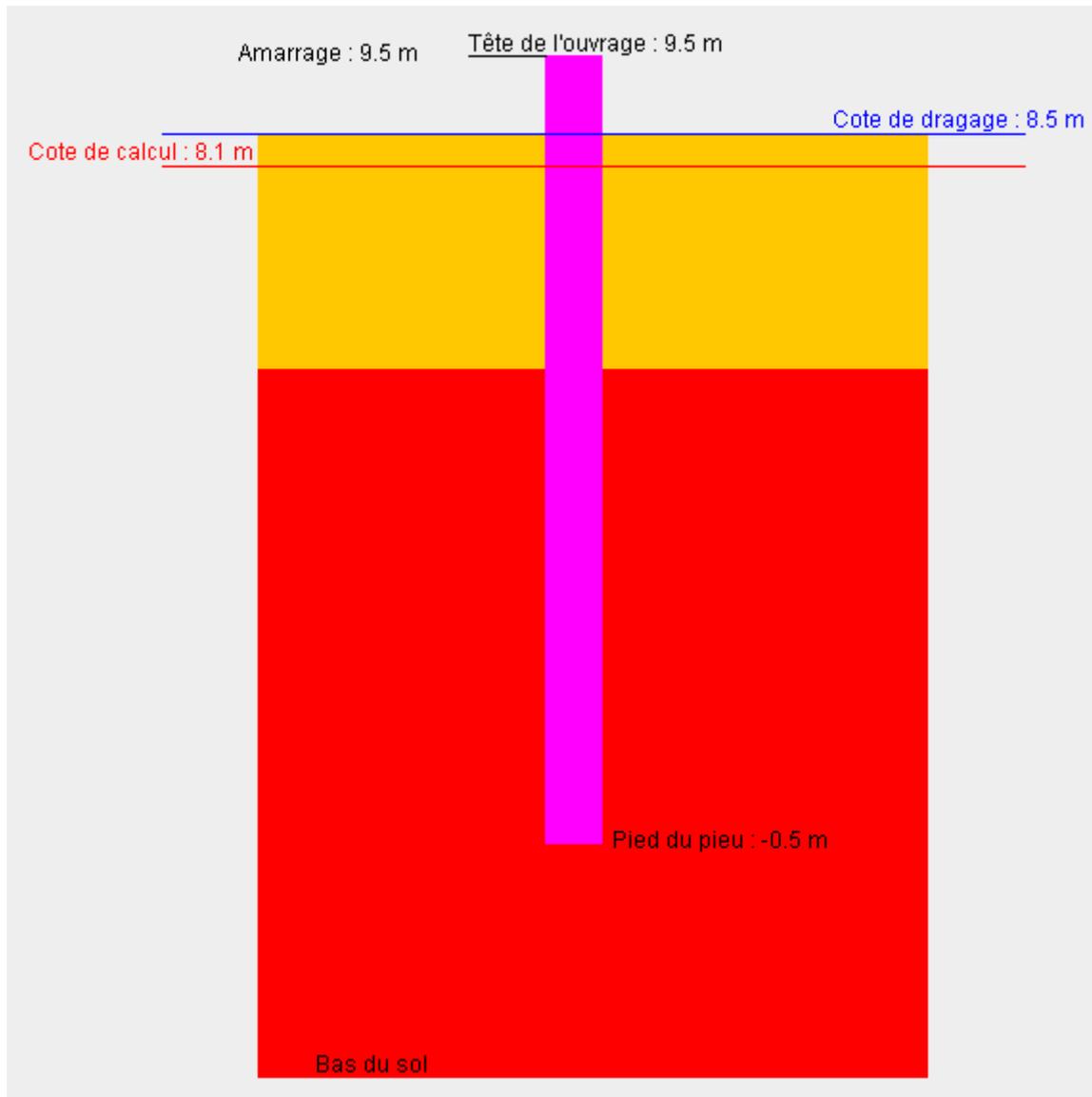




Figure 38 : Résultats du dimensionnement à l'ELU

Tableau récapitulatif des résultats : ELU fondamental

Combinaison	Cas de charge		Facteurs de dimensionnement	
	Action du sol	Corrosion du tube	Flexion des tronçons	Mobilisation de la butée du sol
			Tronçon 1	
1	favorable	corrodé	1.18	1.43
2		non corrodé	1.4	1.48
3	défavorable	corrodé	1.18	1.43
4		non corrodé	1.4	1.48

Figure 39 : Résultats du dimensionnement à l'ELU accidentel

Tableau récapitulatif des résultats : ELU accidentel

Combinaison	Cas de charge	Facteurs de dimensionnement	
	Corrosion du tube	Flexion des tronçons	Mobilisation de la butée du sol
		Tronçon 1	
1	corrodé	2.99	2.48
2	non corrodé	3.5	2.65

Figure 40 : Résultats du dimensionnement à l'ELS

Tableau récapitulatif des résultats : ELS rare

Combinaison	Cas de charge	Facteurs de dimensionnement		
	Corrosion du tube	Flexion des tronçons	Déplacement en tête	
		Tronçon 1	Valeur (m)	Fact dim
1	corrodé	2.39	0.02	5.0
2	non corrodé	2.8	0.02	5.0



4.11.4 Pieux de $\Phi 458$ mm ép. 7.92 mm, L=11 m, espacés de 12 m

Figure 41 : Schéma de l'ouvrage

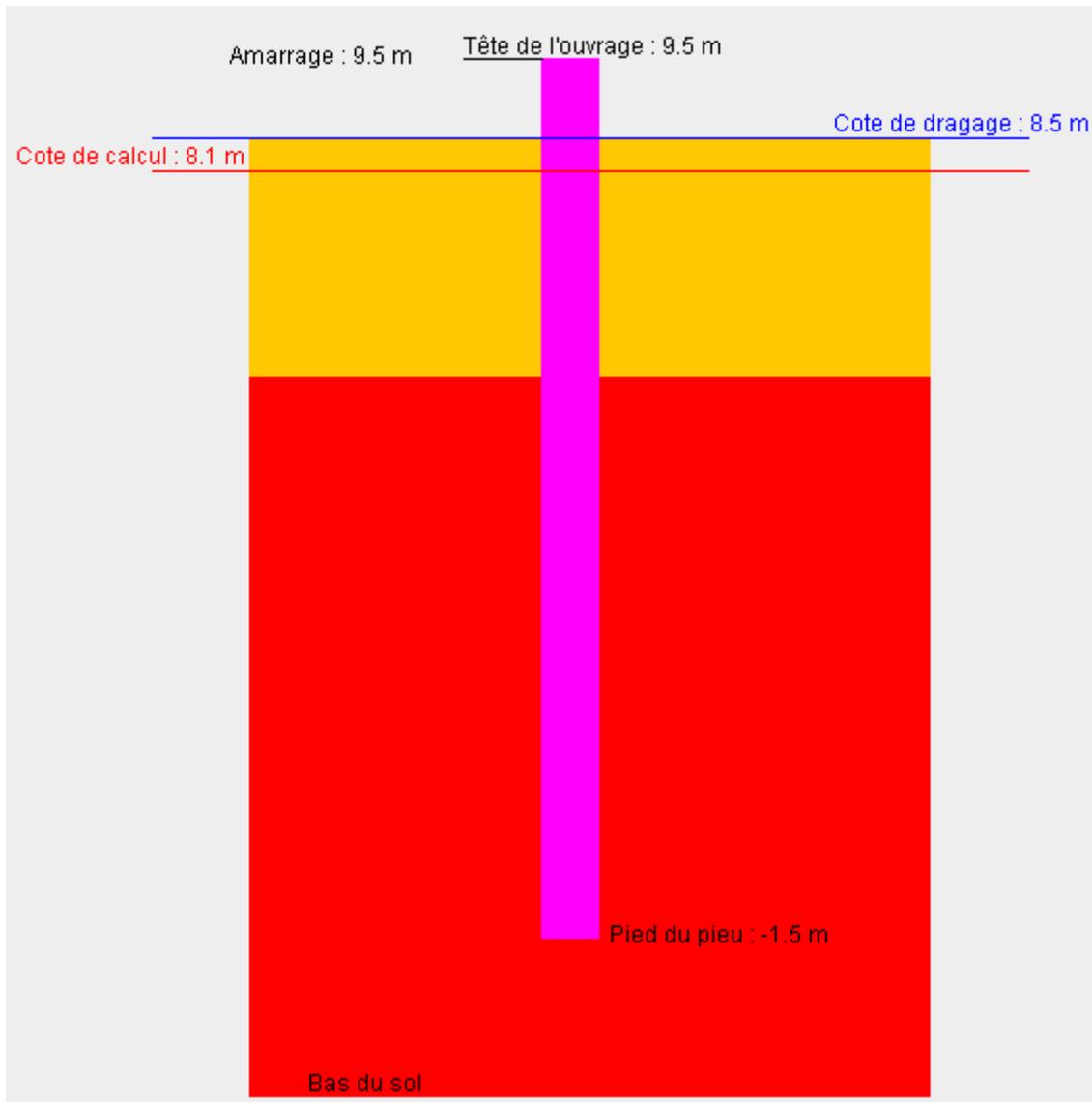




Figure 42 : Résultats du dimensionnement à l'ELU

Tableau récapitulatif des résultats : ELU fondamental

Combinaison	Cas de charge		Facteurs de dimensionnement	
	Action du sol	Corrosion du tube	Flexion des tronçons	Mobilisation de la butée du sol
			Tronçon 1	
1	favorable	corrodé	1.12	1.48
2		non corrodé	1.32	1.55
3	défavorable	corrodé	1.12	1.48
4		non corrodé	1.32	1.55

Figure 43 : Résultats du dimensionnement à l'ELU accidentel

Tableau récapitulatif des résultats : ELU accidentel

Combinaison	Cas de charge		Facteurs de dimensionnement	
	Corrosion du tube		Flexion des tronçons	Mobilisation de la butée du sol
			Tronçon 1	
1	corrodé		2.85	2.28
2	non corrodé		3.34	2.39

Figure 44 : Résultats du dimensionnement à l'ELS

Tableau récapitulatif des résultats : ELS rare

Combinaison	Cas de charge		Facteurs de dimensionnement		
	Corrosion du tube		Flexion des tronçons	Déplacement en tête	
			Tronçon 1	Valeur (m)	Fact dim
1	corrodé		2.28	0.02	5.0
2	non corrodé		2.67	0.02	5.0



4.11.5 Pieux de $\Phi 559$ mm ép.8.74 mm, L=11 m, espacés de 18 m

Figure 45 : Schéma de l'ouvrage

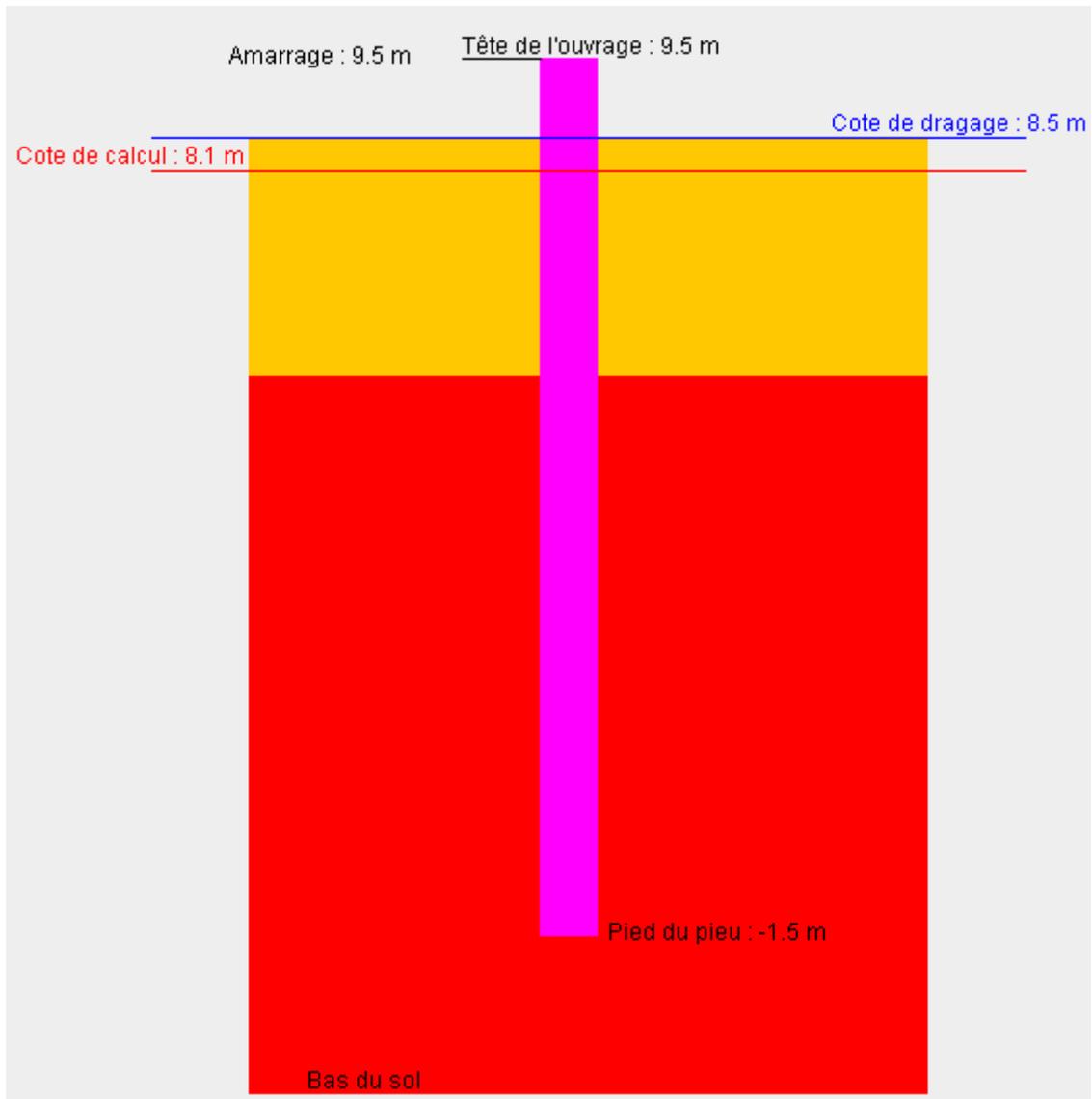




Figure 46 : Résultats du dimensionnement à l'ELU

Tableau récapitulatif des résultats : ELU fondamental

Combinaison	Cas de charge		Facteurs de dimensionnement	
	Action du sol	Corrosion du tube	Flexion des tronçons	Mobilisation de la butée du sol
			Tronçon 1	
1	favorable	corrodé	1.17	1.55
2		non corrodé	1.36	1.59
3	défavorable	corrodé	1.17	1.55
4		non corrodé	1.36	1.59

Figure 47 : Résultats du dimensionnement à l'ELU accidentel

Tableau récapitulatif des résultats : ELU accidentel

Combinaison	Cas de charge	Facteurs de dimensionnement	
	Corrosion du tube	Flexion des tronçons	Mobilisation de la butée du sol
		Tronçon 1	
1	corrodé	3.0	2.28
2	non corrodé	3.46	2.45

Figure 48 : Résultats du dimensionnement à l'ELS

Tableau récapitulatif des résultats : ELS rare

Combinaison	Cas de charge	Facteurs de dimensionnement		
	Corrosion du tube	Flexion des tronçons	Déplacement en tête	
		Tronçon 1	Valeur (m)	Fact dim
1	corrodé	2.4	0.02	5.0
2	non corrodé	2.77	0.02	5.0



4.12 ANCRAGES AQUATIQUES

Il pourrait être mis en œuvre des ancrages aquatiques en complément ou en remplacement des ancrages périmétriques. Ces ancrages peuvent être de type corps-morts ou pieux, les deux solutions sont étudiées dans les parties ci-après.

Nota : les pieux aquatiques ne sont pas re-calculés, il conviendra de vérifier leurs dimensionnements dans une phase d'étude plus avancée, mais il est considéré à ce stade qu'ils possèdent les mêmes caractéristiques, dont le couple longueur de fiche/diamètre, que les pieux terrestres dimensionnés pour un espacement identique.

4.12.1 Corps-morts

On suppose, après avoir analysé les niveaux d'eau, un angle de 45° maximum par rapport à l'horizontal pour la ligne d'amarrage. (Plus cet angle sera faible moins les efforts verticaux seront importants et moins le corps-mort sera lourd comme le montre la considération d'un angle de 30°) Cependant un angle faible implique une longueur de ligne d'amarrage importante et de ce fait une amplitude de déplacement.

	Cas	Espacement des corps morts (m)	Amarrage/ Force horizontale (kN)	Angle de la ligne d'amarrage considéré (°)	Tension max dans la chaîne (kN)	Force verticale (kN)
ELU	îlot	5	56.50	+/- 30°	65.2	32.6
		3.5	39.6	+/- 45°	56.2	39.7

Nota : les valeurs de dimensionnement sont les valeurs ELU (plus défavorable que les autres états limites dont l'ELA) (cf §4.10).

Il est considéré que les corps morts sont positionnés tous les 5 m car avec cet espacement, les corps-morts atteignent déjà une masse de presque 45 t, ce qui est élevé et paraît être une limite pour des questions d'exécution lors des travaux.

Si l'espacement entre corps-morts doit-être réduit il suffira d'appliquer une règle de trois sur les masses calculées, en veillant à garder les mêmes rapports entre les différentes dimensions.

Le tableau ci-dessous indique les poids minimums des corps-morts à atteindre pour résister aux efforts.

	Espacement entre corps-morts entraxe (m)	Angle de la chaîne d'amarrage (°)	Tension dans la chaîne (t)	Dimensions (Lxlxh) (m)	Masse (t)	Masse apparente dans l'eau (t)
îlot	5	30°	6.65	3.1x3.1x1.60	38.44	23.1
	3.5	45°	5.73	2.9x2.9x1.40	29.44	17.7

Il est important de noter que l'angle considéré pour la ligne d'amarrage joue fortement sur les résultats du fait de la réduction ou l'augmentation de la composante verticale.



4.12.2 Pieux ancrés au fond du plan d'eau

Dans le cas où des pieux seraient ancrés au fond du plan d'eau, des calculs similaires à ceux réalisés dans la section §4.11 *Ancrages périmétriques terrestres* seront à réaliser. À ce stade des études, il est considéré que les pieux aquatiques possèdent les mêmes caractéristiques que les pieux terrestres, à l'exception de l'angle d'inclinaison, qui est identique à celui des corps morts. La répartition des efforts horizontaux et verticaux sur les pieux aquatiques peut néanmoins différer légèrement de celle des pieux terrestres.

4.13 SYNTHÈSE DU DIMENSIONNEMENT

4.13.1 Efforts calculés

Les efforts calculés sont valables quel que soit le plan d'amarrage et la direction du vent.

Ces efforts sont des efforts enveloppes à ce stade des études, en considérant que les efforts maximums définis sur le côté le plus défavorable est appliqué à l'ensemble du périmètre de la zone d'implantation. Ceux-ci pourront éventuellement être optimisés dans la suite des études.

Les efforts sont à multiplier par l'espacement entre ancrages pour obtenir la valeur de l'effort s'exerçant sur un ancrage. Par ailleurs, ces efforts sont les efforts horizontaux exercés par le vent, il convient de les projeter pour déterminer (selon l'angle de la ligne d'amarrage) les valeurs des composantes horizontales et verticales sur les ancrages.

	Cas	Amarrage/ Force horizontale (kN) par ml
ELU	îlot	11.3

Nota : les valeurs de dimensionnement sont les valeurs ELU (plus défavorable que les autres états limites dont l'ELA) (cf. § 4.10).

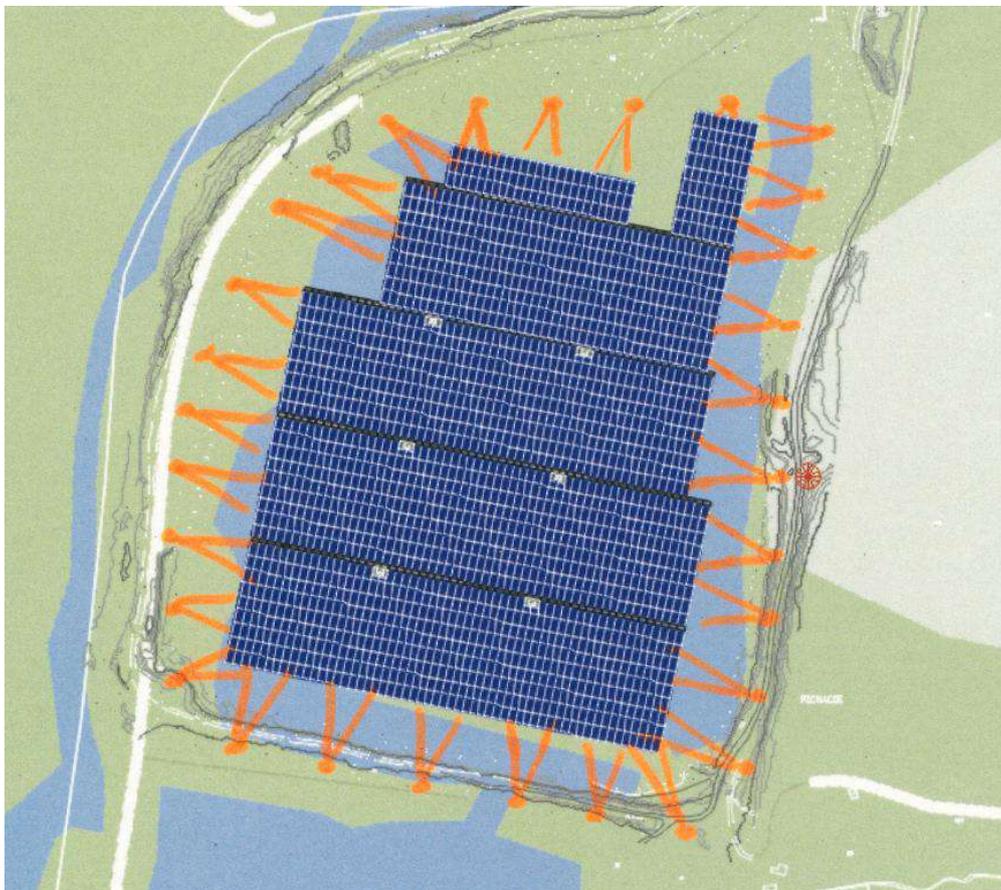


4.13.2 Synthèse du dimensionnement des ancrages

ANCRAGES PERIMETRIQUES TERRESTRES

Les ancrages périmétriques sont représentés schématiquement sur la figure ci-dessous avec deux lignes d'amarrage les reliant aux modules.

Figure 49 : Représentation schématique des ancrages périmétriques et des lignes d'amarrages



Les caractéristiques des ancrages périmétriques terrestres sont données ci-dessous en fonction des espacements des pieux battus ouverts considérés.

	Espacement des ancrages (m)	Diamètre des pieux (mm)	Épaisseur des pieux	Longueur des pieux (m) dans le TN*
îlot	6	324	7.92	10-1 = 9 m
	12	458	7.92	11-1 = 10 m
	18	559	8.74	11-1 = 10 m

*Il est considéré que les pieux dépassent de 1 m du TN.



ANCRAGES AQUATIQUES

Pour rappel, il pourrait être mis en œuvre des ancrages aquatiques en complément ou en remplacement des ancrages périmétriques. Ces ancrages peuvent être de type corps-morts ou pieux.

- Corps-morts :

	Espacement entre corps-morts entraxe (m)	Angle de la chaîne d'amarrage (°)	Tension dans la chaîne (t)	Dimensions (Lxlxh) (m)	Masse (t)	Masse apparente dans l'eau (t)
îlot	5	30°	6.65	3.1x3.1x1.60	38.44	23.1
	3.5	45°	5.73	2.9x2.9x1.40	29.44	17.7

Nota : Il est rappelé que si l'espacement des corps-morts doit être modifié, il suffira d'effectuer une règle de trois sur les masses en gardant les mêmes rapports entre les différentes dimensions.

- Pieux aquatiques : Dans le cas où des ancrages aquatiques de type pieux sont retenus, on pourra considérer à ce stade des études que le dimensionnement réalisé pour les ancrages terrestres est applicable aux ancrages aquatiques pour un même espacement que sur la partie terrestre.



4.14 CONCLUSION

Du point de vue du dimensionnement des systèmes de fondations de maintien des structures flottantes au sein du plan d'eau, le projet est dimensionné de façon sécuritaire en appliquant aux ancrages l'effort du côté le plus dimensionnant.

Le dimensionnement satisfait à l'ensemble des règles applicables actuellement en vigueur :

- [1] Eurocode 0 et annexes : Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures NF EN 1990 :2003
- [2] Eurocode 1 et annexes : Actions sur les structures NF EN 1991
- [3] Eurocode 3 et annexes : Calcul des structures en acier NF EN 1993
- [4] Eurocode 7 et annexes : Calcul Géotechnique NF EN 1997
- [5] NF P94-262 : Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'EC7 – Ouvrages de soutènement – Fondations profondes
- [6] « Recommandations pour le calcul des ouvrages en site aquatique » (ROSA 2000)
- [7] CSNPSN. Guide de conception, Les pontons de plaisance (1992).

La présente note donne plusieurs solutions de fondations (pieux, corps morts) dont le choix, éventuellement hybride, pourra être différé pour prendre en compte notamment les conditions environnementales de gestion des travaux.

Les résultats permettent systématiquement de garantir la stabilité des ouvrages en conditions de service (ELS) et en conditions limites ultimes (ELU) pour des actions (niveaux d'eau, courants, vents) maximales reconnues sur la zone de projet.

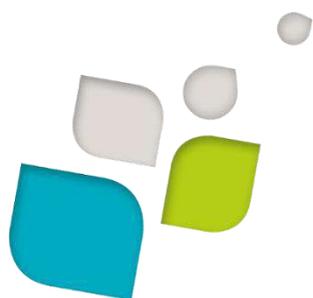
Les lignes de mouillage devront être régulièrement observées et entretenues dans le cadre de l'exploitation courante du projet, avec un minimum de 1 visite annuelle.

Des études de type « études d'exécution » devront être réalisées par l'entrepreneur en charge des travaux. En effet, il est rappelé que la présente note est une note de calculs de prédimensionnement.

Il est également rappelé que la présente note ne constitue pas une note de vérification de transmission des efforts entre les pontons ni une note de vérification des assemblages entre pontons.

Les dimensionnements réalisés dans cette note sont valables dans les conditions et hypothèses fixées avec notamment des cotes de fixation sur ancrages et des longueurs de lignes identiques tout autour des modules.

Le dimensionnement sera susceptible d'être adapté en fonction des engins pouvant être mobilisés sur site en parties terrestre et aquatique.



BRL
Ingénierie



www.brl.fr/brli

Société anonyme au capital de 3 183 349 euros
SIRET : 391 484 862 000 19 - RCS : NÎMES B 391 484 862
N° de TVA intracom : FR 35 391 484 862 000 19

1105, avenue Pierre Mendès-France
BP 94001 - 30 001 Nîmes Cedex 5
FRANCE
Tél. : +33 (0) 4 66 84 81 11
Fax : +33 (0) 4 66 87 51 09
e-mail : brli@brl.fr