Mars 2026

PROJET PHOTOVOLTAÏQUE FLOTTANT DE BENQUET

DOSSIER DE PERMIS DE CONSTRUIRE ÉTUDE D'IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Demandeur : SOLEIL LAKETRICITY 3

ANNEXE 2 – VOLET AQUATIQUE DE L'ÉTUDE D'IMPACTS PAR HYDROSPHERE



Laketricity

Laketricity
SOLAR POWER ON WATER







Diagnostic hydroécologique du plan d'eau de Benquet (40)

Prélèvements, analyses, interprétations, impacts et mesures

Rapport d'interprétation

HydrOsphère

Février 2026

Références Client	
Titre du marché :	Diagnostic hydroécologique d'un plan d'eau concerné par un projet de centrale photovoltaïque flottante. Commune de Benquet (40)
Adresse :	LAKETRICITY Darwin Ecosystème, Quais des Queyries 33100 BORDEAUX
Affaire suivie par :	**M^me^ Ludivine LE HENAFF** – Cheffe de projet solaire 07 82 61 04 75 llehenaff@laketricity.eu

Agence Occitanie	Agence Méditerranée	Agence Paris Nord (Siège)
21, D813 31450 Deyme Tel. : 05 34 30 57 69 Email : contact-occitanie@hydrosphere.fr	46 route de Nice 87470 St-Maximin-la-Ste-Beaume Tel. : 07 77 80 63 03 Email : contact-med@hydrosphere.fr	2, avenue de la mare 95310 Saint Ouen l'Aumône Tél : 01.30.73.17.18 Email : infos@hydrosphere.fr

N° Affaire :	E24_119
Fichier :	E24_119_LAKETRICITY_Diag PPVF Benquet_ete-automne-printemps_v3
Affaire suivie par :	Pascal FRANCISCO
Tél :	06 15 98 74 81
Mail :	pfrancisco@hydrosphere.fr

Version	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Date	Objet de la révision
1	MFI	PFR	MCA	16/01/2025	Version intermédiaire
2	MFI	PFR	MCA	07/07/2025	Compléments dernière campagne
3	MFI	PFR	MCA	25/07/2025	Retour correction Laketricity
4	ERI	PFR	MCA	16/01/2026	Rédaction des impacts et mesures ERC
5	ERI	PFR	MCA	06/02/2026	Retour correction Laketricity

Crédits photographiques de ce document : HYDROSPHERE©

Sauf mention contraire

SOMMAIRE

1. Présentation de l'étude 7
1.1. Contexte et objectifs 7
1.2. Milieu concerné par le projet 8
1.3. Dates des interventions 8
2. Méthodologie 9
2.1. Description des habitats aquatiques et rivulaires du plan d'eau 9
2.2. Prélèvements d'eau et mesures *in situ* 10
2.2.1. Mesures *in situ* 10
2.2.2. Prélèvements d'eau 11
2.2.3. Transport, réception et enregistrement des échantillons au laboratoire 11
2.2.4. Analyses au laboratoire 11
2.3. Qualité biologique du plan d'eau 12
2.3.1. L'étude du phytoplancton 12
2.3.2. Les macrophytes 14
2.3.3. Les poissons 16
2.4. Hiérarchisation des enjeux 16
2.5. Analyse des impacts 17
2.6. Mesures Eviter-Réduire-Compenser 17
3. Résultats 19
3.1. Synthèse bibliographique – milieu aquatique 19
3.2. Habitats aquatiques et rivulaires du plan d'eau de Benquet 19
3.3. Physico-chimie de l'eau 30
3.4. Qualité biologique du plan d'eau 34
3.4.1. Indice phytoplanctonique lacustre – IPLAC 34
3.4.2. Macrophytes 36
3.4.3. Peuplement pisciaire 40
3.5. Diagnose rapide du plan d'eau de Benquet 41
3.6. Etat initial et évaluation des enjeux liés au milieu aquatique 42
4. Evaluation des impacts et proposition de mesures d'atténuation 44

4.1. Principales caractéristiques du projet....44
4.1.1. Phase d'exploitation.... 44
4.1.2. Phase de chantier.... 46
4.1.3. Phase de démantèlement.... 48
4.2. Cas de l'évitement « amont » (phase de conception)....48
4.3. Evaluation des impacts bruts 53
4.3.1. Impacts bruts sur les habitats aquatiques et rivulaires 53
4.3.2. Impacts bruts sur la qualité des eaux 54
4.3.3. Impacts bruts sur la flore aquatique.... 57
4.3.4. Impacts bruts sur la faune aquatique 59
4.3.5. Synthèse des impacts bruts avant mesures 62
4.4. Mesures d'évitement, réduction et compensation des impacts écologiques 64
4.4.1. Proposition de mesures d'évitement (ME) 64
4.4.2. Bilan des mesures d'évitement et de réduction.... 72
4.4.3. Impacts résiduels après évitement et réduction 73
4.4.4. Mesures compensatoires (MC) 76
4.4.5. Mesures d'accompagnement (MA) 77
4.4.6. Bilan des mesures compensatoires et d'accompagnement 79
4.4.7. Synthèse des mesures ERC-A 79
4.5. Evolution probable du milieu naturel en l'absence de projet 80
5. Conclusion 81
6. Bibliographie 82

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableaux

Tableau 1 : Dates des relevés menés sur le plan d'eau de Benquet en été-automne 2024 puis printemps 2025 9
Tableau 2 : Paramètres physico-chimiques analysés 12
Tableau 3 : Protocoles de prélèvement et d'observation du phytoplancton 12
Tableau 4: Valeurs des limites de classes d'état exprimés en EQR pour l'indice phytoplanctonique lacustre (IPLAC) 14
Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau – Plan d'eau de Benquet 32
Tableau 6 : Richesse taxonomique 34
Tableau 7 : Evaluation de la qualité par la chlorophylle a 35
Tableau 8 : IPLAC 35
Tableau 9 : Macrophytes inventoriées sur le lac de Benquet 39
Tableau 10 : Espèces de poissons détectées sur le lac de Benquet – Septembre 2024 40
Tableau 11 : Indices physico-chimiques de la diagnose rapide – Plan d'eau de Benquet 41
Tableau 12 : Enjeux hydroécologiques du plan d'eau de Benquet 43
Tableau 13 : Caractéristiques techniques (source : Laketricity) 44
Tableau 14 : Impacts bruts du projet sur les habitats aquatiques et rivulaires 54
Tableau 15 : Impacts bruts du projet sur la qualité des eaux 57
Tableau 16 : Impacts bruts du projet sur la flore aquatique 59
Tableau 17 : Impacts bruts du projet sur la faune aquatique 61
Tableau 18 : Synthèse des impacts bruts du projet 62
Tableau 19 : Synthèse des mesures ERC-A du projet 79

Figures

Figure 1 : Profondeur totale, zone euphotique et transparence du plan d'eau de Benquet en septembre et novembre 2024 et mai 2025 30
Figure 2 : Profils verticaux de température, oxygène, pH et conductivité - Plan d'eau de Benquet 33
Figure 3 : Concentrations des divers groupes algaux en cellules/ml (à gauche) et biovolumes des divers groupes algaux en mm^3/l (à droite) 34
Figure 4 : Indices de production de la diagnose rapide 41
Figure 5 : Scénario 1 51
Figure 6 : Scénario 2 51
Figure 7 : Scénario final 51

Cartes

Carte 1 : Localisation du secteur d'étude – Benquet 8
Carte 2 : Cartographie des habitats de bordure du plan d'eau de Benquet en septembre 2024 – basses eaux 24

Carte 3 : Cartographie des habitats de bordure du plan d'eau de Benquet en novembre 2024 – hautes eaux..... 25
Carte 4 : Cartographie des berges du plan d'eau de Benquet 26
Carte 5 : Cartographie de la ripisylve plan d'eau de Benquet..... 27
Carte 6 : Cartographie des enjeux liés aux habitats rivulaires du plan d'eau de Benquet..... 29
Carte 7 : Cartographie des macrophytes du plan d'eau de Benquet 37
Carte 8 : Variante finale du projet et évitements sur les habitats aquatiques et rivulaires 52

1. Présentation de l'étude

1.1. Contexte et objectifs

La Société LAKETRICITY accompagne actuellement un projet de développement d'un parc photovoltaïque flottant sur un plan d'eau situé dans le département des Landes sur le territoire de la commune de Benquet.

Dans ce contexte, HYDROSPHERE a réalisé un diagnostic complet du milieu aquatique concerné par le projet sur la base de trois campagnes (été, automne et printemps).

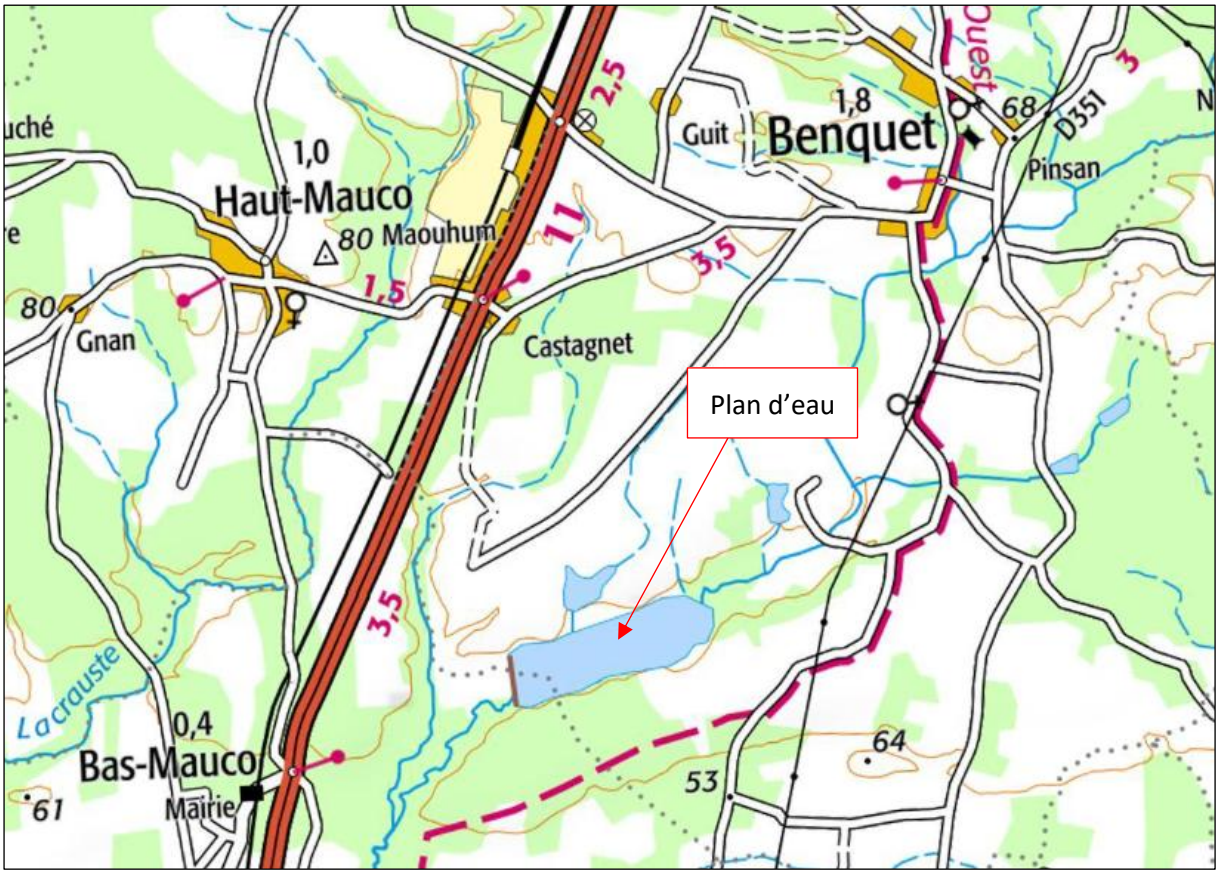
Le niveau d'investigation consistait à réaliser :

- Un recueil et une synthèse bibliographique des données aquatiques ;
- Le diagnostic habitat et les caractéristiques hydromorphologiques du plan d'eau concerné par ce projet (description des berges, évaluation de la qualité de l'habitat) ;
- Un diagnostic écologique allégé du plan d'eau comprenant :
    - La réalisation de 3 campagnes de prélèvements et d'analyses physico-chimiques de l'eau,
    - La réalisation de 3 campagnes de prélèvement de phytoplancton en vue du calcul de l'indice phytoplanctonique ou IPLAC,
- La détermination et la cartographie des herbiers de macrophytes du plan d'eau ;
- Le diagnostic de la faune pisciaire à partir de l'utilisation de l'ADN Environnemental ;
- La rédaction d'un rapport « état initial » avec l'évaluation des enjeux liés au milieu aquatique.

Le rapport ci-après synthétise et analyse les différents résultats obtenus à la suite des prélèvements réalisés lors des trois campagnes de suivi sur le plan d'eau de Benquet. Par ailleurs, à la suite de la présentation du projet, une analyse de ses effets potentiels ainsi qu'une description des mesures relevant de la séquence « Éviter, Réduire, Compenser » seront détaillées.

1.2. Milieu concerné par le projet

Il s'agit d'un plan d'eau situé sur la commune de Benquet dans le département des Landes et localisé par la Carte 1 ci-dessous. Ce réservoir est principalement alimenté par le ruisseau de Saint Christau.



Carte 1 : Localisation du secteur d'étude – Benquet

1.3. Dates des interventions

Au total **3 campagnes de prélèvements** d'eau avec mesures *in situ* et prélèvements de phytoplancton ont été réalisées suivant le planning présenté par le Tableau 1 ci-dessous. Des prélèvements d'ADN Environnemental sur le groupe des poissons ont également été réalisés lors de la première campagne de septembre correspondant à la période optimale de présence des alevins nés dans l'année et permettant ainsi la meilleure représentativité du peuplement pisciaire. Un inventaire spécifique aux macrophytes a été réalisé le 16 septembre 2024.

Tableau 1 : Dates des relevés menés sur le plan d'eau de Benquet en été-automne 2024 puis printemps 2025

Paramètres suivis	Eté 16/09/2024	Eté 20/09/2024	Automne 04/11/2024	Printemps 19/05/2025
Physico-chimie de l'eau		X	X	X
Observations des habitats		X	Complément	
Etude spécifique des macrophytes	X			
Phytoplancton		X	X	X
ADNe		X		

Lors de l'opération du 20 septembre, le plan d'eau a été décrit et les habitats (rivulaires) cartographiés ; les herbiers présents ont été recensés. En parallèle, une campagne spécifique à l'identification des macrophytes a été réalisée par notre partenaire ALISMA le 16 septembre 2024.

Par ailleurs, lors de cette même campagne, le plan d'eau a fait l'objet de prélèvements d'eau pour analyses physico-chimiques et phytoplanctoniques. Des prélèvements d'ADNe ont aussi été réalisés pour identifier le peuplement pisciaire.

Une seconde campagne a été réalisée le 4 novembre 2024 afin de compléter la description des habitats rivulaires du plan d'eau et de réaliser les prélèvements d'eau et de phytoplancton pour la campagne automnale.

Enfin, une troisième et dernière campagne a été réalisée au printemps 2025. Elle a permis d'effectuer des relevés d'eau pour analyses physico-chimiques et phytoplanctoniques.

2. Méthodologie

2.1. Description des habitats aquatiques et rivulaires du plan d'eau

Une prospection de l'ensemble des rives du plan d'eau a été effectuée depuis une embarcation légère simultanément à la campagne de prélèvement d'eau et de phytoplancton du **20 septembre 2024**. Elle a permis d'établir des relevés d'habitats, en particulier dans les zones de bordure qui restent les principales zones d'attractivité pour les espèces aquatiques de ce type de milieu. Cette description des habitats rivulaires a été complétée lors de la campagne suivante en novembre, à la suite d'une importante montée des eaux.

Ont été relevées : la présence de caches, de racines, de sous-berges, de blocs, la granulométrie du substrat, une évaluation de la pente, la présence et les caractéristiques de la ripisylve. La description des habitats et la cartographie de ces derniers permettent d'apprécier la diversité des habitats disponibles de ce plan d'eau ainsi que sa potentialité écologique, notamment pour le compartiment pisciaire qui revêt un aspect important dans ces milieux. La richesse de la mosaïque d'habitat est gage de biodiversité. Plus le milieu aquatique offre d'habitats diversifiés, plus il remplit de fonctionnalités vis-à-vis de la faune aquatique.

Une description des habitats aquatiques a donc été réalisée. Elle permet notamment de cartographier les zones potentiellement favorables à la croissance et/ou à la reproduction des espèces patrimoniales potentiellement présentes. Le relevé des habitats consiste en l'identification des zones homogènes d'habitats (en termes de profondeur, de substrat et d'abris), qu'ils soient de pleine eau (herbiers notamment) ou rivulaires (herbiers, cordons d'hélophytes, plages ou haut fond, enrochement, berge boisée, etc.).

2.2. Prélèvements d'eau et mesures *in situ*

Les campagnes de prélèvements d'eau et mesures *in situ* ont été réalisées aux dates suivantes :

- Eté : 20 septembre 2024,
- Automne : 4 novembre 2024,
- Printemps : 19 mai 2025.

Chaque campagne de prélèvements se décompose comme suit :

- Arrivée sur site : recherche du point de plus grande profondeur,
- Sur le point de plus grande profondeur :
  - Mesure de la profondeur le jour « j », mesure de la transparence (définition de la zone euphotique),
  - Mesures *in situ* (profil vertical de la surface jusqu'au fond),
  - Prélèvements d'eau intégrés sur la zone euphotique,
  - Prélèvements de phytoplancton.

2.2.1. Mesures *in situ*

A partir d'une embarcation légère propulsée par un moteur électrique, le point de plus grande profondeur est rallié depuis la mise à l'eau. Les coordonnées GPS sont enregistrées et/ou vérifiées et la profondeur totale le jour du prélèvement est relevée.

La **transparence** est ensuite mesurée à l'aide d'un disque de Secchi, suivant les recommandations d'Aquaref. L'opération est répétée deux fois pour établir une moyenne. La transparence permet de connaître la hauteur de la zone euphotique (ZE = 2,5 x transp.) sur laquelle les prélèvements d'eau « intégrés » sont réalisés.

Les profils des paramètres suivants ont été réalisés sur toute la colonne d'eau à l'aide d'une sonde multiparamètres munie d'un câble de 15 m de long :

- Conductivité,
- pH,
- Oxygène dissous et saturation en oxygène,
- Température de l'eau.

Les mesures sont effectuées comme suit :

- Mesure en surface,
- Mesure en sub-surface (0,5 m),
- Mesures tous les mètres jusqu'à 0,5 m du fond.



Sonde multiparamètres

2.2.2. Prélèvements d'eau



Un prélèvement d'eau intégré sur la zone euphotique est réalisé. D'une manière générale, Hydrosphère subdivise la hauteur de la zone euphotique par 5, et réalise 5 prélèvements à la bouteille fermante. Par exemple : transparence = 5,6 m / ZE = 15 m / 1 prélèvement en sub-surface, puis un prélèvement tous les 3 m de profondeurs, jusqu'à 15m.

Ces prélèvements sont réalisés à l'aide d'une bouteille de prélèvement (Hydrosphère dispose de deux modèles de contenance 1 litre et 2,5 litres).

L'eau des prélèvements est versée dans un seau en matière inerte de contenance 10 litres (préalablement rincé 3 fois). Les prélèvements sont réalisés rapidement pour constituer le prélèvement intégré, puis l'eau est répartie dans les flacons fournis par le laboratoire en vue des analyses ultérieures. Ces flacons sont stockés dans le bateau en glacière réfrigérée. Les prélèvements dans la zone euphotique permettent les analyses de l'eau, les analyses de la chlorophylle *a* et phéopigments et les déterminations et dénombrements des algues phytoplanctoniques.

2.2.3. Transport, réception et enregistrement des échantillons au laboratoire

Le transport, la stabilisation et le stockage des échantillons ont été effectués dans un matériel approprié (flaconnage fourni par le laboratoire) conformément aux prescriptions de la norme NF EN ISO 5667 et/ou des recommandations du laboratoire responsable des analyses. Pendant le transport, les échantillons sont conservés à une température maximale de 4°C+/-3°C et protégés de la lumière.

Le délai d'acheminement des échantillons à partir des sites de collecte jusqu'au laboratoire a respecté un maximum de **24 heures**.

2.2.4. Analyses au laboratoire

Le laboratoire CARSO-LSEHL a procédé aux analyses physico-chimiques des eaux. Les paramètres analysés sont rappelés ci-dessous.

Tableau 2 : Paramètres physico-chimiques analysés

Paramètres	Normes du laboratoire	LQ	Unité
MES	NF EN 872	2	mg/l
Phosphore total	NF EN ISO 6878	0.01	mg/l
Orthophosphates	NF EN ISO 6878	0.01	mg/l
Ammonium	NF T90-015-2	0.10	mg/l
Nitrites	NF EN ISO13395	0.01	mg/l
Nitrates	NF EN ISO13395	0.5	mg/l
Azote Kjeldahl	NF EN 25663	0.5	mg/l de N
Silicates dissoute	Méthode interne M_J069	0.05	mg/l SiO_2
Chlorophylle *a*	NF T90-117	0.5	µg/l
Phéopigments	NF T90-117	0.5	µg/l

2.3. Qualité biologique du plan d'eau

2.3.1. L'étude du phytoplancton

Le prélèvement de phytoplancton a été réalisé conformément à la norme XP T 90-719 de septembre 2017 et aux préconisations du guide : « Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de dénombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise en œuvre de la DCE » (IRSTEA, *Laplace-Treyture et al* - version 3.3.1, septembre 2009). Les analyses sont conduites en respect de la norme NF EN 15204 (dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée – Méthode Utermöhl).

Le Tableau 3 ci-après synthétise les protocoles de prélèvement et d'observation du phytoplancton.

Tableau 3 : Protocoles de prélèvement et d'observation du phytoplancton

COMPARTIMENT	**PHYTOPLANCTON**
Objectif	Etude des communautés phytoplanctoniques
Zone échantillonnée	Intégrée dans la zone euphotique (2.5 x Zsecchi)
Mode de prélèvement/ type de récolte	Bouteille fermante (van Dorn) / 500 ml eau brute + lugol (2 ml pour 500 ml d'eau)
Analyse	**Quantitative** ->Nbre de cell./ml ; biovolume (mm^3/l)
	Microscope inversé (Leica DMI 3), Technique Utermöhl (NF EN 15204)

L'interprétation et la discussion des résultats portent sur l'évolution de la densité cellulaire (nombre cellules/ml) et de la biomasse algale (mm^3/l) qui sont représentées sous forme de graphiques faisant apparaitre ces critères par grands groupes d'algues.

Selon l'arrêté du 27 juillet 2015 et celui du 9 octobre 2023, l'indice biologique phytoplanctonique à utiliser pour évaluer le potentiel écologique des plans d'eau à partir des communautés végétales est l'IPLAC : indice phytoplanctonique lacustre. Cet indice a été calculé grâce à l'outil de calcul disponible dans PHYTOBS v3.2 (ou version ultérieure). Une attention particulière a été portée vis-à-vis de la présence possible des cyanobactéries potentiellement toxiques (dénombrement, identification et préconisations qui pourraient en découler).

Avec sa version 3.0, PHYTOBS permet le calcul de l'Indice Phytoplancton Lacustre (IPLAC). Cet indice est basé sur le calcul de 2 métriques agrégées sous forme de moyenne pondérée. Il s'agit de :

- **La MBA**, **Métrique de Biomasse Algale**. Elle est basée sur la concentration moyenne de Chlorophylle-a sur la période de production biologique, qui est une bonne illustration de la biomasse phytoplanctonique disponible dans le plan d'eau, comparée à la valeur prédite en condition de référence. Elle repose sur la moyenne des mesures de chlorophylle-a exprimée en µg/l ;
- **La MCS**, **Métrique de Composition Spécifique**. Elle exprime une note en fonction de la présence de taxons indicateurs figurant dans une liste de référence composée de 165 taxons. Chaque taxon de la liste a une cote spécifique et un coefficient de sténoécie. La note est alors calculée à partir de la composition taxonomique de l'échantillon exprimée en biovolume et est comparée à la valeur prédite en conditions de référence dépendant de l'altitude et de la profondeur moyenne du plan d'eau.

Les classes (de MBA, MCS et IPLAC) sont données en anglais : H (High) pour très bon, G (Good) pour bon, M (Moderate) pour moyen, P (Poor) pour médiocre et B (Bad) pour mauvais. Les valeurs des métriques et de l'indice varient de 0 à 1.

L'IPLAC se calcule en prenant en compte certaines contraintes par défaut (bloquantes ou informatives), à savoir :

- La période des campagnes acceptées qui va du 1er mai au 31 octobre (bloquante) ;
- Le nombre de campagnes minimum pour le calcul (bloquant) : 3 ;
- Le nombre total de taxons minimum déterminés par campagne (bloquant) : 10 ;
- Le nombre minimum de taxons contributifs au calcul par campagne (bloquant) : 5 ;
- Le pourcentage maximum de taxons déterminés au genre par campagne (informatif) : 3 ;
- Le pourcentage maximum de taxons indéterminés par campagne (informatif) : 10.

Cet indice est celui pris en compte par l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié par celui du 27 juillet 2015, et du 9 octobre 2023, dont les limites de classes de qualité sont présentées dans le Tableau 4 ci-après.

Tableau 4: Valeurs des limites de classes d'état exprimés en EQR pour l'indice phytoplanctonique lacustre (IPLAC)

	Très bonne		Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
IPLAC	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0

2.3.2. Les macrophytes

Dans un lac, les macrophytes peuvent se développer le long des berges, sur les plages ou dans la masse d'eau, selon qu'ils sont hélophytes, amphiphytes ou hydrophytes.

L'inventaire des rives a été effectué à pied dans les parties non boisées facilement accessibles depuis les berges. Le restant des rives a été prospecté et inventorié en embarcation depuis la partie en eau. Cet inventaire concerne les végétaux hélophytes qui poussent les pieds dans l'eau mais développent une partie émergée, et les amphiphytes qui poussent aussi bien sur la terre que dans l'eau.

L'inventaire des macrophytes hydrophytes (qui poussent entièrement dans l'eau), est réalisé à partir de l'embarcation.



Inventaires en prospections embarquées

Deux cas peuvent alors se présenter :

- Soit les eaux du lac sont limpides : l'observation des communautés végétales peut alors se faire par vision directe à travers la lame d'eau grâce à un aquascope. L'inventaire des espèces est alors effectué directement, noms d'espèces et abondance étant notés directement dans notre logiciel.
- Soit la profondeur en eau et/ou la turbidité, ne permettent pas de visualiser correctement les végétaux jusqu'au fond du lac, auquel cas nous appliquons la technique des points contact.



Point contact

Pour réaliser des points contact, nous utilisons un râteau télescopique de 4 m de long qui est plongé sous la surface jusqu'au fond. Après avoir effectué une rotation de 360° le râteau est remonté à la surface et un inventaire du peuplement prélevé est effectué. Dans ce cas une abondance est donnée à chaque taxon par rapport à l'ensemble du prélèvement effectué, selon l'indice d'abondance appliqué dans le cadre des IBMR et des IBML (Indice Biologique Macrophytique en Rivière et Indice Biologique Macrophytique Lacustre). Ces points contact sont positionnés sur des lignes virtuelles perpendiculaires aux berges du lac.

La composition taxinomique et l'abondance relative de chaque espèce sont notées, ainsi que le recouvrement global du peuplement et des espèces qui le composent.

Les algues filamenteuses épiphytes et les végétaux libres flottants (comme lentille d'eau) sont à prendre en considération. Les épaves –fragments non fixés – sont notées en observation.

Pour les groupes d'identification difficile ou nécessitant l'utilisation d'une loupe binoculaire ou d'un microscope comme les callitriches, les algues filamenteuses ou les bryophytes, il a été procédé au prélèvement d'échantillons qui ont été conservés selon les normes jusqu'à leur observation en laboratoire pour détermination de l'espèce.



Conditionnement de macrophytes in situ pour identification en laboratoire

Une liste des espèces de macrophytes protégées éventuellement rencontrées est également dressée avec un commentaire sur l'écologie de chacune des espèces recensées. Les développements végétaux sont représentés à l'aide d'une cartographie permettant d'illustrer l'occupation spatiale des herbiers sur le plan d'eau. De même, les éventuelles espèces protégées sont géolocalisée et cartographiées afin d'observer sur une même carte les sites sensibles.

2.3.3. Les poissons

2.3.3.1. Utilisation de l'ADN Environnemental

Cette prestation consiste à prélever puis analyser des échantillons d'eau. Ces analyses sont réalisées en laboratoire et sont assurées par la société SGS. Un écologue d'Hydrosphère certifié par le laboratoire et un technicien assistant sont chargés de réaliser les prélèvements par filtration. Les échantillons recueillis sont ensuite stockés dans une boîte à l'abri de la lumière puis rapidement envoyés au laboratoire SGS pour analyse.

La liste des espèces de poisson ainsi obtenue permet de compléter les données bibliographiques et surtout, de vérifier la présence ou non d'espèces pisciaires patrimoniales.

Les prélèvements d'ADNe ont été effectués lors de la campagne du 20 septembre 2024 selon les conditions suivantes :

- La filtration a été effectuée depuis une embarcation légère en parcourant les bordures du plan d'eau à une distance d'environ 1 à 2 m de la berge,
- Le prélèvement s'effectue à l'aide d'une louche stérile en réalisant autour de 40 prélèvements d'eau d'environ 100 ml chacun répartis sur le pourtour du plan d'eau. Ces prélèvements sont versés au fur et à mesure dans un sachet stérile puis l'ensemble est mélangé pour homogénéiser l'échantillon avant de le filtrer à l'aide d'une seringue stérile jusqu'à épuisement de l'eau prélevée ou colmatage de la capsule,
- Deux capsules de filtration et de récupération de l'ADNe ont été utilisées, chacune sur une moitié du pourtour du plan d'eau,
- Le volume d'eau filtré pour chaque capsule est d'environ 2 litres.

2.4. Hiérarchisation des enjeux

Dans le cadre de cette étude, les différents compartiments étudiés présentent un niveau d'enjeu en regard des **fonctionnalités aquatiques**. Cette hiérarchisation s'effectue à dire d'expert selon les principes suivants :

- Pour les habitats rivulaires et de pleine eau :
  - Plus un milieu présente une diversité de substrats, pentes, ripisylve, plus l'enjeu sera important ;
  - Plus les substrats représentés sont biogènes (hélophytes, chevelus racinaires, débris ligneux grossiers, blocs, etc.) et peuvent constituer des caches ou des zones de nourrissage et reproduction pour la faune aquatique, plus l'enjeu sera important ;
  - Si des espèces floristiques à enjeu ou protégées sont recensées, l'enjeu sera localement réhaussé.

Pour les espèces pisciaires :

- Si des espèces à enjeu ou protégées sont recensées, l'enjeu sera réhaussé ;
- Si des espèces protégées ou non sont recensées et que leurs habitats de reproduction et nourrissage sont représentés dans le milieu étudié, l'enjeu sera localement réhaussé.

2.5. Analyse des impacts

L'évaluation des impacts de chaque aménagement sur les espèces végétales et animales identifiées dans l'état initial est donnée suivant un code utilisé pour caractériser le niveau d'impact subit :

Échelle d'enjeux/incidences							
Positive	Nulle	Très faible	Faible	Modérée	Forte	Très forte	Exceptionnel

Ce niveau d'impact est évalué en recoupant la sensibilité de l'espèce/de l'habitat et chaque composante du projet pouvant avoir un impact sur la biodiversité. Ces différents impacts sont évalués séparément à dire d'expert (qui découle des connaissances sur les exigences biologiques de l'espèce, attachement à un type d'habitat particulier, capacité de résilience, etc.), puis un niveau d'impact global est attribué pour chaque espèce/habitat, correspondant au niveau de l'effet le plus impactant (généralement la destruction d'individus et/ou du milieu). Il s'agit d'un dire d'expert car il n'est pas possible de fixer des seuils numériques exacts valables pour chaque taxon.

2.6. Mesures Eviter-Réduire-Compenser

Conçue avec un groupe de travail réunissant des représentants de l'État, d'établissements publics, d'entreprises et d'associations, la démarche « Éviter-Réduire-Compenser » repose sur une doctrine nationale (décret n° 93-245 du 25 février 1993) et des fiches de recommandations méthodologiques (CGDD/DEB, 2013).

Elle définit que les projets doivent d'abord s'attacher à **éviter** les impacts sur l'environnement, y compris au niveau des choix fondamentaux liés au projet (nature du projet, localisation, voire opportunités…).

Après ce préalable, les autres actions consistant à réduire les impacts environnementaux des projets sont développées : **réduction** au maximum des impacts et en dernier lieu, si besoin**, compensation** des impacts résiduels après évitement et réduction.

Il faut donc concevoir le projet de moindre impact sur l'environnement en donnant la priorité à l'évitement puis à la réduction et pérenniser les effets de mesures de réduction et de compensation aussi longtemps que les impacts sont présents.

Les différentes mesures d'atténuation des impacts écologiques développées ci-après permettront de limiter ou compenser les effets du projet préjudiciables à la faune, la flore ou aux milieux naturels. Elles comprennent en fonction des cas :

- Des **mesures d'évitement** permettant d'annuler totalement un impact écologique global et/ou particulier ;
- Des **mesures de réduction** comportant essentiellement des prescriptions à prendre en compte dans l'élaboration du projet (modifications de certains aménagements, adaptations des techniques utilisées…) ou des mesures de restauration de milieux ou de fonctionnalités écologiques ;
- Si nécessaire, des **mesures compensatoires** permettant d'offrir des contreparties à des effets dommageables sur l'environnement, suffisamment non réductibles au sein du périmètre d'emprise du projet ;

- Des **mesures d'accompagnement ou mesures de suivi** visant à s'assurer du niveau de certains effets présentés lors de l'étude d'impact et/ou visant à analyser l'efficacité des aménagements écologiques réalisés (suivis écologiques, plans de gestion…).

La nomenclature suivante est utilisée dans la suite du rapport : Type-de-Mesure + Phase-du-projet.

Type de mesure :

- Mesure d'Evitement = ME ;
- Mesure de Réduction = MR ;
- Mesure de Compensation = MC ;
- Mesure d'Accompagnement = MA.

Phase du projet :

- Conception = C ;
- Travaux = T ;
- Fonctionnement = F ;
- Démantèlement = D.

Ainsi, pour exemple, une mesure d'évitement en phase travaux sera nommée « MET ». Les mesures sont ensuite numérotées au sein de leur catégorie (ex. MET1, MET2, etc.).

3. Résultats

3.1. Synthèse bibliographique – milieu aquatique

Comme pour de nombreux plans d'eau privés, aucune donnée d'état écologique n'est disponible sur les sites habituels de valorisations des données concernant les milieux aquatiques (http://adour-garonne.eaufrance.fr , https://naiades.eaufrance.fr). De plus, après contact auprès de la Fédération de Pêche des Landes, il a été confirmé que ce plan d'eau n'est pas géré par une AAPPMA et que la Fédération de Pêche ne détient aucun droit de pêche pour ce milieu. Il s'agit d'un plan d'eau classé « eau libre », pour lequel aucune donnée n'est disponible.

3.2. Habitats aquatiques et rivulaires du plan d'eau de Benquet

Lors de la campagne de terrain du 20 septembre 2024, les habitats de bordure du barrage de Benquet ont été caractérisés une première fois. La seconde campagne a permis de vérifier ces différents habitats et d'observer des changements à la suite de la montée du niveau de l'eau dans la retenue. Entre le campagne estivale (septembre) et la campagne automnale (novembre), une importante montée des eaux d'environ 3 mètres est observée et traduit ainsi un important marnage du réservoir. Cette montée des eaux entraine une modification des habitats de bordure dominants, présentés sur deux cartographies distinctes ci-dessous (Carte 2 et Carte 3). Une description de la qualité des berges et de la ripisylve est également présentée respectivement par les Carte 4 et Carte 5 pages suivantes.

A noter que lors de la troisième campagne de suivi, le niveau d'eau du réservoir se rapprochait de celui observé en novembre et les habitats de hautes eaux étaient semblables.



Evolution du niveau d'eau sur le plan d'eau de Benquet (septembre à gauche, novembre à droite)

Globalement, les habitats rivulaires peuvent être décrits suivant 8 catégories qui fluctuent selon le niveau d'eau du réservoir :

Basses eaux	**Les sables et limons accompagnés de blocs non liaisonnés en pied de barrage ou d'herbiers de jussie**	Les sables et limons sont observés le long de la digue du réservoir de Benquet en période de basses eaux ainsi que sur quelques secteurs au sud du réservoir où ils sont ponctués d'herbiers de jussie. A cette période, la ripisylve n'est plus connectée au plan d'eau et ne constitue plus une zone d'abris pour les poissons sur la berge sud. Sur le secteur de la digue, la ripisylve est absente. La capacité d'habitat pour la faune aquatique est donc faible sur ce type d'habitat.
Hautes eaux	**Les blocs et dalles non liaisonnés ponctués d'herbiers de jussie**	Avec la montée du niveau de l'eau, les habitats sur le secteur de la digue changent. On note une dominance des substrats minéraux artificiels de type blocs et dalles non liaisonnés. Sur ce secteur, la berge est verticale et la ripisylve toujours absente. Ce type d'habitat aquatique ne constitue pas un enjeu majeur bien qu'il serve de cache pour la faune pisciaire grâce aux aspérités et trous créés par les empilements de blocs.
Basses eaux/Hautes eaux	**Les galets accompagnés en hautes eaux de débris ligneux grossiers, chevelus racinaires et arbres en surplomb**	Les substrats dominants de type galets sont peu représentés sur le plan d'eau ; ils sont observés exclusivement au sud-ouest. Avec l'abaissement du niveau d'eau, la plupart des galets se trouvent hors d'eau et certains habitats aquatiques sont déconnectés de la ripisylve, située quelques mètres plus haut. En revanche, lorsque le plan d'eau atteint sa capacité maximale (campagne de novembre), ces habitats aquatiques constituent un enjeu important. Les galets sont accompagnés d'arbres en surplomb constituant un habitat supplémentaire favorable à la faune aquatique en créant des caches pour les poissons via les franges racinaires en eau et les dépôts de branchages. Sur ces secteurs, la berge est caractérisée par une pente verticale et dispose d'une ripisylve continue possédant une végétation plutôt surplombante.
Basses eaux	**Les galets combinés aux substrats sableux**	Lors de la campagne de septembre, l'abaissement du niveau d'eau laisse apparaître une dominance des substrats de type galets et sables sur la partie sud du réservoir. Encore une fois, ces substrats sont principalement à nu et déconnectés de la ripisylve. Ils ne présentent pas un enjeu important en basses eaux pour la faune pisciaire car ils ne constituent pas une zone de nourrissage ou de cache et constitue plutôt un « habitat très monotone ».
Hautes eaux	**Les sous-berges accompagnés de galets et/ou d'un fond argilo-limoneux et d'une végétation surplombante**	Les sous-berges constituent des habitats de refuge pour les espèces pisciaires. Ils permettent aux poissons de se reposer en étant à l'abris des prédateurs. Ce type d'habitat est noté au sud du réservoir lors des hautes eaux. Les habitats précédemment présentés de type galets/sables sont alors en eau et connectés à la ripisylve. On observe aussi ponctuellement des substrats argilo-limoneux en accompagnement. Cet habitat est complété par une berge fortement inclinée et une ripisylve continue et arborée. Elle assure une zone d'abris pour les poissons (branchages, arbres en surplomb, développements racinaires en eau).

Basses eaux	**Les substrats limoneux/vaseux surplombés de jussie**	En période de basses eaux, la ligne d'eau n'atteint pas la berge du réservoir de Benquet notamment au nord et à l'est. Sur ces secteurs, les habitats sont totalement envahis par la végétation aquatique de type jussie. La présence de ces macrophytes entraine également une accumulation de substrats de type limons et vases en lien avec la décomposition de la matière organique. A cette période, le plan d'eau est encore déconnecté de la ripisylve sur ce secteur. Le réservoir présente alors un faible niveau d'eau sur ce secteur (environ 20 cm). Sur ces secteurs, l'enjeu habitat aquatique est globalement faible et l'intérêt de cet habitat se limite à la création de zone de nourrissage et de frai pour les poissons phytophiles.
Hautes eaux	**La jussie en eau accompagnée de vase et limons**	En hautes eaux, la jussie domine tout le secteur nord et est du réservoir de Benquet. Elle est accompagnée de vase et limons. A cette période, le niveau d'eau assure une connexion à la berge et à la ripisylve au nord du réservoir mais le secteur ''est'' demeure déconnecté. Il semblerait que la queue de retenu du barrage se soit progressivement transformée en zone humide en lien avec l'accumulation des sédiments potentiellement issus du ruisseau du Bos. Ce type d'habitat présente un enjeu faible à l'est et au nord-ouest du réservoir en lien avec l'absence de ripisylve ou une ripisylve discontinue et une berge instable qui n'assurent que très peu de fonctions d'habitats pour la faune aquatique. En revanche, au nord-est, la connexion avec une ripisylve arborée, continue et surplombante permet une évaluation de l'enjeu suivant une classe modérée. Cet habitat constitue encore une fois une zone d'abris pour les poissons.
Hautes eaux	**Les hélophytes de type joncs accompagnés de jussie**	Lors de la montée des eaux du barrage de Benquet, on constate la présence d'un renfoncement sur le secteur nord. Il est dominé par des hélophytes de type joncs alors en eau et accompagnées de jussie. Sur ce secteur, la ripisylve est continue et surplombante et la berge verticale. L'enjeu habitat pour ce milieu est évalué à fort. En effet, les joncs constituent des habitats préférentiels pour la reproduction de certaines espèces de poissons et la présence d'une ripisylve surplombante assure une protection supplémentaire pour la faune aquatique.

Le réservoir de Benquet présente des herbiers de jussie (Espèce Exotique Envahissante) qui ont été massivement observés, notamment sur les secteurs nord et est du plan d'eau. Bien qu'ils constituent des zones d'abris pour la faune aquatique, cette espèce exotique envahissante est à prendre en considération en particulier en phase de travaux afin de ne pas la disséminer sur de nouveaux sites.

Quelques photos des caractéristiques des habitats rivulaires du réservoir de Benquet sont présentées ci-après.



Vue générale de la retenue



Enrochements artificiels (Berge ouest - Digue)



Galets hors d'eau en septembre 2024



Substrats sablo-limoneux et herbiers de jussie hors d'eau (septembre 2024)



Berge abrupte et effondrement localisé (berge nord)



Développement d'herbiers de jussie (berge nord)



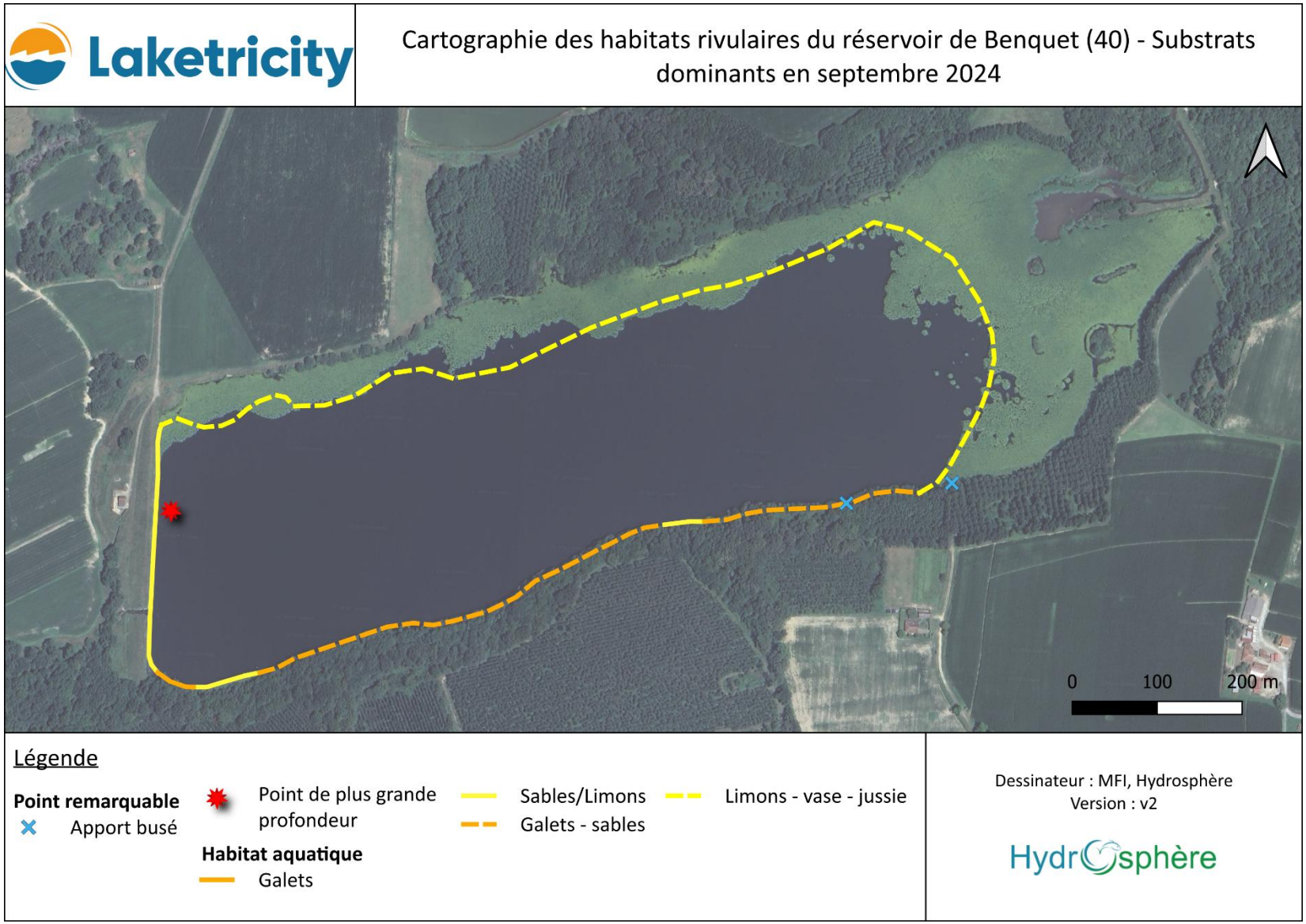
Rejet busé (berge sud)



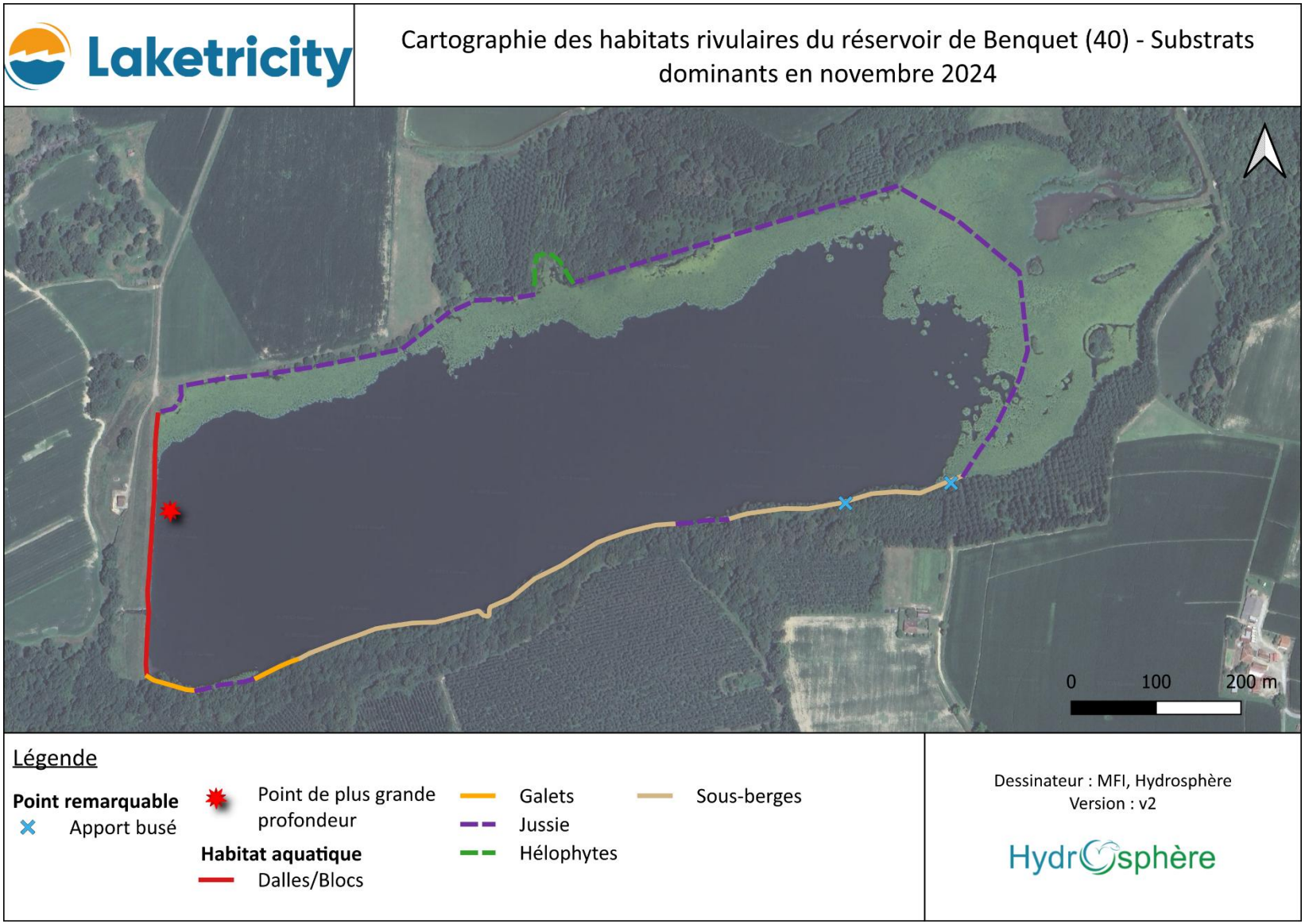
Herbiers de jussie (EEE)

Ainsi, les habitats potentiels pour la faune pisciaire se résument à la présence :

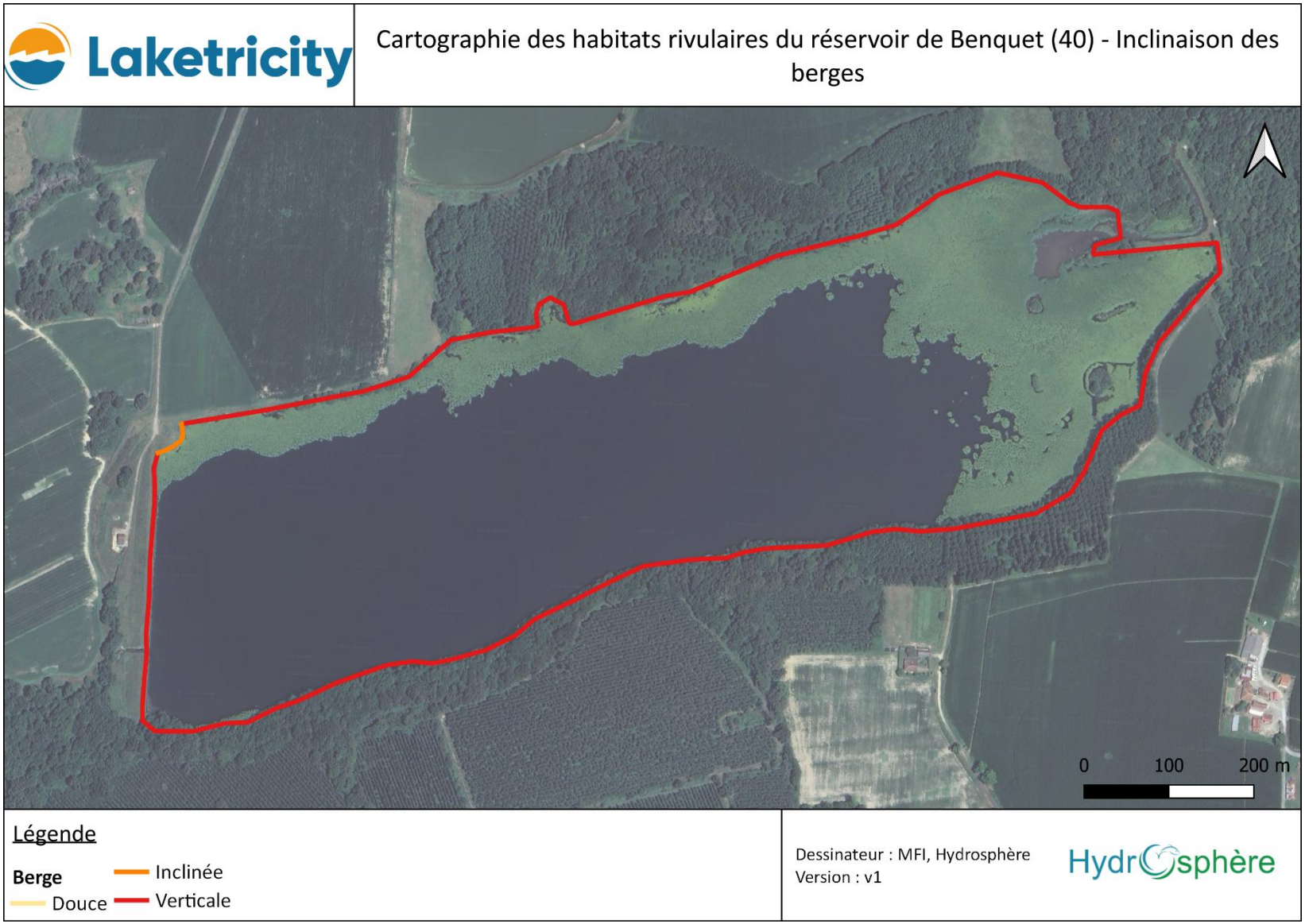
- De nombreux arbres en surplomb et d'une ripisylve ponctuellement continue constituant un couvert végétal utilisé par les poissons notamment pour se cacher,
- De branchages en surface et dans l'eau à proximité des berges,
- D'un cordon rivulaire dense d'herbiers de jussie constituant à la fois des caches pour les alevins et des zones de frais ou de nourrissage,
- De secteurs de blocs et galets en bordure constituant des caches potentielles pour les alevins.



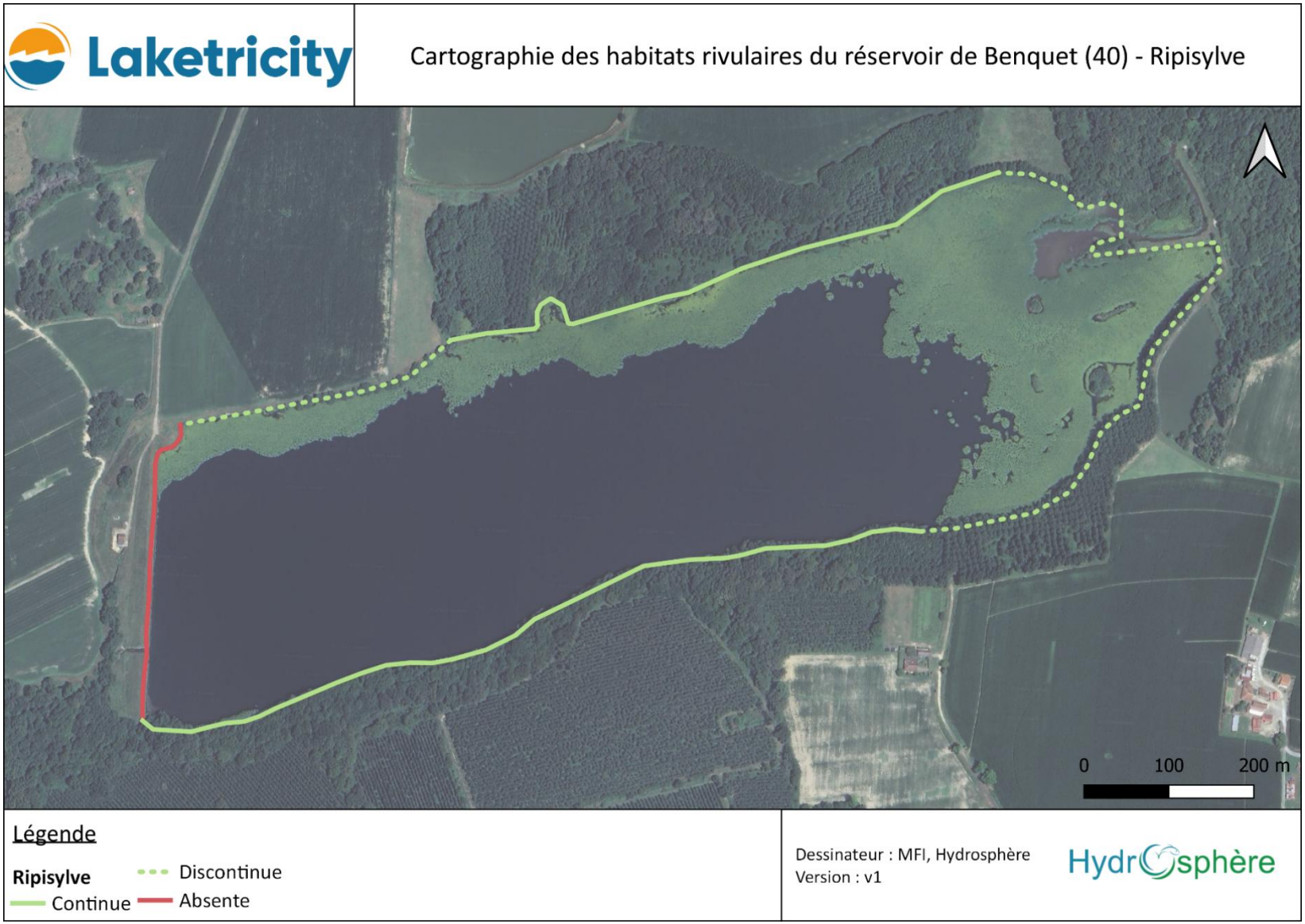
Carte 2 : Cartographie des habitats de bordure du plan d'eau de Benquet en septembre 2024 – basses eaux



Carte 3 : Cartographie des habitats de bordure du plan d'eau de Benquet en novembre 2024 – hautes eaux



Carte 4 : Cartographie des berges du plan d'eau de Benquet



Carte 5 : Cartographie de la ripisylve plan d'eau de Benquet

Les habitats aquatiques et rivulaires du réservoir de Benquet sont dominés par les macrophytes de type jussie (EEE) mais on relève tout de même de nombreux habitats biogènes. Les substrats de type galets, sous-berge, hélophytes, dalles et blocs sont connectés à la ripisylve en période de hautes eaux ce qui assure une zone d'abris et de protection pour la faune aquatique.

Globalement, les habitats du réservoir de Benquet sont moyennement propices au développement de la faune aquatique. En effet, le marnage du réservoir implique une déconnection avec la ripisylve et une disparition de nombreux habitats propices aux poissons. De plus, l'invasion progressive de la jussie entraine la disparition de nombreux habitats (nord et est du plan d'eau).

Les habitats présentent globalement **un enjeu modéré** pour le maintien et le développement des espèces de poissons présentes dans le réservoir de Benquet. Cependant, le diagnostic détaillé des habitats du pourtour du plan d'eau permet d'évaluer par zonage la qualité de ces derniers et de déterminer des secteurs à enjeux. La Carte 6 présente ainsi les secteurs à enjeux concernant les habitats aquatiques et rivulaires du lac.

Finalement, les secteurs à enjeu **très fort** concernent :

- Les sous-berges au sud du plan d'eau observés en hautes eaux et accompagnés d'une ripisylve surplombante et de substrats majoritairement minéraux (galets et sables). Ces secteurs constituent un habitat très favorable à la faune pisciaire (abris).

Les secteurs à enjeu **fort** concernent :

Les zones au sud-ouest du réservoir où les substrats sont dominés par les galets accompagnés d'une ripisylve continue et surplombante et d'une berge à la pente fortement inclinée et constituant des caches pour les poissons,

La zone au nord du plan d'eau où un petit enfoncement est observé. La dominance des hélophytes de type joncs et la présence d'une ripisylve surplombante permet un habitat favorable et propice au maintien et au développement de la faune aquatique (nourrissage de certains poissons, zone d'abris et de frai, …).

Les secteurs à enjeu **modéré** concernent :

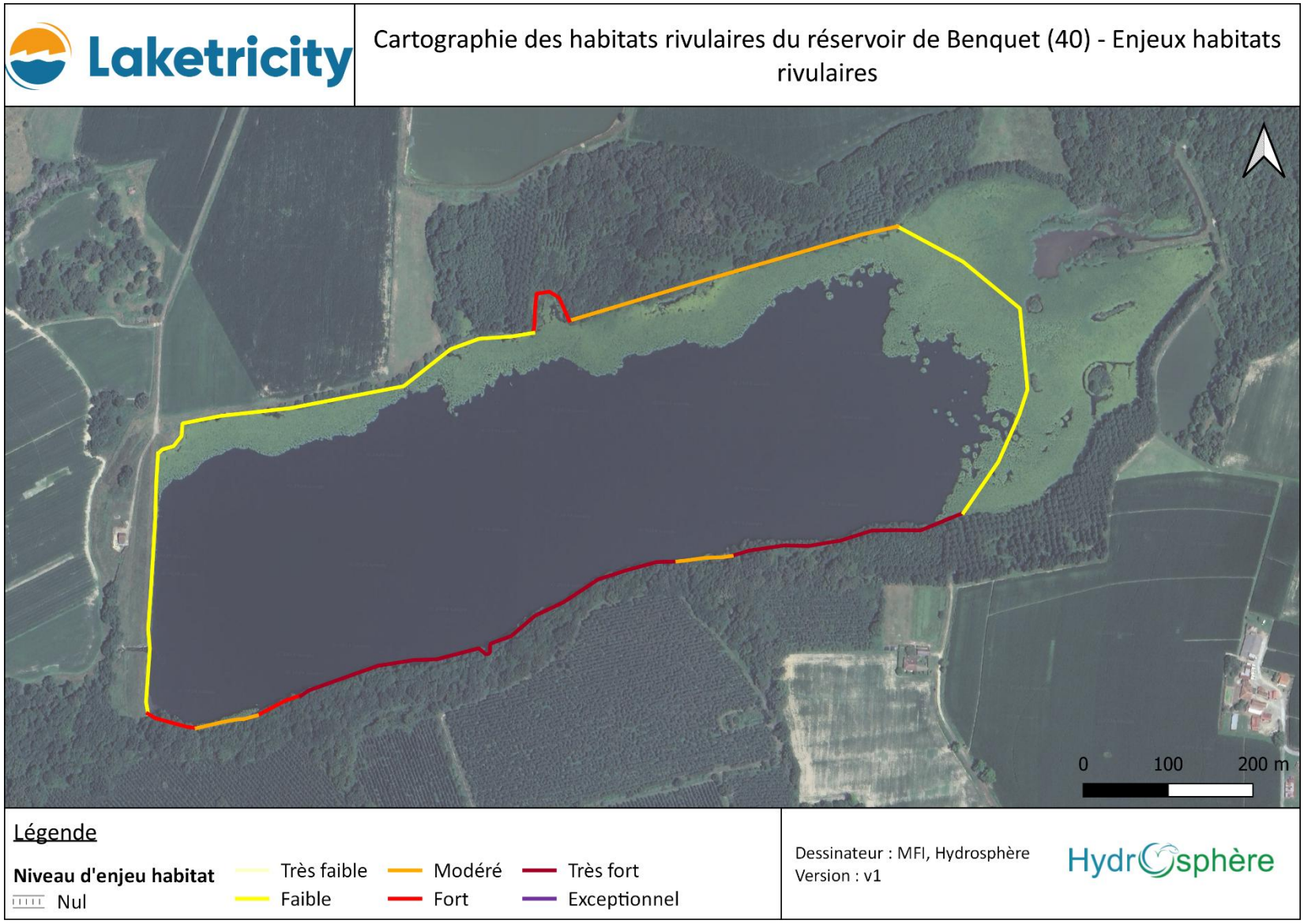
Les secteurs du plan d'eau où les habitats sont dominés par la jussie mais accompagnés d'une ripisylve surplombante qui permet de constituer des zones d'abris et des caches pour la faune aquatique (poissons et macroinvertébrés) via les systèmes racinaires et les branchages fournissant de l'ombre.

Les secteurs à enjeu **faible** concernent :

La zone ouest du réservoir (digue) dominée par les substrats artificiels de type blocs et dalles de ciment.

La zone est dominée par la jussie et non connectée à la ripisylve.

La zone nord-ouest également dominée par la jussie mais connectée à une ripisylve discontinue et une berge moyennement stable.



Carte 6 : Cartographie des enjeux liés aux habitats rivulaires du plan d'eau de Benquet

3.3. Physico-chimie de l'eau

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau obtenus lors des trois campagnes de suivi du 20 septembre, du 4 novembre 2024 et du 19 mai 2025, sont présentés dans le Tableau 5 et la Figure 2 page suivante. La Figure 1 suivante présente la profondeur maximale du plan d'eau lors de chaque campagne ainsi que la transparence mesurée et la profondeur de la zone euphotique calculée.

On remarque une faible profondeur maximale du plan d'eau au cours de la campagne estivale de septembre 2024 avec une valeur de 2,2 m. En revanche, lors des campagnes suivantes, la hauteur d'eau est bien plus importante et la profondeur maximale atteint 5,1 m en novembre 2024.

La transparence du plan d'eau demeure similaire au cours des trois campagnes (environ 0,4 m) malgré la variation du niveau d'eau. Cette faible transparence correspond certainement à un important développement du phytoplancton qui apparaît relativement élevé tout au long des campagnes de suivi (Cf. 3.4.1).

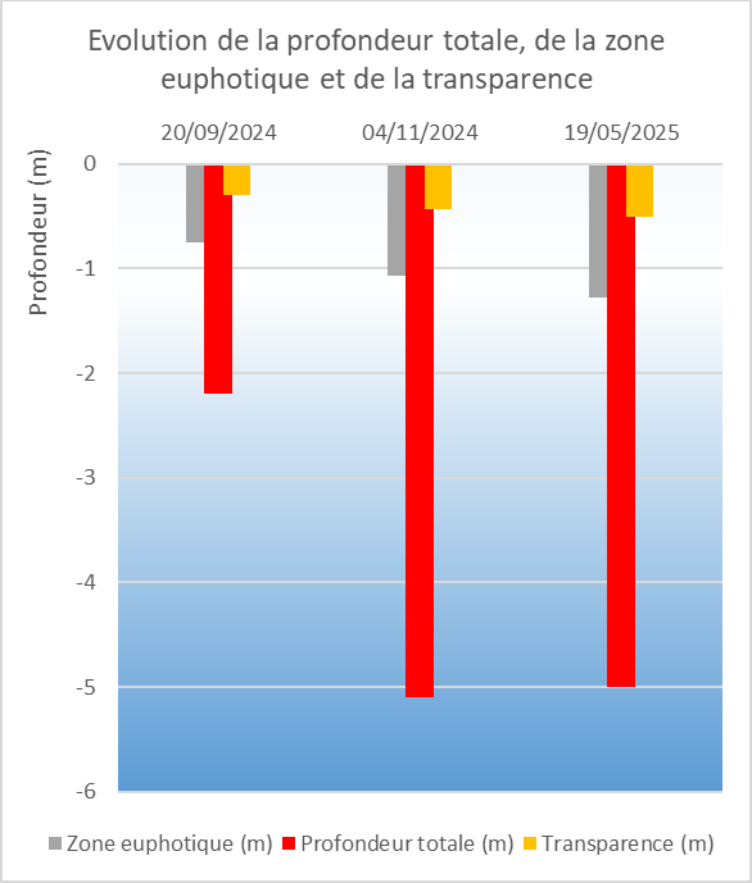


Figure 1 : Profondeur totale, zone euphotique et transparence du plan d'eau de Benquet en septembre et novembre 2024 et mai 2025

Les résultats enregistrés au niveau du plan d'eau indiquent que les paramètres mesurés *in situ* (température de l'eau (NF T 90-100), pH (NF EN ISO 10523) et conductivité (NF EN 27888 - ISO 7888)) sont bons à très bons (Cf. Tableau 5) en **période estivale, automnale et printanière.** En revanche, l'oxygénation du milieu est évaluée à très bonne en été mais à mauvaise aux mois de novembre et mai. Ces fluctuations sont potentiellement liées à l'activité photosynthétique et la présence des algues et des herbiers

(phytoplancton et jussie) dans le réservoir. Ceci est appuyé par les concentrations en chlorophylle *a* indiquant une teneur bien plus élevée lors de la campagne estivale soulignant le plus fort développement du phytoplancton. A l'automne, lorsque le phytoplancton meurt et se décompose, la teneur en chlorophylle *a,* diminue logiquement et les taux d'orthophosphates augmentent. Ils sont évalués suivant une classe de qualité mauvaise à cette période. Au mois de mai, la faible teneur moyenne en oxygène enregistrée est liée à une anoxie totale dès 3 m de profondeur. Cette anoxie s'inscrit dans une logique de continuité de décomposition de la matière organique accumulée (décomposition en profondeur du phytoplancton et des plantes aquatiques).

La transparence est évaluée à « mauvaise » en référence aux seuils proposés par l'arrêté du 9/10/2023 et ce, en lien avec une faible profondeur moyenne du plan d'eau évaluée à 1 m d'après les données bathymétriques fournies. De même, le phosphore total est évalué suivant une classe de qualité « mauvaise » sur la base des trois campagnes effectuées. Cette teneur élevée en phosphore est probablement liée à l'usage agricole des parcelles à proximité immédiate du plan d'eau et à un apport diffus d'engrais.

Les autres paramètres évalués suivant les seuils de qualité de l'arrêté du 9 octobre 2023 indiquent :

Une classe de qualité « moyenne » pour les nitrates en raison des concentrations relevées au mois de novembre ;

Une « bonne » classe de qualité pour l'ammonium malgré la valeur maximale enregistrée au printemps 2025.

Au regard de l'ensemble des paramètres suivis et en référence aux **seuils de qualité du SEQ-Plan d'eau**, la **qualité physico-chimique de l'eau est « moyenne » en septembre et « mauvaise » en novembre et mai**.

Si l'on se réfère aux seuils de l'arrêté du 9 octobre 2023, **la qualité physico-chimique de l'eau est évaluée à « mauvaise ».** Ce déclassement de la qualité est lié à une désoxygénation des eaux en novembre 2024 et mai 2025 où on constate une anoxie de la couche profonde (entre 3 – 5 m).

L'analyse des profils verticaux de température (Cf. Figure 2) révèle **une absence de stratification thermique** du plan d'eau **lors des trois campagnes**. Lors de la première campagne, la température est plus élevée en lien avec la faible lame d'eau qui provoque un réchauffement des eaux de l'ensemble de la colonne. En automne, la température apparait logiquement plus faible en lien avec la saison et les apports pluviométriques. Enfin, l'eau se réchauffe et retrouve des températures élevées dès le mois de mai.

Concernant les **profils verticaux d'oxygénation**, ils révèlent des **changements dans le plan d'eau**. Les valeurs élevées de saturation en oxygène en été indiquent une activité photosynthétique intense sur l'ensemble de la colonne d'eau avec des taux compris entre 140 et 160%. A l'inverse, au mois de novembre, l'oxygénation chute et les valeurs n'excèdent pas 35% de saturation. C'est la dégradation du phytoplancton, et plus généralement de la matière organique (macrophytes), qui provoque cette diminution des teneurs en oxygène dans le réservoir de Benquet. Elle se poursuit jusqu'au mois de mai avec une anoxie totale dès 3 m de fond.

Pour le **pH**, les **variations saisonnières** observées sont encore une fois à relier à l'activité photosynthétique dans la masse d'eau. Lors de la photosynthèse et de la diminution du CO_2, on constate une augmentation du pH. *A contrario*, lorsque les plantes aquatiques et le phytoplancton disparaissent au mois de novembre, la teneur en CO_2 tend à augmenter et le pH diminue.

Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau – Plan d'eau de Benquet

Paramètres analytiques	Unités	Profondeur	20/09/2024	04/11/2024	19/05/2025	Etat physico-chimique établi sur 3 campagnes
			Été	Automne	Printemps	
Mesures in situ						
Température de l'eau*	°C	-	20,59	16,09	20,14	
pH*		-	8,64	6,66	7,43	
Conductivité brute à 25°C*	µS/cm	-	194,3	182,0	238,6	
Oxygène dissous*	mg/l O_2	-	13,83	2,51	2,14	
Taux de saturation en oxygène*	%	-	153,60	25,35	24,28	
Profondeur secchi**	m	-	0,3	0,43	0,51	0,43
Analyses physico-chimiques de base						
Phosphore total**	mg/l P	Z. euphotique	0,107	0,165	0,143	0,14
MES totales	mg/l	Z. euphotique	47	13	13	
Azote Kjeldahl	mg/l N	Z. euphotique	0,6	1,4	1,5	
Chlorophylle a*	µg/l	Z. euphotique	32	18	24	
Phéopigments	µg/l	Z. euphotique	4	6	6	
Cations						
Ammonium**	mg/l NH_4^+	Z. euphotique	0,120	0,190	0,210	0,210
Anions						
Nitrates**	mg/l NO_3^-	Z. euphotique	< 0,5	6,6	< 0,5	6,60
Nitrites*	mg/l N	Z. euphotique	0,003	0,061	< 0,003	
Orthophosphates*	mg/l P	Z. euphotique	0,002	0,078	0,004	
Silicates dissous	mg/l SiO2	Z. euphotique	1,25	6,09	1,22	
Classe de qualité (Arrêté du 09/10/2023)						**Mauvais**
Paramètres déclassants						*Prof. secchi, P. total*
Classe de qualité (SEQ Plan d'Eau)			**Moyenne**	**Mauvaise**	**Mauvaise**	
Paramètres déclassants			*Chlorophylle a*	*O_2 dissous, Sat. en O_2, Orthophosphates*	*O_2 dissous, Sat. en O_2*	

* : seuils de qualité issus du SEQ-Plan d'Eau

** : Seuils calculés pour un plan d'eau d'une profondeur moyenne de 1,0 m (cf. Arrêté du 9 octobre 2023).

	Classe de qualité				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Température sur verticale (°C) 2ème catégorie piscicole	24	25,5	27	28	
pH mini-maxi	6,5 - 8,2	6 - 9	5,5 - 9,5	4,5 - 10	
Conductivité (µS/cm)	1000				
Oxygène dissous sur verticale (mg/l)	8	6	4	3	
Saturation en oxygène sur verticale (%)	90	70	50	30	
Profondeur Secchi (m)	1,210	0,870	0,645	0,477	
Phosphore total (mg/l)	0,044	0,062	0,086	0,121	
Chlorophylle a max. annuelle (µg/l)	8	25	55	75	
Ammonium (mg/l)	0,171	0,250	0,366	0,494	
Nitrates (mg/l)	2,2	5,3	12,6	30,1	
Nitrites (mg/l)	0,01	0,1	0,15	0,3	
Orthophosphates max (mgP/l)	0,01	0,02	0,03	0,05	

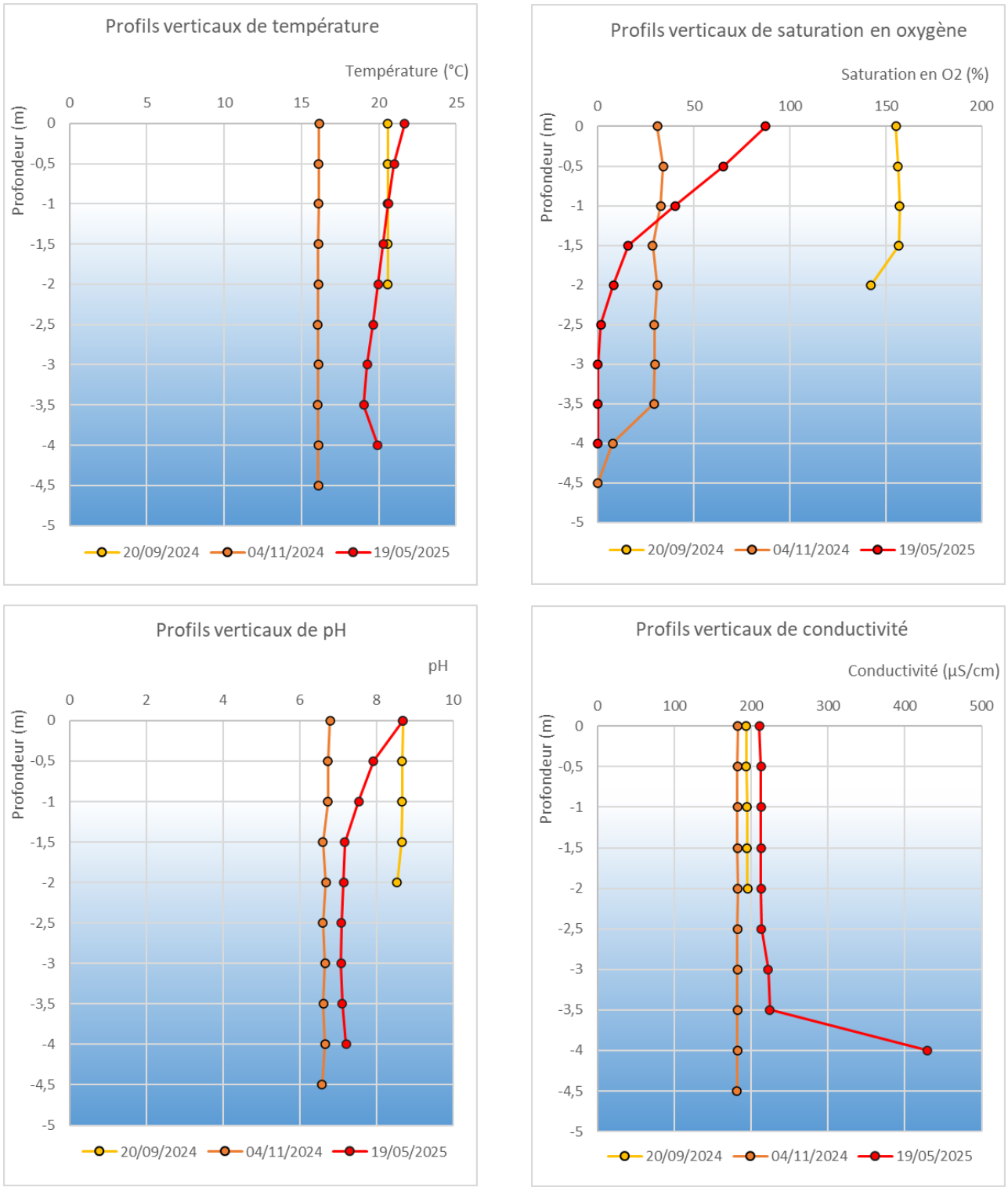


Figure 2 : Profils verticaux de température, oxygène, pH et conductivité - Plan d'eau de Benquet

Ces résultats sont à intégrer avec les données biologiques traitées ci-dessous afin de pouvoir évaluer le potentiel écologique du plan d'eau au sens de l'arrêté du 9 octobre 2023 modifiant les arrêtés du 18 juillet 2018, du 25 Juillet 2015 et du 25 janvier 2010 *relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état*

écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement.

3.4. Qualité biologique du plan d'eau

La qualité biologique du plan d'eau est évaluée à partir de l'Indice Phytoplanctonique Lacustre ou IPLAC. Les macrophytes du plan d'eau ont également été inventoriés afin de caractériser la végétation aquatique et rivulaire du plan d'eau et notamment la présence ou non d'espèces protégées.

Par ailleurs, le peuplement pisciaire est caractérisé à l'aide de l'ADN Environnemental qui permet d'obtenir une liste des espèces présentes.

3.4.1. Indice phytoplanctonique lacustre – IPLAC

La composition du peuplement phytoplanctonique a été observée au cours de 3 campagnes de suivi (septembre, novembre et mai). Les résultats de ce suivi sont présentés dans les tableaux et figures suivantes.

Tableau 6 : Richesse taxonomique

Plan d'eau	Benquet		
Date de prélèvement	20/09/2024	04/11/2024	19/05/2025
Période	Eté	Automne	Printemps
BACILLARIOPHYTA	11	12	10
CHAROPHYTA	3	3	
CHLOROPHYTA	51	48	44
CRYPTOPHYTA	3	8	5
CYANOBACTERIA	7	12	13
EUGLENOZOA	4	8	3
HAPTOPHYTA	1		1
MIOZOA	2	1	
OCHROPHYTA	5	15	6
Total taxons	**87**	**107**	**82**

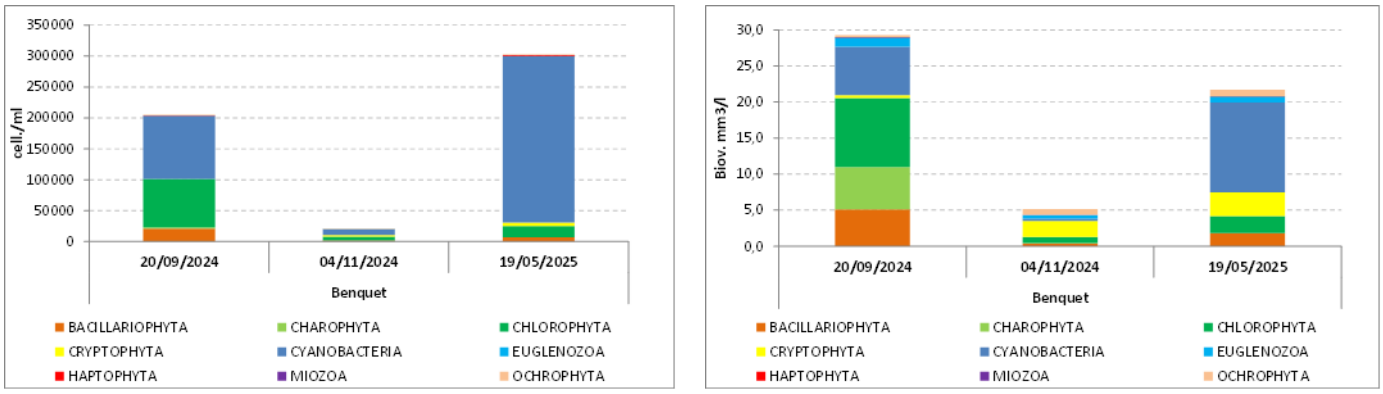


Figure 3 : Concentrations des divers groupes algaux en cellules/ml (à gauche) et biovolumes des divers groupes algaux en mm^3/l (à droite)

Tableau 7 : Evaluation de la qualité par la chlorophylle a

	Benquet			
	Hiver	Printemps	Eté	Automne
[Chlorophylle a] (µg/l)	-	24	32	18
[Chl a] Moyenne estivale (µg/l)	-	24,7		

Tableau 8 : IPLAC

BENQUET 2024-2025					
MBA	Classe MBA	MCS	Classe MCS	IPLAC	Classe IPLAC
0,533	M	0,402	M	0,441	M
Phytobs v3.2.4 - 09/04/2024					

Avec une moyenne de 92 taxons sur les trois campagnes, la richesse spécifique du phytoplancton est élevée. Elle oscille entre 82 taxons (au printemps) et 107 taxons (en automne). Comme habituellement observé en plans d'eau, ce sont les Chlorophytes (algues vertes) qui sont les plus diversifiées, avec 48 taxons en moyenne. Viennent ensuite les Bacillariophytes (ou diatomées) et les cyanobactéries, avec 11 taxons en moyenne pour chacun de ces deux groupes, sur la période étudiée. Les Ochrophytes et les Euglenozoa sont davantage diversifiées en automne (avec respectivement 15 et 8 taxons recensés). Les cyanobactéries et les Euglenozoa sont des groupes indicateurs d'eutrophisation, c'est-à-dire d'un enrichissement du milieu en nutriments.

Les concentrations cellulaires sont estimées à 205 300 cell./ml en été 2024. Une chute drastique se produit en automne (21 120 cell./ml) en lien avec la baisse de la luminosité et le refroidissement de la masse d'eau (diminution de 4,5°C). La croissance phytoplanctonique est maximale au printemps 2025, avec près de 302 800 cell./ml.

La biomasse est relativement élevée sur les trois relevés ; elle est comprise entre 5,2 mg/l (en novembre) et 29,3 mg/l (en septembre). Les plus faibles valeurs de densités et de biomasses phytoplanctoniques coïncident avec la concentration minimale en chlorophylle-a (18 µg/l, en novembre 2024).

Les **cyanobactéries dominent les effectifs phytoplanctoniques sur l'ensemble de la période d'étude**, avec des formes filamenteuses et coloniales. Sur les 17 taxons de cyanobactéries observés, **13 sont toxinogènes**. Leur contribution est maximale au printemps 2025 date à laquelle elle avoisine 89 % de l'abondance totale. *Planktothrix agardhii* et *Dolichospermum flos-aquae* sont les plus abondantes en été et au printemps. Ces espèces se rencontrent fréquemment dans les **eaux riches en nutriments, en phosphore** notamment. En raison de la grande taille des cellules qui constituent les filaments, les cyanobactéries impactent biomasse. La somme des cyanobactéries toxinogènes représente 6,8 et 12,3 mm^3/l en septembre 2024 et en mai 2025, respectivement. Elles constituent ainsi un **réel risque sanitaire** puisque le seuil d'alerte de 1 mm^3/l est largement dépassé (Anses, 2020).

Un dosage des cyanotoxines (en l'occurrence microcystine, anatoxine, cylindrospermopsine et saxitoxine) serait nécessaire selon les usages du plan d'eau.

En fin d'été (prélèvement de septembre), les Chlorophytes contribuent à 38 % des effectifs et 32,5 % de la biomasse avec un **cortège de taxons caractéristiques de milieu lacustre plutôt riche en nutriments** (*Actinastrum hantzschii*, plusieurs espèces de *Desmodesmus* dont D. *abundans, D. armatus, D. intermedius*…). Elles sont accompagnées des diatomées centriques *Aulacoseira granulata, Cyclostephanos invisitatus*…, qui sont des constituants typiques du plancton pouvant supporter des teneurs élevées en nutriments (Krammer & Lange-Bertalot, 1991). Quelques Charophytes ont été répertoriées à cette date ; *Mougeotia* notamment contribue à 17 % de la biomasse. Cette algue filamenteuse se rencontre sous

forme fixée (sur pierres, galets, végétaux) ou libre. Ce genre est commun des faciès lentiques ou des eaux stagnantes exposées à la lumière. Elle est parfois présente dans les zones eutrophes (riches en nutriments), mais peut aussi être trouvée dans des eaux plus oligotrophes.

En automne (prélèvement de novembre), ce sont les Cryptophytes qui s'imposent sur la biomasse, avec plusieurs espèces de *Cryptomonas*. Ces algues flagellées ont une stratégie opportuniste. Elles sont capables de s'adapter à différents niveaux trophiques. Outre leurs pigments accessoires (phycobilines) qui leur permettent d'absorber efficacement la lumière dans les longueurs d'ondes disponibles, même en conditions de faible luminosité, elles ont recours à la mixotrophie lorsque les nutriments sont déficients (Klaveness, 1988). De plus grande taille, elles participent davantage à la biomasse. On les retrouve dans le prélèvement printanier (mai 2025) mais les cyanobactéries reprennent le dessus à cette période, tant en densité qu'en biomasse.

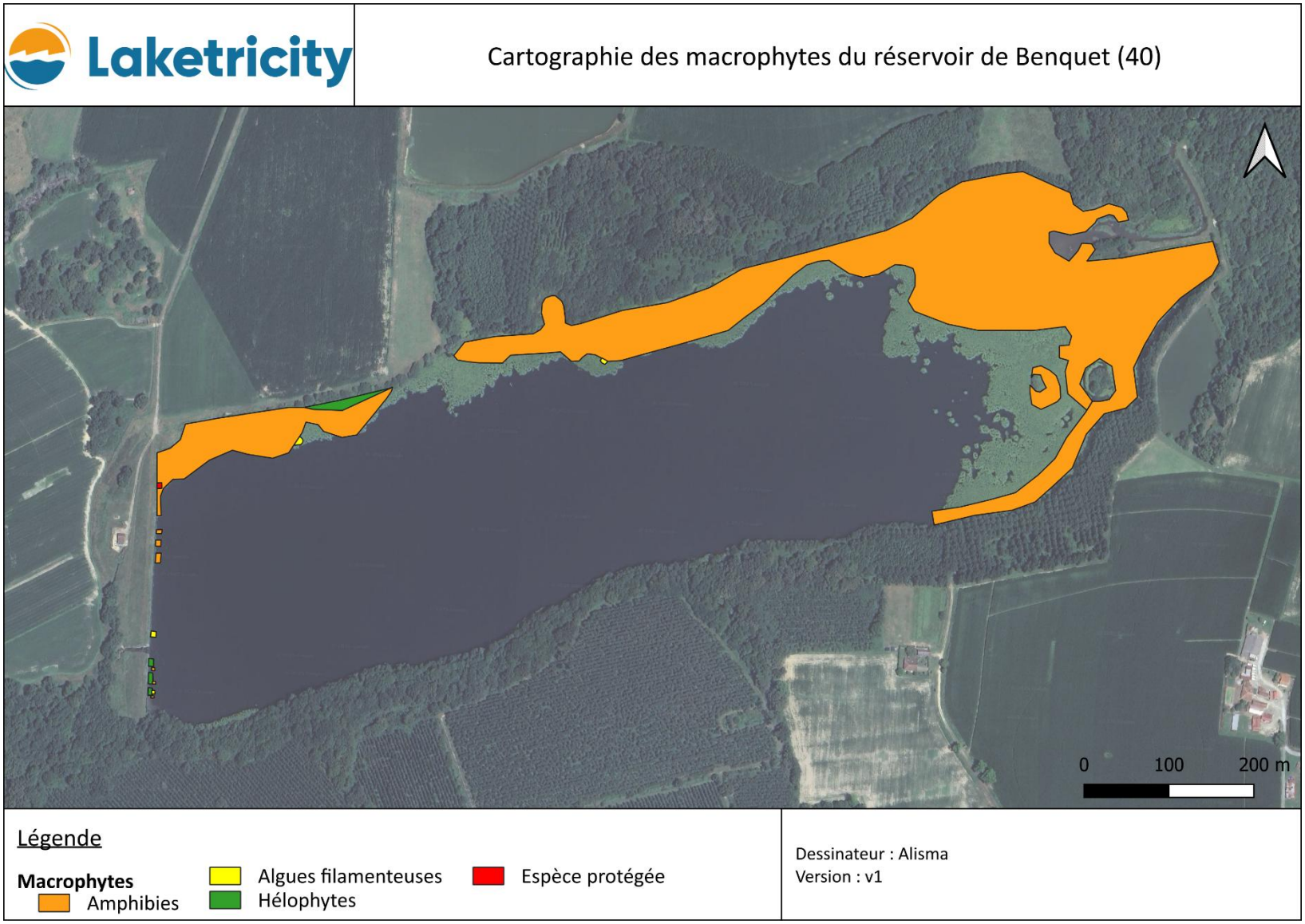
Au regard de la **concentration moyenne estivale en chlorophylle-a** (24,7 µg/l), la **qualité du lac de Benquet** peut être considérée comme **moyenne**, d'après l'arrêté du 9 octobre 2023.

Selon l'arrêté du 9 octobre 2023, **l'IPLAC** indique que ce plan d'eau possède des **eaux de moyenne qualité** (IPLAC : 0,441). En effet, la MBA (basée sur la chlorophylle-a) et la composante spécifique (MCS) sont toutes deux qualifiées de moyennes mais la robustesse de la note est modérée. En effet, la proportion des biovolumes contributifs est en moyenne de 38,8 %. De nombreux taxons ne sont pas cotés et ne sont donc pas pris en compte dans le calcul de l'IPLAC. C'est le cas notamment de *Mallomonas insignis* (Ochrophyte) ou *Verrucodesmus verrucosus* (Chlorophyte), par exemple, pourtant relativement importantes en termes de biomasse.

3.4.2. Macrophytes

La description des habitats a été complétée par une étude spécifique de la végétation aquatique et rivulaire du plan d'eau. Cette prestation a été réalisée par le bureau d'études ALISMA le 16 septembre 2024 et la Carte 7 suivante présente les macrophytes.a

Le peuplement de macrophytes est composé d'hélophytes, d'algues filamenteuses et d'une espèce amphibie. Ce plan d'eau présente une **très faible diversité floristique** avec **6 taxons** inventoriés en septembre 2024. La vue aérienne suivante permet de localiser les herbiers recensés.



Carte 7 : Cartographie des macrophytes du plan d'eau de Benquet

Le développement végétal est important comme le montre la répartition des herbiers sur la photographie aérienne. Les herbiers majoritaires, matérialisés en orange sur la photo, sont composés d'une seule espèce amphibie, la jussie, *Ludwigia grandiflora*, espèce invasive des eaux lentiques, particulièrement bien implantée dans le département des Landes.

A noter que nous n'avons pas pu pénétrer jusqu'au fond des herbiers avec l'embarcation, les tiges de jussie formant au fil des ans un épais tapis difficilement pénétrable.

Les hélophytes sont principalement des iris et sont observés près des berges en petits groupements.

Les algues filamenteuses sont ponctuellement présentes.

Au total, **trois plantes hélophytes, deux algues et une amphibie** ont été recensées sur le plan d'eau de Benquet. Elles sont énumérées dans le Tableau 9.

A noter parmi les hélophytes la présence d'*Hibiscus palustris*, **l'hibiscus des marais**, qui est **une espèce protégée dans le département des Landes**. Elle est inscrite sur la **liste rouge des espèces vasculaires de Nouvelle-Aquitaine** (listée *Hibiscus palustris L.*, 1753), avec un statut de plante **vulnérable**.

C'est également une espèce déterminante pour l'inventaire ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) en Nouvelle-Aquitaine.



Source : Flore Alpes



Photo 1 : Hibiscus palustris (source : ALISMA)

Magnifique plante à grandes fleurs roses et à grandes feuilles entières. C'est une espèce rare et protégée, se rencontrant uniquement dans le sud-ouest pour la France. Elle forme des groupes sur le bord des eaux et dans les roselières.

Tableau 9 : Macrophytes inventoriées sur le lac de Benquet

Nom latin	Nom vernaculaire	Surface (m²)	Groupe	Espèce protégée	Espèce envahissante
Hibiscus palustris	Hibiscus des marais	Présence	Hélophyte	oui	-
Iris pseudacorus		10	Hélophyte	-	-
Juncus effusus	Jonc épard	1	Hélophyte	-	-
Ludwigia grandiflora	Jussie	8700	Amphibie	-	oui
Oedogonium	-	Présence	Algue	-	-
Spirogyra	Spirogyre	Présence	Algue	-	-

Une **espèce protégée** a été inventoriée sur le plan d'eau de Benquet, **l'hibiscus des marais**. L'individu inventorié est situé aux coordonnées (Lambert 93) : X = 415666,58 ; Y = 6306866,82.

Comme l'illustre la croix rouge sur la photographie aérienne, l'hibiscus se situe sur la digue. Il sera donc à prendre en considération dans le cas où les travaux se dérouleraient dans cette zone du plan d'eau afin de le protéger.

Concernant les grands herbiers de jussie, cette espèce est invasive et se propage facilement. Il est donc recommandé de ne pas la faucher ou la fractionner car elle se bouture facilement. Même si cette espèce n'est pas protégée, il faudra tenir compte de sa présence en cas de travaux sur le site et éventuellement envisager d'implanter les travaux sur la rive la moins exposée à son développement, la rive sud, pour éviter une expansion généralisée sur le plan d'eau.

3.4.3. Peuplement pisciaire

Le réservoir de Benquet a fait l'objet d'un suivi du peuplement pisciaire par la méthode de l'ADN Environnemental. Les résultats concernant les poissons sont résumés dans le Tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10 : Espèces de poissons détectées sur le lac de Benquet – Septembre 2024

Nom scientifique	Nom commun	Code espèce	Capsule 1	Capsule 2
Abramis brama	Brème commune	BRE	XX	XX
Cyprinus carpio	Carpe commune	CCO	XX	XX
Gambusia holbrooki	Gambusie	GAM	XX	XX
Rutilus rutilus	Gardon	GAR	XX	XX
Sander lucioperca	Sandre	SAN	XX	
Scardinius erythrophtalmus	Rotengle	ROT		XX
Silurus glanis	Silure glane	SIL	XX	

X : signal de détection faible ; XX : signal de détection fort

Pour **les poissons**, 7 espèces ont été détectées sur les échantillons prélevés. Parmi elles, 4 présentent un signal de détection fort sur les deux capsules : la brème commune, la carpe commune, la gambusie et le gardon. Les autres espèces présentent un signal de détection fort uniquement sur les prélèvements de l'une des deux capsules, pouvant indiquer une abondance numérique faible sur le plan d'eau mais un prélèvement effectué sur une zone de présence et impliquant un taux plus élevé d'ADNe sur une capsule.

Les espèces présentes témoignent d'un assez bon « équilibre » en termes d'espèces présentes du peuplement pisciaire pour ce type de milieu. En effet, on recense deux espèces de carnassiers : le sandre et le silure. Ce type de poisson est essentiel pour assurer un bon équilibre des populations de poissons. Les espèces recensées sont logiquement dominées par des poissons blancs (cyprinidés) : brème, carpe, gardon et rotengle. Ils présentent un régime alimentaire plutôt adaptable qui leur permet de survivre dans divers types de milieux. De plus, ces quatre dernières espèces effectuent leur ponte sur les végétaux, largement représentés sur le réservoir de Benquet.

Finalement, le peuplement pisciaire est constitué d'espèces typiques des eaux peu ou pas courantes voire stagnantes et souvent riches en nutriments avec une végétation abondante. Le peuplement présent est donc caractéristique de ce milieu lacustre.

On notera la présence de la **carpe commune** et du **sandre, espèces introduites** (source : INPN) et de la **gambusie, espèce introduite** en France métropolitaine.

3.5. Diagnose rapide du plan d'eau de Benquet

Afin de préciser le **niveau trophique** du réservoir de Benquet, une **diagnose rapide simplifiée** a aussi été conduite. Néanmoins, seuls certains paramètres physico-chimiques ont été suivi sur ce plan d'eau sur 3 campagnes uniquement. De ce fait, l'ensemble des indices proposés dans le protocole de la diagnose rapide n'a pas pu être calculé et seul l'indice de production est présenté dans la Figure 4 et le Tableau 11 ci-dessous. L'indice de dégradation, dépendant de la consommation journalière en oxygène dissous, n'a pas pu être calculé en raison de l'absence totale de stratification thermique du plan d'eau lors de l'ensemble des campagnes. De même, l'absence de la campagne hivernale empêche le calcul de l'indice de nutrition, basé sur les teneurs en phosphore et azote à cette période de l'année.

Tableau 11 : Indices physico-chimiques de la diagnose rapide – Plan d'eau de Benquet

Plan d'eau	Production		
	IC	IT	I Prod.
Benquet	78,12	106,35	**92,23**

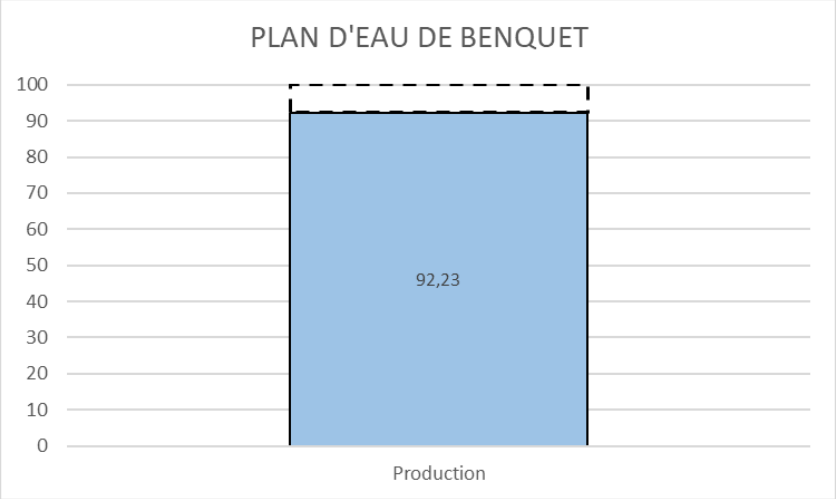


Figure 4 : Indices de production de la diagnose rapide

La **production** du plan d'eau de Benquet (I Prod.) étant supérieure à 75/100, elle correspond à un niveau trophique **hyper eutrophe**. Ce résultat est en lien avec un indice de transparence (I_T) très élevé lié à une faible profondeur du plan d'eau entrainant une faible transparence en particulier au mois de septembre.

Au vu des résultats obtenus pour la diagnose rapide du plan d'eau de Benquet, le lac semble tendre vers un niveau trophique très élevé de type « **hyper eutrophe »**. Ce résultat est lié à la faible transparence et à l'abondance des végétaux du plan d'eau entrainant un taux élevé de chlorophylle-a et de phéophytine.

3.6. Etat initial et évaluation des enjeux liés au milieu aquatique

Ce diagnostic de l'état initial du plan d'eau de Benquet a permis de mettre en évidence un certain nombre de points rappelés ci-dessous.

Le plan d'eau est classé « eau libre » et ne fait l'objet d'aucun suivi hydroécologique et par conséquent les données bibliographiques relatives à la qualité hydroécologique du plan d'eau sont inexistantes.

La caractérisation des berges et des habitats vis-à-vis en particulier des poissons, souligne un milieu présentant **un enjeu modéré** en lien avec l'invasion généralisée de la jussie, le marnage du réservoir. Néanmoins, des habitats biogènes sont observés en hautes eaux (sous-berges, débris ligneux grossiers, arbres en surplombs, …).

Les données concernant la physico-chimie de l'eau du lac témoignent d'un milieu très changeant en lien avec le marnage et l'évolution phytoplanctonique. Cette dernière provoque notamment des modifications de l'oxygénation du milieu, des taux de chlorophylle *a* et des nutriments (décomposition de la matière organique). **La qualité physico-chimique de l'eau est évaluée de « moyenne » à « mauvaise »** suivant le référentiel utilisé pour les deux campagnes effectuées. Pour ces raisons, l'enjeu lié à la qualité physico-chimique des eaux est évalué à **faible.** Le calcul de l'indice de production de la diagnose rapide rejoint ces observations et traduit un milieu hyper eutrophe en lien avec l'importante production primaire entrainant un important dépôt de biomasse végétale et une diminution de la transparence du plan d'eau.

L'analyse du **peuplement phytoplanctonique** révèle un **milieu eutrophisé**, c'est-à-dire riche en nutriments. Dans le cas du réservoir de Benquet, ce sont les **éléments phosphorés** qui sont très élevés (classe de qualité évaluée à mauvaise). Les **cyanobactéries** sont très abondantes lors de l'ensemble des campagnes de suivi et comptent **des espèces toxinogènes présentant un risque sanitaire en regard des seuils d'alerte largement dépassés en septembre 2024 et mai 2025.**

Concernant les **macrophytes**, **6 espèces** ont été inventorié, ce qui correspond à une **très faible diversité floristique**. On observe un **fort développement végétal de la jussie, espèce invasive**. Il est à noter la présence d'une **espèce protégée**, **l'hibiscus des marais** (*Hibiscus palustris*), se trouvant au niveau de la digue du réservoir. Cette espèce est **déterminante pour l'inventaire ZNIEFF** et présente un statut de plante **vulnérable** sur la **liste rouge** des espèces vasculaires de Nouvelle-Aquitaine. L'enjeu lié aux macrophytes est ainsi évalué à **très fort** en lien avec la présence de cette espèce.

Le peuplement pisciaire apparait moyennement diversifié. 7 espèces de poissons ont été détectées dont trois espèces considérées comme introduites en France : carpe, sandre et gambusie. Au vu de la répartition des carnassiers et des cyprinidés (respectivement 2 et 4 espèces), le peuplement semble présenter un assez bon équilibre entre prédateurs et proies en termes d'espèces présentes. Enfin, la plupart des espèces identifiées se reproduisent dans la végétation aquatique bien présente dans ce réservoir. Par conséquent, **un enjeu modéré est établi en regard du peuplement pisciaire.**

L'enjeu global du réservoir de Benquet est abaissé à **fort** malgré un enjeu **très fort** pour les macrophytes en raison de la localisation d'une espèce protégée. Située sur la digue et non directement dans le réservoir, il n'y a pas de réel « enjeu aquatique » lié à sa présence.

Une synthèse des enjeux hydroécologiques du plan d'eau est proposée dans le Tableau 12 suivant. L'évaluation des niveaux d'enjeu est appréciée suivant une échelle à 8 niveaux :

Échelle d'enjeux/incidences							
Positive	Nulle	Très faible	Faible	Modérée	Forte	Très forte	Exceptionnel

Tableau 12 : Enjeux hydroécologiques du plan d'eau de Benquet

Compartiments considérés		Niveau d'enjeu	Remarques
Habitats et berges		**Modéré**	Habitats rivulaires changeant suivant le marnage et dominés par la jussie (EEE) Ripisylve bien développée et surplombante par endroit, constituant un abris potentiel pour les poissons au niveau des berges en période de hautes eaux Granulométrie diversifiée et assez biogène (sable, limon, galet, bloc, débris ligneux, macrophytes)
Physico-chimie		**Faible**	Qualité des eaux évaluée à « mauvaise » d'après la DCE (faible transparence et teneurs élevées en phosphore total) Déclassement important de l'oxygénation du milieu en novembre en lien probable avec la dégradation de la matière organique qui consomme de l'oxygène
Phytoplancton		**Très faible**	Peuplement caractéristique d'un milieu lacustre et eutrophisé avec une dominance des cyanobactéries Risque sanitaire en lien avec la présence élevée de cyanobactéries toxinogènes lors de deux des trois campagnes de suivi
Macrophytes		**Très fort**	Faible diversité floristique mais fort développement végétal de la jussie (EEE) Présence d'une espèce protégée, déterminante ZNIEFF et inscrite sur la liste rouge des espèces vasculaires de Nouvelle-Aquitaine suivant un statut de plante vulnérable : l'hibiscus des marais
Espèces pisciaires	**Enjeu espèce**	**Modéré**	Peuplement assez diversifié et équilibré (rapport espèces carnassiers/cyprinidés) Présence de 3 espèces considérées introduites Espèces présentes caractéristiques des milieux lacustres
	Enjeu frayère	**Modéré**	Présence de frayères pour certains cyprinidés présents : végétation aquatique abondante
ENJEU HYDROECOLOGIQUE INTERMEDIAIRE		**Fort**	Bonne capacité d'habitats potentiels en berges liée à la présence d'une ripisylve continue et surplombante en hautes eaux, associée à une bonne diversité des substrats. Enjeu faible lié à la qualité physico-chimique des eaux et à la désoxygénation importante du réservoir en novembre Peuplement phytoplanctonique caractéristique d'un milieu chargé en phosphore et présentant un risque sanitaire (cyanobactéries toxinogènes) Macrophytes présentant une espèce protégée Intérêt pisciaire modéré (présence de 3 espèces introduites, absence d'espèces patrimoniales ou présentant des enjeux de conservation.

4. Evaluation des impacts et proposition de mesures d'atténuation

4.1. Principales caractéristiques du projet

Le projet retenu prévoit une couverture de 12,2 ha, **soit 28.98 % du lac**, pour une puissance de 21.17 MWc. L'ancrage des flotteurs sera réalisé au fond du lac. La durée prévisionnelle d'exploitation du parc est de 40 ans.

4.1.1. Phase d'exploitation

4.1.1.1. Caractéristiques générales

Les modules s'implanteront sur une superficie de 12,2 ha (soit 28.98% de la superficie en eau du plan d'eau). Les caractéristiques techniques sont précisées ci-dessous :

Tableau 13 : Caractéristiques techniques (source : Laketricity)

Caractéristiques	Projet du plan d'eau de Benquet
Durée de l'exploitation	40 ans
Puissance estimée de la centrale	21,169 MW
Surface d'eau	42,10 ha
Surface de la centrale	12,20 ha
Taux de couverture	28,98 %
Nombre de module	28 998
Puissance d'un module	730 Wp
Productible estimé	1142,5 kWh/kWc
Production annuelle estimée	24 185 MWh/an
Equivalent nombre de foyers alimentés	5 040 foyers
Inclinaison des modules	5°
Nombre d'onduleurs	55
Largeur de la voie d'accès	5m
Nombre de poste de transformation	7
Nombre de poste de livraison	1

L'inclinaison choisie ici est de 5° afin de garantir une plus grande stabilité de la centrale face aux aléas environnementaux.

L'ancrage des modules sera effectué au fond du lac (vissés dans le fond et immergés sous la surface de l'eau) afin de minimiser l'impact environnemental sur les berges. Une étude bathymétrique et de la composition du fond du plan d'eau a permis d'affiner les emplacements exacts des points d'ancrage. Les lignes d'ancrage seront dimensionnées selon le marnage.

Le câblage provenant des îlots flottants jusqu'aux postes de transformation situés sur les berges sera enterré. Ce sera également le cas sur la partie terrestre des berges.

La centrale photovoltaïque sera équipée d'un poste technique (poste de livraison et poste de transformation) et de six autres postes techniques de type préfabriqués contenant chacun un seul transformateur. Quatre postes de transformation seront situés en berge (à 54 m NGF) et deux seront sur pilotis proches de l'îlot est (à 58 m NGF) afin de prendre en compte les enjeux hydrauliques du projet. L'étude paysagère viendra préciser les caractéristiques esthétiques des locaux techniques afin d'assurer une bonne insertion paysagère.

4.1.1.2. Accessibilité

La centrale, implantée sur la commune de Benquet, se situera sur le plan d'eau ainsi qu'en berge nord et nord-ouest (locaux techniques). L'eau constituant une barrière naturelle et la centrale se trouvant à au moins 30m des berges, le périmètre du plan d'eau ne sera pas clôturé. Seuls les équipements en berge (postes de transformation, postes de livraison, citernes) seront clôturés s'ils se trouvent en dehors de ce périmètre pour prévenir toute intrusion ou vol.

Voici les mesures retenues pour la sécurisation du site :

- Une clôture rigide d'une hauteur de 2m entourant chaque local technique ;
- Des panneaux de signalisation positionnés au niveau de chaque accès à l'eau pour interdire l'accès à la centrale et mettant en garde face aux dangers d'électrocution ;
- Un dispositif de vidéo-surveillance selon les conditions locales de sécurité.

Ces mesures seront revues à la hausse, si estimé nécessaire par le développeur.

La centrale photovoltaïque flottante de Benquet sera équipée de deux pistes d'accès aux éléments techniques (une temporaire pour la phase travaux et une permanente pour la phase d'exploitation). Une piste d'accès réservée au SDIS 40 en cas d'incendie sera créée. Cette piste mesura 3 mètres de large conformément aux recommandations du SDIS 40 dans la conception technique du projet. Les travaux de voirie nécessitent un certain nombre d'étapes (décapage, mise en place d'une couche de fond et de forme, compactage de la zone, …) n'impactant toutefois pas le milieu aquatique.

4.1.1.3. Prévention du risque incendie

Le projet de centrale photovoltaïque a été défini en discussions avec le SDIS40. Ont ainsi été intégrés dans la conception du projet :

- **Prévoir un Point d'Eau Incendie (PEI)** : Il devra être implanté en bordure de la voie ou tout au plus à 5 mètres de celles-ci de manière qu'il soit accessible en tout temps et en toutes circonstances, sans nécessiter d'entrer dans l'enceinte photovoltaïque en accord avec le chef de centre des sapeurs-pompiers ;
- **La mise en place de passages pouvant être franchis** aisément par les véhicules de secours devront être mis en place. Ces passages fermés au moyen de portails, devront être équipés d'un dispositif de manœuvre utilisable par les sapeurs-pompiers. Ces dispositifs doivent être d'une largeur minimale de 7 mètres. Sur ces portails une signalisation des Points de Rencontre des Secours (PRS) devra être apposée comportant le numéro dudit point validé par le SDIS ;
- **Enfouissement des câbles électriques** : A l'intérieur du parc, les zones de dangers, causées par l'affleurement de câbles devront être signalées par des panneaux. En dehors du parc les raccordements de câbles à un poste source du réseau électrique devront être réalisés en souterrains et emprunteront des emprises existantes (chemins, pistes ou routes) pour éviter de nouvelles trouées et servitudes en forêt ;
- **Créer un chemin permettant d'accéder au plan d'eau** : permettre aux véhicules de secours d'accéder au plus près du plan d'eau, une piste utilisable, en tout temps, doit être créée entre le portail de l'entrée du site jusqu'à l'abord du plan d'eau ;
- **Créer une cale de mise à l'eau pour embarcation** : une cale de mise à l'eau devra être créé, permettant aux services de secours de mettre en œuvre leur embarcation de façon sure et rapide.

4.1.1.4. Entretien du site

L'entretien du parc photovoltaïque sera limité : vérification de l'intégrité des flotteurs et des modules, entretien de la végétation (débroussaillage) au niveau des installations en berge, nettoyage éventuel des modules.

Ce sont donc de petites opérations de maintenance et d'entretien. Ces prestations sont réalisées par une ou des sociétés locales. L'entretien des panneaux photovoltaïques est minimal, puisque les pluies sont régulières dans la région, et l'inclinaison des modules fait que leurs surfaces sont régulièrement nettoyées.

Cela représente 1 à 2 passages annuels sur le site.

4.1.1.5. Maintenance

L'essentiel de la maintenance est réalisé sur les installations électriques, nécessitant occasionnellement du personnel sur site. La maintenance réalisée est de deux types :

- **Préventive** : elle contribue à améliorer la fiabilité des équipements (sécurité des tiers et des biens) et la qualité de la production. Cette maintenance préventive se traduit par la vérification du bon fonctionnement électrique (moteurs, onduleurs, etc.) et d'interventions sur l'équipement, par le remplacement de certaines pièces en voie de dégradation afin d'en limiter l'usure (structure, panneau, éléments électriques...), par l'inspection et le nettoyage des armoires électriques (1 à 2 fois par an) ;
- **Corrective** : intervention rapide sur le parc après déclenchement d'une alerte et contrôle du fonctionnement de l'ensemble des modules constituant le parc solaire à l'aide d'une caméra thermique (a minima tous les 2 ans).

4.1.2. Phase de chantier

La construction de la centrale suit une méthodologie bien définie, sur une durée de chantier évaluée à 8 mois, comprenant les étapes décrites en suivant.

4.1.2.1. Préparation du site et sécurisation

La durée de travaux de cette étape est évaluée à environ 1 mois. Elle correspond à la mise en place des infrastructures nécessaires à la construction de la centrale :

- **Une zone de stockage** où est déchargé et stocké le matériel acheminé par camions**.**
- **Une base de vie** accueillant les équipes et permettant le stockage des matériaux et composants de la centrale. Dans le cadre de ce projet, une base chantier de 10 362 m² est prévue au nord-ouest du plan d'eau, afin de faciliter la logistique. Cette zone devra être réaménagée pour servir de base vie, avec d'éventuels travaux de terrassement et l'installation de barrières de sécurité.
- **Une zone d'assemblage et de mise à l'eau** sera installée en berge. Elle représentera environ 800 m² sur un linéaire en berge de 70 m mais pourra être ajustée au moment de la phase de pré-construction. Pour la plateforme temporaire de mise à l'eau, différentes options sont possibles. La plus simple est l'utilisation d'un géotextile pour faciliter le glissement progressif de la structure sur l'eau. D'autres options comme une plateforme sur échafaudages ou flottante sont également envisageables.
- **L'aménagement des accès** permettra l'acheminement des matériaux et du matériel. La piste d'accès réservée pour le chantier est existante et sera renforcée et aménagée pour le passage des semi-

remorques. Elle mesurera 5 mètres de large, avec une zone tampon autour des locaux techniques. Cela facilitera les mouvements pendant la phase de construction et les interventions futures (accès Enedis, maintenance…). Le chantier sera configuré de façon à limiter l'artificialisation des zones naturelles et la circulation des poids-lourds sur les berges et sur le site.

Ces zones son délimitées selon le Plan Général de Coordination. Les espaces sensibles d'un point de vue écologique sont identifiés et protégés.

4.1.2.2. Raccordement extérieur

La durée de travaux de cette étape est évaluée à environ 1 mois. Ces travaux de raccordement HTA consistent généralement en la réalisation d'une tranchée de [50 cm - 80 cm] de profondeur dans laquelle un lit de sable est déposé. Les modalités exactes seront précisées ultérieurement. Les conduites sont ensuite installées et recouvertes d'une couche de sable. Un grillage avertisseur sera placé 20 cm au-dessus des conduites. La tranchée est ensuite comblée avec de la terre naturelle.

Pour le projet de Benquet, le poste ciblé est celui de ST-SEVER en Nouvelle Aquitaine. Il se situe à environ 11 km en passant sous l'Adour.

4.1.2.3. Mise en place de la centrale et des ancrages

La durée de travaux de cette étape est estimée à 5 mois. La centrale photovoltaïque flottante est ancrée au fond du bassin. La technique de mise en place des ancres dépend du type d'ancre retenu (vis, à bascule ou corps mort).

Pour ce projet, la durée envisagée pour la pose des 258 ancres est de 1,5 à 2 mois et ce, en raison de cette grande quantité d'ancres. Une évaluation géotechnique fournira plus d'informations sur cette phase.

Le montage de la structure flottante et sa mise à l'eau sont prévus pour durer environ 3 à 3,5 mois. La structure flottante est mise à l'eau progressivement. La centrale est assemblée segment par segment, puis ces segments sont unifiés sur l'eau jusqu'à l'achèvement du parc flottant.

4.1.2.4. Installation des transformateurs et du poste de livraison

La durée de travaux de cette étape est évaluée à environ 4 semaines. Les transformateurs sont implantés sur les berges et deux sur pilotis. Le poste de livraison se trouvera avec les postes de transformation, dans la zone technique.

La première étape est l'excavation du sol selon la surface des locaux techniques sur environ 80 cm. Une couche de graviers est déposée au fond, suivi d'une couche de sable sur environ 20 cm. Les locaux techniques reposent sur la couche de sable.

Pour finir, les câbles sont passés dans les conduites et relient la centrale aux locaux techniques.

4.1.2.5. Remise en état du site

A l'issue de la phase chantier, les installations et les aménagements temporaires sont démantelées. Le sol est remis en état (décaissement, remise en place de la terre d'origine, décompactage). La durée de travaux de cette étape est évaluée à 3 semaines.

4.1.3. Phase de démantèlement

Le démantèlement consiste à déconnecter puis désinstaller les divers éléments constitutifs de la centrale. Dans un premier temps la centrale sera déconnectée et isolée électriquement du réseau électrique. Tous les éléments électriques seront alors déconnectés. L'ensemble des éléments constituants la centrale (modules, câblages, onduleurs, transformateurs, flotteurs, ancrages, postes électriques, ...) seront ensuite désinstallés et retirés, à l'exception des ancrages en fond de bassin car ils auront été colonisés par la faune aquatique.

Au terme de l'exploitation, le site sera entièrement remis en état afin de garantir son insertion dans les milieux naturels locaux et dans le paysage, conformément aux engagements pris dans la promesse de bail. Concernant la remise en état du sol, aucune opération de décompactage ne sera nécessaire.

Les terrains seront restitués au propriétaire qui sera libre de déterminer l'usage futur du site. Il convient tout de même de prendre en compte la vocation initiale du site, l'évolution possible du territoire, ainsi que les modifications dues au projet sur le site qui pourraient être utilisées à bon escient.

Les infrastructures créées pourront à la demande de l'administration rester en place afin d'être réutilisées : accès, piste de circulation, raccordement électrique, etc.

4.2. Cas de l'évitement « amont » (phase de conception)

MEC1 : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux

Code Cerema : E1.1b – Evitement des sites à enjeux environnementaux et paysager majeurs du territoire

Le choix d'un site propice à l'installation d'une centrale solaire dépend de plusieurs paramètres. Une recherche des sites par analyse cartographique permet de repérer les sites favorables selon les critères techniques et réglementaires suivants :

- Surface du plan d'eau supérieure à 10 ha ;
- Productible (heures d'ensoleillement captées par l'installation) ;
- Urbanisme (critère de planification territoriale) ;
- Contexte environnemental (zone de protection de biodiversité, aspect paysager) ;
- Contexte patrimonial (monuments historiques à proximité, sites classés etc.) ;
- Raccordement électrique (solution de raccordement à proximité) ;
- Risques (SEVESO, PPR) ;
- Activités de loisir présentes sur site etc.

Dans un second temps, des paramètres plus fins du plan d'eau sont pris en compte, en plus de la faisabilité économique et technique du projet, comme :

- La forme qui contraint parfois fortement la puissance installable, car les îlots doivent être, tant que possible, de forme rectangulaire ;
- L'orientation (plus le plan d'eau est « désaxé » par rapport au sud, plus l'ensoleillement capté sera faible) ;
- Le taux de couverture, qui doit être calculé en fonction de la nature du site (bassin artificiel, ancien lac de carrière, barrage, etc.).

Enfin, le critère politique est pris en compte via la concertation des élus. Cette étape est déterminante dans la validation d'un site, notamment en permettant de sélectionner la zone présentant la meilleure acceptabilité au niveau local.

Sur la communauté d'Agglomération de Mont de Marsan, seuls deux plans d'eau étaient susceptibles de correspondre aux critères mentionnés dans les paragraphes précédents : le lac de Bretagne-de-Marsan et le plan d'eau de Benquet.
Concernant **le lac de Bretagne-de-Marsan**, bien qu'ayant une surface de plus de 21 ha, la forme de la moitié du plan d'eau est non propice au développement d'un projet PV flottant. De plus, ce type de bassin se vide pour les besoins d'irrigation à une certaine période de l'année, ne permettant pas de couvrir une surface suffisante pour un projet.

Le site de Benquet est issu de la création d'un réservoir artificiel pour les besoins en irrigation des agriculteurs locaux. Il s'agit d'un barrage avec une digue et un déversoir qui permet de vider le bassin en fonction des besoins en irrigation. Le site est fermé au public et n'accueille aucune autre activité.

Le plan d'eau du site, appartenant à l'ASA de Benquet, est considéré comme anthropisé. La surface en eau est égale à 42 ha. L'accès au site se fait par le chemin de Populot ; situé au sud-ouest de la commune à environ 4 kilomètres du centre, cela fait de lui un site isolé, avec aucune visibilité depuis les routes et peu de visibilité depuis les chemins compte tenu des masques paysagers qui l'entourent.
Le site est situé en dehors de toute surface de site classé ou de périmètre de protection de Monuments Historiques.

Pour résumer, le site de Benquet s'est avéré particulièrement pertinent pour développer un projet PV flottant, pour les raisons suivantes :

- Absence de contraintes patrimoniales ;
- Absence de contraintes techniques ;
- Surface suffisante, forme et orientation propice des plans d'eau ;
- Accès existants ;
- Plan Local d'Urbanisme compatible côté Bas-Mauco et incompatible côté PLUi de Mont-de-Marsan mais les échanges ont conclu à une prochaine mise en compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme ;
- Inscription du projet en ZAEnR
- Raccordement à proximité ;
- Soutien de la commune et des propriétaires.

C'est dans ce contexte favorable que LAKETRICITY a retenu le site de Benquet comme pertinent pour l'installation d'un parc photovoltaïque flottant.

Afin de proposer un projet cohérent et concerté, LAKETRICITY a échangé de façon régulière avec les parties prenantes de ce projet :

- Les élus des communes ont été rencontrés dès le départ du projet et sont régulièrement tenus informés de l'avancement ;
- Le projet a été présenté à la Communauté d'agglomération de Mont-de-Marsan à plusieurs reprises ;
- Les services de l'Etat (DDT 40, DREAL NA) ont été consultés dès le début du développement de projet pour cadrer au mieux les éléments à inclure dans le dossier de permis de construire → Passage en pôle EnR et échanges réguliers ;

Ce projet, en plus de sa participation aux objectifs nationaux visant à atteindre 33% de consommation d'énergies renouvelables en 2030, permettra de mobiliser des acteurs locaux durant toute les phases de développement du projet :

- Bureaux d'études locaux pour la phase de développement et d'études ;
- Entreprises locales pour la phase de construction ;
- Entreprises locales pour réaliser la maintenance en phase exploitation.

Pour conclure, après avoir réalisé une analyse multicritère des différents plans d'eau existants sur le territoire de la Communautés d'Agglomération de Mont-de-Marsan, le plan d'eau décrit ci-dessus et issu des activités d'irrigation de l'ASA de Benquet apparait comme un site pertinent pour le développement et la construction d'une centrale photovoltaïque flottante.

Une fois le choix du site effectué, plusieurs scénarii d'installation du parc photovoltaïque flottant ont été réalisés.

Avant que les études sur le site ne soient lancées, la **première version** du dimensionnement est maximisée durant la phase de prospection. Le scénario initial prévoyait ainsi une installation photovoltaïque de **28,4 MWc**, exploitant au maximum la capacité du lac. La surface couverte atteignait **16.65 ha,** soit un taux de couverture de **39.65%**. L'écartement des berges étaient de **30 m**. Les paramètres alors pris en compte étaient la faisabilité technique et l'optimisation de la production en maximisant la surface de la centrale sans connaissance des enjeux (usage, technique, paysage, biodiversité, etc.).

A la suite du lancement des études environnementales, techniques et paysagères puis à l'établissement de l'état initial ; **un second scénario** a été proposé. Ce dimensionnement est techniquement faisable ; la centrale et les ancrages ont été conçus en tenant compte de la bathymétrie et de la topographie du site, la production annuelle est optimisée avec un ratio puissance/ hectares supérieur, mis à jour en tenant compte des évolutions du marché. Un accès et une potentielle zone chantier sont identifiés. Dans ce second scénario, la puissance était réduite à **23.87 MWc** afin d'augmenter la distance par rapport aux berges et de limiter le taux de couverture. Le parc flottant présente alors un déport de **50 m vis-à-vis des berges nord et 30 m des berges sud**. La surface occupée descendait ainsi à **14.03 ha**, soit **33.33 %** de la superficie totale du lac.

Enfin, **un troisième scénario** a été proposé :

- Tenant compte des recommandations des bureaux d'études en charge de la réalisation de l'étude d'impact,
    - Accès existant pour le chantier différent de l'accès pour le SDIS ;
    - Emplacement de la zone chantier sur une parcelle agricole de moindre enjeu ;
    - Positionnement des postes sur des secteurs de moindres enjeux dont certains flottants afin d'éviter les zones humides ;
    - Distance aux berges de la centrale et des ancrages adaptée en fonction des enjeux identifiés lors de l'état initial ;
    - Flore patrimoniale évitée au niveau des ancrages
    - Espace de chasse au milieu du plan d'eau pour l'avifaune.
- Tenant également compte des différentes recommandations des services instructeurs partagés durant la phase de cadrage.

Cette implantation est réalisée pour que le projet s'intègre à son environnement global tout en optimisant la production. La couverture est alors réduite à **12.2 ha**, soit **28.98%** du lac, représentant une puissance de

21.7 MWc. Le parc flottant présente toujours un déport de **50 m vis-à-vis des berges nord et 30 m des berges sud**. **Il s'agit de la version finale sélectionnée pour ce projet.**

En somme, entre le scénario initial et le projet final, les mesures d'évitement amont ont entraîné une réduction de la puissance de **6,7 MWc**, soit de plus de 20% de la puissance initiale. De même, **la surface couverte sur le lac a diminué de 4,45 ha**, représentant un quart de la couverture prévue à l'origine.

Le projet a donc fait l'objet de 2 évolutions pour aboutir à la dernière variante retenue (Scénario 3). Les figures suivantes présentent les trois variantes du projet. La Carte 8 page suivante permet de visualiser les évitements réalisés sur les habitats aquatiques et rivulaires avec la variante finale choisie

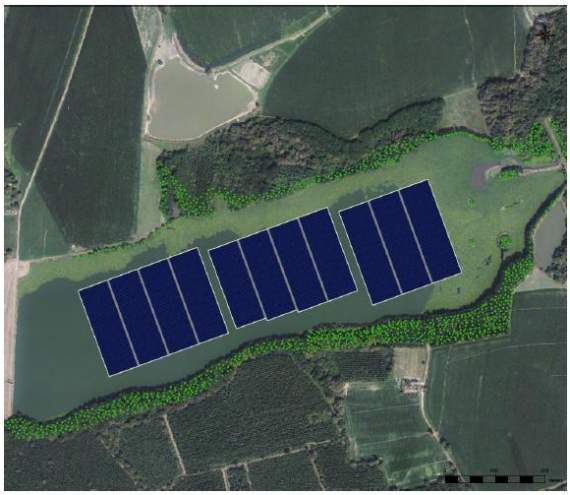


Figure 5 : Scénario 1



Figure 6 : Scénario 2

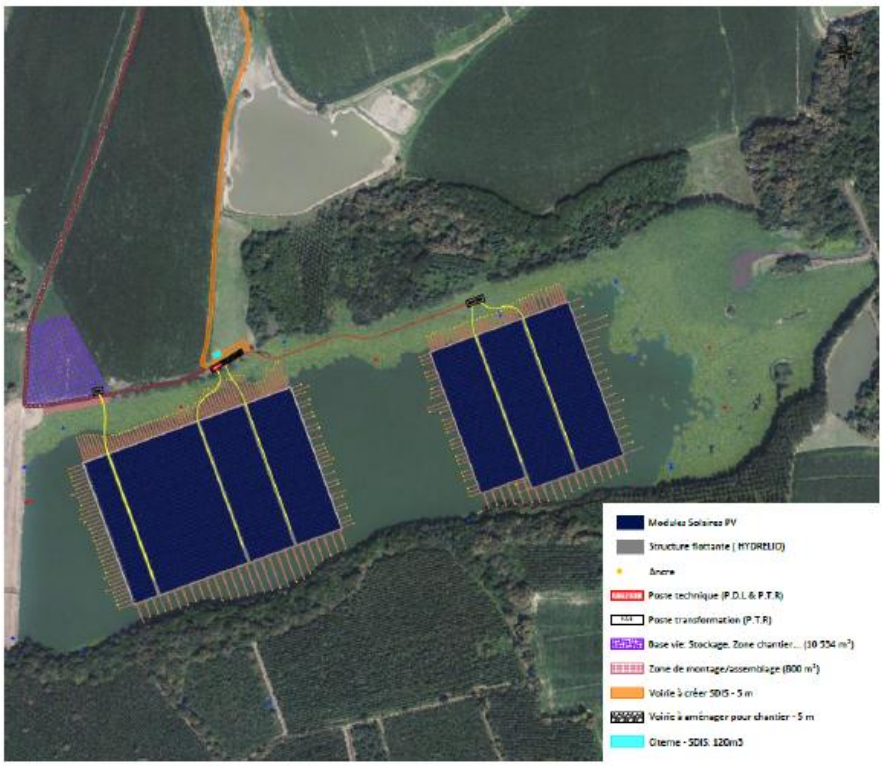
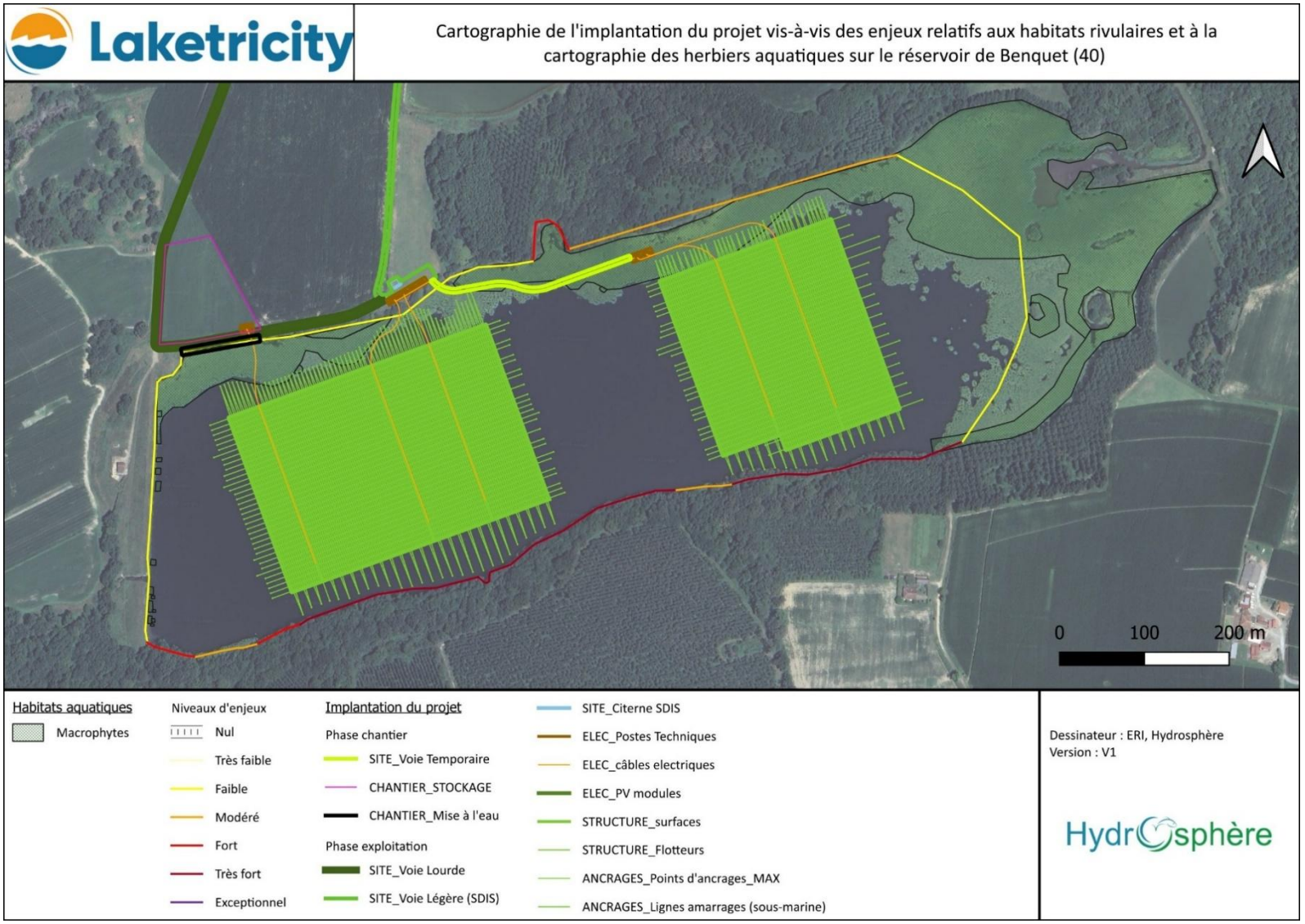


Figure 7 : Scénario final



Carte 8 : Variante finale du projet et évitements sur les habitats aquatiques et rivulaires

Concernant les milieux naturels, cette mesure englobe plusieurs choix techniques du projet :

L'augmentation de la distance aux rives constitue un évitement certain en préservant les habitats rivulaires, qui abritent une grande partie des fonctionnalités hydroécologiques du plan d'eau

Le choix de la zone de mise à l'eau au nord-ouest du lac répond à une logique de moindre incidence écologique, en privilégiant une zone d'accès proche de la piste lourde et en réduisant ainsi le piétinement du site

Le choix des ancrages au fond du plan d'eau permet d'éviter des incidences importantes sur les habitats et espèces rivulaires.

Dans le chapitre suivant, les impacts bruts sont évalués à partir du dernier projet présenté (Scénario 3). Il faut toutefois noter que l'évitement en phase conception permet de diminuer le niveau d'impact brut sur différents compartiments.

4.3. Evaluation des impacts bruts

Ce chapitre vise à évaluer dans quelle mesure le projet risque de modifier les caractéristiques écologiques de l'aire d'étude. L'objectif est de définir les différents types d'impacts et d'en évaluer successivement l'intensité, puis son niveau.

Les parcs photovoltaïques flottants ont commencé à être mis en œuvre en Asie à partir des années 2010 où ils se développent de façon majeure (Gorjan S., & *al*., 2021), avec aujourd'hui plus de 85% des panneaux solaires flottants existants implantés en Asie (IEA-PVPS Trend report, 2022). Le marché du photovoltaïque flottant a aussi gagné progressivement les pays d'Europe, notamment les Pays-Bas (qui possède le plus grand parc flottant d'Europe avec de plus un objectif de 4% des eaux recouvertes par du photovoltaïque flottant qui existerait pour 2050), l'Allemagne, le Royaume-Uni (Cf., Intersolar Europe, 2022) le Portugal, etc.

En France, les parcs solaires flottants commencent seulement à être développés ce qui limite les retours d'expérience concernant les impacts sur le milieu naturel et en particulier le milieu aquatique. La description des impacts bruts renvoie donc beaucoup à une bibliographie internationale (ex : World Bank Group, ESMAP and SERIS, 2019) sans qu'il soit toujours possible de quantifier ces impacts sur le site d'étude.

Néanmoins il y a un lien évident avec l'emprise surfacique concernée par le projet sur le plan d'eau, ici 29% et la proximité du parc vis-à-vis des berges (ici déport minimum de 30 mètres).

4.3.1. Impacts bruts sur les habitats aquatiques et rivulaires

Le projet de parc photovoltaïque prévoit l'installation de panneaux sur le plan d'eau. Il présente toutefois des habitats aquatiques et rivulaires favorables à la faune pisciaire notamment avec un fort recouvrement lié au développement d'herbiers aquatiques. Lors de la phase chantier, une partie de ces habitats seront détruits. Par ailleurs, lors de la phase d'exploitation, les herbiers privés de lumière sont généralement amenés à disparaître. Néanmoins, aucun herbier n'a été localisé en pleine eau et au centre du plan d'eau, ils se situent plutôt en bordure, sur les secteurs hors emprise majeure du projet. Par conséquent, les zones où la pénétration de la lumière sera diminuée ne présentent pas d'herbier. **L'impact brut** est ainsi considéré comme **faible** par l'absence d'herbiers de pleine eau concernés en phase chantier.

Les berges font aussi partie des habitats naturels qui seront impactés. Cependant, la création de la zone de mise à l'eau ainsi que de deux postes de transformation sur pilotis n'entraineront pas de destruction majeure des habitats rivulaires ; elles se situe dans une zone hors d'eau en période d'étiage et sur un site colonisé par la végétation en période de hautes eaux. Le linéaire impacté en période de hautes eaux représente 70 m linéaire soit 3% du linéaire colonisé par les macrophytes. La présence massive de zones d'herbiers immergés sur le reste du plan d'eau pourrait constituer des zones de replis temporaires pour la faune pisciaire. Notons également que cette plateforme est temporaire et la remise en état du site après travaux devrait permettre la recolonisation du secteur par ces herbiers fortement développés sur le plan d'eau. Une cale de mise à l'eau sera conservée pour un accès facilité aux secours mais son emprise sera très localisée. Les habitats à enjeux (zones de sous-berge, herbiers d'hélophytes, blocs) se situent en dehors des zones d'impact du projet. L'**impact** est ainsi jugé comme **faible** au vu du caractère temporaire de l'impact, du faible linéaire concerné et de la présence de cet habitat sur plus de la moitié du plan d'eau.

Il est important de souligner que **les habitats rivulaires et herbiers impactés par le projet sont majoritairement composés d'une espèce envahissante** : la jussie ; une attention particulière devra être portée sur cette espèce pour éviter de la propager sur le site (en rive sud par fractionnement des pieds et bouturage) ou d'autres sites. Il sera également important d'éviter tout apport d'autres espèces envahissantes. En effet, les milieux perturbés offrent un terrain propice au développement de ces espèces. L'impact brut entraînant un risque de propagation de l'espèce sur le plan d'eau, il serait alors permanent et évalué comme modéré (faible linéaire concerné).

Tableau 14 : Impacts bruts du projet sur les habitats aquatiques et rivulaires

Habitat concerné	Enjeu	Nature de l'impact	Type et durée de l'impact	Phase concernée	Evaluation de l'impact brut
Plan d'eau	Fort	Occupation d'une partie de l'habitat de pleine eau	Direct et indirect / Permanent	Chantier, exploitation	Faible
Macrophytes et habitats rivulaires	Modéré	Altération d'une partie de l'habitat au nord avec la zone de mise à l'eau mais faible linéaire de destruction de l'habitat et secteur à faible, enjeu	Direct / Temporaire et permanent	Chantier	Modéré

4.3.2. Impacts bruts sur la qualité des eaux

Plusieurs études mettent en lumière les impacts bruts potentiels sur les fonctionnalités de la colonne d'eau durant les différentes phases d'un projet photovoltaïque flottant.

4.3.2.1. Diminution de l'évaporation de l'eau

Des études récentes ont mis en avant la diminution de l'évaporation de l'eau liée à l'installation de parcs photovoltaïques flottants (Armstrong A. et al., 2020 ; Gorjan S., et al., 2021 ; Essak L. & Ghosh A., 2022) ce qui peut constituer un impact positif en zone aride ou en regard du changement climatique.

Dans le contexte national, cet effet apparait peu prégnant, d'autant que les pertes hydriques dans les plans d'eau sont également liées à la végétation rivulaire et hygrophile, dont les effets peuvent parfois dépasser les volumes perdus par évaporation directe.

Concernant le plan d'eau de Benquet, ces phénomènes de diminution de l'évaporation sont jugés quantitativement faibles, du fait d'un faible ratio de couverture (29%).

4.3.2.2. Variations de la température de l'eau

L'ombre générée par le parc photovoltaïque peut avoir un impact sur la température de l'eau de surface. L'eau n'étant plus réchauffée par les rayons du soleil, on pourrait s'attendre à une diminution de sa température sous les modules, ce qui a été observé dans certaines études (Exley G. & *al*., 2021 ; Armstrong A. & *al*., 2020 ; Yang P., & *al*., 2022 ; Exley G.S., 2022). Néanmoins, dans ces mêmes études, l'échauffement des panneaux solaires lors de grandes périodes d'ensoleillement et de fortes chaleurs, générait un microclimat sous les modules, augmentant ainsi la température de l'eau en surface. Bien que peu documentées, ces variations de températures pourraient avoir un impact sur les processus biogéochimiques et altérer ainsi certains services écosystémiques (Exley G. et al., 2022).

Costa (2017) n'a, quant à lui, observé aucune variation significative de la température du plan d'eau mais la surface recouverte n'était que minime (0,012 % du plan d'eau recouvert). Le degré d'impact varie donc en fonction de la surface de recouvrement, de la température de l'air et dépend par conséquent des saisons (Costa S.G., 2017 ; Exley G. et al., 2022, Nobre et al., 2025).

Selon les dernières études, Nobre et al. (2025), la diminution de la température de l'eau serait de l'ordre de 1,2°C en moyenne annuelle et pouvant atteindre jusqu'à 2,3°C au printemps pour des plans d'eau présentant une couverture comprise entre 40 et 55,5% de la surface du plan d'eau.

Concernant le plan d'eau de Benquet, ces modifications thermiques potentielles sont jugées faibles (potentiellement autour de 1°C en moyenne annuelle), en regard du pourcentage de recouvrement envisagé (29%). Néanmoins, les retours d'expériences en la matière étant peu documentés actuellement, il est très difficile de préciser l'intensité des effets du projet sur la température de l'eau.

4.3.2.3. Diminution de l'oxygène dissous

La modification des échanges à l'interface air-eau (surface des panneaux, effets du vent) pourrait être responsable d'une diminution de la quantité d'oxygène dissous mais la température abaissée de l'eau augmenterait la solubilité de l'oxygène dans l'eau (Marx G. LPO, 2022).

Même si ce phénomène est mal connu, il est mentionné dans plusieurs articles et devrait faire l'objet d'études plus poussées. Le risque serait de voir apparaitre à terme des conditions anaérobies plus fortes (voire une anoxie sur de petits plans d'eau très recouverts). Les organismes benthiques et planctoniques et les communautés de poissons pourraient alors être impactés par ce manque d'oxygène dissous (Costa S.G., 2017).

Comme pour la température de l'eau, cela est fonction de la surface de recouvrement par les panneaux solaires. De grandes étendues d'eau dont seul un petit espace est occupé par un parc flottant ne seront pas impactées de la même manière que de petits plans d'eau fortement recouverts (Bax V. et al., 2023).

Concernant le plan d'eau de Benquet, comme pour les paramètres précédents, les éventuelles incidences du projet sur l'oxygénation des eaux ne peuvent être évaluées faute de données documentées dans le contexte climatique et ce d'autant moins que ce paramètre est également conditionné par la végétation aquatique (macrophyte et phytoplancton), elle-même potentiellement

affectée par le projet. A ce titre, les incidences des PPVF sur les conditions d'oxygénation seraient à considérer et évaluer dans les différentes couches de la lame d'eau (surface/fond) et pour des pas de temps variés (jour/saison). En l'état - et tenant compte du ratio de couverture du projet - les effets du projet sur l'oxygénation des eaux sont jugés faibles, au sens où les éventuelles modifications sont estimées de l'ordre des fluctuations déjà observées au fil des saisons. Par ailleurs, la couverture des zones de pleine eau, n'engendrera pas de modifications d'herbiers (disparition, remplacement), ces derniers étant totalement absent des secteurs de pleine eau recouverts.

4.3.2.4. Pollution de l'eau

Lors de la phase d'installation, des pollutions accidentelles liées aux fuites d'hydrocarbures ou déversements d'autres produits par les engins de chantier peuvent survenir (Pouran H.M. & *al*., 2022), notamment en phase travaux. Ces impacts peuvent aussi intervenir en phase exploitation avec l'entretien : l'utilisation ou la libération accidentelle d'huile et/ou de lubrifiants des bateaux utilisés. Les détergents utilisés pour nettoyer les panneaux peuvent aussi affecter la qualité de l'eau.

L'altération de cette qualité de l'eau peut aussi survenir lors de l'ancrage des modules flottants, en augmentant la turbidité de l'eau. Suivant la qualité des sédiments concernés, certains éléments toxiques peuvent être relargués (ex : métaux, PCB, etc.) et sont susceptibles d'altérer la qualité des eaux. Ce dérangement lié à l'installation peut aussi impacter les communautés benthiques et planctoniques (Pimentel Da Silva G.D., & al., 2018 ; Soubelet H., 2021 ; Gorjan S., & *al*., 2021).

En milieu aquatique, comme en milieu terrestre, le nettoyage des panneaux solaires est nécessaire. Les principales causes de salissures peuvent être la prolifération de microorganismes encroûtant (Soubelet H., 2021) et les déjections d'oiseaux directement sur les panneaux solaires. L'utilisation de produits chimiques peut alors devenir un impact néfaste pour l'écosystème aquatique, notamment les organismes biologiques. Les bateaux venant entretenir les structures peuvent aussi polluer l'eau par les déjections de carburants, de manière plus ou moins importante selon la fréquence des entretiens (Pimentel Da Silva G.D., & *al*., 2018).

Des pollutions peuvent également survenir en lien avec les composants des flotteurs (contact des flotteurs avec l'eau). Selon leur composition, ces flotteurs sont susceptibles de relarguer des produits chimiques et des microplastiques dans l'eau (Pouran H.M & *al.*, 2022). Notons toutefois que les flotteurs proposés par Laketricity sont certifiés et compatibles avec des réservoirs d'eau potable.

Concernant le plan d'eau de Benquet, les effets peuvent ici se résumer à :

- **Un risque de pollution par les engins et installations du chantier (hydrocarbures, fluides mécaniques, eaux vannes/base vie...) ;**
- **Un transfert d'EEE et risques de « salissures » biologiques dans le plan d'eau et en dehors en phase chantier (personnel/engins) et phases d'entretien (bateaux) ;**
- **Une hausse de la turbidité liée à l'ancrage des modules : effets néfastes dans le contexte notamment pour les peuplements pisciaires, mais limités dans le temps et aisément réductibles.**

A noter **qu'en général et en phase exploitation, aucune visite d'entretien spécifique des panneaux n'est prévue**, l'inclinaison des panneaux photovoltaïques permettant un nettoyage naturel des panneaux par les eaux de pluies.

Par ailleurs, dans le cas exceptionnel d'une dégradation due à un événement climatique ou à des salissures importantes par les oiseaux, **un nettoyage pourra être réalisé, sans aucun détergent ni produit chimique**.

Tableau 15 : Impacts bruts du projet sur la qualité des eaux

Compartiment concerné	Enjeu	Nature de l'impact	Type et durée de l'impact	Phase concernée	Evaluation de l'impact brut
Physico-chimie de l'eau	**Faible**	Diminution de l'évaporation	Direct / permanent	Exploitation	Très faible
		Variation de la température de l'eau	Direct / permanent	Exploitation	Faible
		Diminution de l'oxygène dissous par diminution de l'interface air/eau (↘ effets du vent)	Indirect / permanent	Exploitation	Très faible
		Pollution de l'eau liée aux engins de travaux et d'entretien	Direct / temporaire	Chantier, exploitation	Très faible
		Pollution de l'eau liée à l'ancrage des modules (↗ turbidité, remous sédiments)	Direct / temporaire	Chantier	Modéré
		Pollution de l'eau liée aux matériaux des flotteurs (microplastiques)	Indirect / permanent	Exploitation	Faible

4.3.3. Impacts bruts sur la flore aquatique

4.3.3.1. Réduction de la photosynthèse

L'ombre générée par les panneaux solaires peut entrainer une réduction de la photosynthèse et donc une réduction potentielle de la croissance des algues et de la végétation.

Une réduction de la pénétration de la lumière dans l'eau entraine des conséquences directes sur les organismes photosynthétiques telles que les algues flottantes, le phytoplancton ou les algues fixées sur le fond (Dionisio Pires M. & Loos S., 2020). Tous ces organismes verront leur croissance réduite ou inhibée. Pourtant il s'agit d'une source de nourriture, d'oxygène et d'abri pour différentes communautés biologiques (crustacés, poissons, etc…). Si les panneaux sont placés trop proches des berges, les plantes aquatiques recevront également moins de lumière, ce qui fera stagner leur développement. Cela réduira les habitats de frais et les habitats pour les poissons juvéniles. L'inhibition des processus photosynthétiques, qui impacte la production primaire, impacte donc également l'ensemble de la chaine trophique et de l'écosystème aquatique (Essak L. & Ghosh A., 2022 ; Costa S.G., 2017 ; Pimentel Da Silva G.D., & *al*., 2018 ; Yang P., & *al*., 2022 ; Francisco P., 1999).

Comme pour la température, l'impact est fonction de la surface de recouvrement. **Pour des couvertures inférieures à 40%, peu d'effets sur la croissance des microalgues sont constatés**. Pour des recouvrements

allant de 40 à 60%, la prolifération algale est généralement réduite. En revanche, pour un recouvrement plus important elle peut être complétement éradiquée, entrainant avec elle la très forte diminution de production primaire (Haas J., & *al*., 2020).

Dans le cas particulier d'un milieu trop eutrophe, la réduction de la photosynthèse peut être perçue comme bénéfique. En effet, **l'ombre générée empêche la prolifération de microalgues, souvent responsables d'un appauvrissement du milieu en oxygène et d'une toxicité pour les communautés biologiques supérieures** (Pimentel Da Silva G.D., & *al*., 2018 ; Yang P., & *al*., 2022). Ce point est probablement plus important pour les petits plans d'eau.

L'impact peut aussi porter sur le changement de la composition d'espèces de phytoplancton. Certaines espèces sont mieux adaptées que d'autres aux faibles quantités de lumière et leur croissance serait favorisée au détriment de celles nécessitant une intensité lumineuse plus forte (Exley G.S., 2022). De plus, chaque groupe fonctionnel réagi d'une manière différente aux variations de températures (Exley G. & *al*., 2022). L'impact associé est cependant mal connu, hormis celui du développement éventuel d'espèces exotiques, absentes ou peu présentes avant la modification des conditions du milieu.

Ces impacts jouent sur la flore et la faune aquatique et sur des fonctionnalités comme les chaines alimentaires mais demeurent complexes et très mal connus. A titre d'exemple, il est acté que les végétaux microscopiques (phytoplancton) et supérieurs (macrophytes *sensu lato*) sont en constante compétition au sein des plans d'eau.

Concernant le projet de Benquet, les données d'inventaires témoignent en 2024 d'un niveau trophique élevé, associé à des cortèges phytoplanctoniques relativement variés et des cortèges macrophytiques peu diversifiés bien que bien développés le long des rives nord et est. De plus, exception faite de l'hibiscus des marais sur la digue (non impactée par le projet), aucune espèce de macrophytes à enjeu n'a été recensée dans le plan d'eau et l'espèce majoritaire est une espèce invasive (la jussie). Enfin, compte tenu du faible linéaire d'herbiers impacté à l'échelle du plan d'eau, l'impact brut sur les macrophytes est considéré comme faible. Il est jugé très faible pour le phytoplancton compte tenu de la faible surface de recouvrement.

Comme indiqué précédemment, l'éventuelle propagation de la Jussie par fractionnement des pieds lors de la phase travaux est toutefois un point d'attention important dans le cadre de ce projet. L'impact brut est ainsi réhaussé à modéré.

Tableau 16 : Impacts bruts du projet sur la flore aquatique

Compartiment concerné	Enjeu	Nature de l'impact	Type et durée de l'impact	Phase concernée	Evaluation de l'impact brut
Macrophytes	Très fort	Diminution de la ressource en énergie lumineuse et possible changement des cortèges présents	Direct et indirect / permanent	Exploitation	Modéré
		Possible altération d'une partie des macrophytes situées sur la zone de lancement (nord-ouest) Possible propagation d'une espèce exotique envahissante sur le plan d'eau voire d'autres sites	Direct / Temporaire et permanent	Chantier	
Phytoplancton	Très faible	Diminution de la ressource en énergie lumineuse et possible changement des cortèges présents	Direct et indirect / permanent	Exploitation	Très faible

4.3.4. Impacts bruts sur la faune aquatique

4.3.4.1. Impact sur la faune des macroinvertébrés

L'effet de la lumière polarisée par polarisation des panneaux sur les insectes aquatiques reste difficile à évaluer. Certains insectes ont néanmoins été observés en train de pondre des œufs à la surface des panneaux, ce qui entraîne une mortalité et une défaillance de la reproduction (Horváth & *al*., 2010 ; Blahó & *al*., 2012). Pour autant, les pontes d'insectes en milieux stagnants (comme l'essentiel des fonctionnalités biologiques) se font à proximité des rives (et des habitats associés). Des pontes peuvent se faire en pleine eau si les herbiers aquatiques émergent.

Concernant le plan d'eau de Benquet, les habitats aquatiques favorables aux pontes sont cantonnés pour l'essentiel sur le pourtour du plan d'eau, dont un faible linéaire sera affecté par le projet (principalement zone de mise à l'eau). A ce titre, les incidences induites sur ce point sont jugées très faibles.

4.3.4.2. Impacts sur la faune pisciaire

La faune pisciaire constitue le chainon supérieur du réseau trophique du plan d'eau et intègre à ce titre les incidences qui pourraient affecter les niveaux inférieurs (habitat, faune et flore).

Les incidences du projet sur la faune pisciaire sont jugées modérées, en particulier du fait du recouvrement des panneaux jugé « faible » (29% de la surface du plan d'eau) et du maintien de la zone de déport (minimum 30 m). Ces mesures d'évitement en phase « conception » permettent de préserver l'essentiel des potentialités pisciaires existantes (nutrition, abri et frai).

Les incidences en phase travaux concernent uniquement la zone nord. Cette zone pourrait être fréquentée par les poissons avec des potentialités de frais non négligeables (présence d'herbiers attractifs). Le secteur impacté est toutefois localisé et représente un faible linéaire à l'échelle du plan d'eau (représentant 70 m linéaire soit 3% du linéaire colonisé par les macrophytes). Le reste du plan d'eau et des habitats favorables à la reproduction, au repos et au nourrissage sont conservés et non impactés (notamment en queue de plan d'eau). A ce titre, l'incidence des travaux sur la faune pisciaire est jugée comme **faible**.

Les éventuelles incidences négatives induites par le projet sur les espèces présentes pourraient concerner :

- Une remise en suspension des matières déposées au fond du plan d'eau pouvant possiblement obstruer les branchies des poissons et notamment des alevins,
- Une modification de la structure du peuplement, susceptible de faire évoluer le rapport prédateur/proie actuellement relativement équilibré,
- La disparition ou diminution potentielle de certaines ressources trophiques, diminuant ainsi l'alimentation des poissons. Néanmoins, les surfaces restantes en eau apparaissent suffisamment importantes pour ne pas entraîner de modifications notables de la chaine trophique. La production primaire et les peuplements zooplanctoniques et macroinvertébrés ne devraient pas subir de grand changement quantitatif et devraient ainsi pourvoir subvenir aux besoins alimentaires de l'ichtyofaune.

Il faut également noter que l'installation du parc flottant pourrait avoir un effet positif sur le peuplement pisciaire du plan d'eau : la couverture permet d'abriter les poissons et ainsi de limiter la prédation notamment celle des oiseaux piscivores. Les panneaux assurent également un abri ombragé supplémentaire.

Concernant le plan d'eau de Benquet, les effets du projet sur le compartiment poissons sont donc faibles à modérés concernant les espèces et les zones de fraie.

Tableau 17 : Impacts bruts du projet sur la faune aquatique

Compartiment concerné	Enjeu	Nature de l'impact	Type et durée de l'impact	Phase concernée	Evaluation de l'impact brut
Macroinvertébrés	Modéré	Polarisation de la surface des panneaux et dérive des pontes	Indirect / permanent	Exploitation	Très faible
Poissons - espèces	Modéré	Modification de l'habitat et de la structure du peuplement	Indirect / Permanent	Exploitation	Faible
		Remise en suspension des matières déposées au fond lors de l'ancrage des flotteurs et possible obstruction des branchies	Direct / Temporaire	Chantier	Modéré
Poissons - frayères	Modéré	Destruction localisée des zones de reproduction en berge (très faible linéaire concerné)	Direct et indirect / Permanent	Chantier, exploitation	Faible

4.3.4.3. Cas des champs électromagnétiques

Le câblage de raccordement des modules flottants et onduleurs aux postes de conversion sera potentiellement enterré. La création de champs électromagnétiques pourrait impacter le comportement des poissons et l'orientation de plusieurs autres organismes biologiques (Costa S.G., 2017 ; Marx G. LPO, 2022).

Concernant le plan d'eau de Benquet, en l'absence de données scientifiques sur ce point, ces incidences éventuelles sont jugées très faibles.

4.3.5. Synthèse des impacts bruts avant mesures

Tableau 18 : Synthèse des impacts bruts du projet

Habitats / Espèces	Type d'impact	Impact bruts avant mesures
Habitats aquatiques et rivulaires		
Plan d'eau (eaux libres)	Direct et indirect, permanent : occupation d'une partie de l'habitat en phase exploitation	Faible
Macrophytes et habitats rivulaires	Direct, temporaire et permanent : possible altération d'une partie de l'habitat en phase chantier, risque de propagation d'une EEE, faible linéaire impacté	Modéré
Qualité de l'eau		
Physico-chimie de l'eau	Direct, permanent : diminution de l'évaporation en phase exploitation	Très faible
	Direct, permanent : variation de la température de l'eau	Faible
	Indirect, permanent : diminution de l'oxygène dissous	Très faible
	Direct, temporaire : risque de pollution de l'eau liée aux engins de travaux et entretien	Très faible
	Direct, temporaire : risque de modification physico-chimiques suite à l'ancrage des modules (remise en suspension sédiments) en phase travaux	Modéré
	Indirect, permanent : pollution de l'eau liée aux matériaux des flotteurs en phase exploitation	Faible

Habitats / Espèces	Type d'impact	Impact bruts avant mesures
Flore aquatique		
Macrophytes	Direct et indirect, permanent : diminution de la ressource en énergie lumineuse et possible changement des cortèges présents Direct, temporaire et permanent : possible altération d'une partie des macrophytes sur la zone de lancement (nord-ouest du lac), risque de propagation d'une EEE, faible linéaire concerné	Modéré
Phytoplancton	Direct et indirect, permanent : diminution de la ressource en énergie lumineuse et possible changement des cortèges présents	Très faible
Faune aquatique		
Macroinvertébrés	Indirect, permanent : polarisation de la surface des panneaux et dérive des pontes en phase exploitation	Très faible
Poissons	Indirect, permanent : Altération /modification de l'habitat et de la structure du peuplement en phase d'exploitation.	Faible
	Direct, temporaire : Remise en suspension des matières déposées lors de l'ancrage des flotteurs et possible obstruction des branchies	Modéré
	Direct et indirect, permanent : Destruction localisée de zones de frayères	Faible

Les impacts hydroécologiques sont de façon générale très faibles à modérés pour tous les compartiments étudiés. Ces résultats sont en cohérence avec

- Les choix d'implantation de moindres incidences (évitement de la queue de retenue et de la zone sud, pas d'ancrages en berge, lancement sur la zone nord-ouest proche des pistes existantes, …) et de la réduction de l'emprise du parc permet de limiter l'impact sur les compartiments suivants :
    - Habitat (préservation des berges et des habitats rivulaires notamment sur la rive sud et en queue de retenue),
    - Physico-chimie de l'eau,
    - Macrophytes par un faible linéaire impacté à l'échelle du plan d'eau et la préservation de l'espèce protégée observée sur la digue,

- Phytoplancton,
- Macroinvertébrés,
- Poissons.

- Une emprise modérée des panneaux (29%) et un déport assurant le maintien/développement de la végétation rivulaire,
- Des enjeux hydroécologiques limités du fait par exemple de l'absence d'espèces végétales aquatiques remarquables (exception faire de l'hibiscus des marais, hors zone d'impact).

Notons toutefois que les impacts bruts les plus élevés (impact brut modéré) concernent la propagation de la Jussie (EEE) par fractionnement des pieds lors de la phase travaux. Des impacts modérés concernent également la physicochimie de l'eau et les poissons notamment lors de la phase d'ancrage ; avec la remise en suspension de matières déposées.

4.4. Mesures d'évitement, réduction et compensation des impacts écologiques

4.4.1. Proposition de mesures d'évitement (ME)

4.4.1.1. Mesures d'évitement en phase conception (MEC)

Référence Théma : E1.1b	**MEC1 : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux**
Localisation	Ensemble du projet
Période de réalisation	En phase de conception du projet
Eléments en bénéficiant	Biodiversité au sens large
Coût estimatif	**Pas de surcoût**. Modification de l'emprise du projet en amont de la réalisation
Modalités techniques	
Le choix de la zone d'implantation a constitué une première mesure d'évitement en écartant de nombreux sites présentant des enjeux potentiellement élevés (espaces protégés, PPRI, compatibilité avec les documents d'urbanisme, etc.) Une fois le site choisi, le projet a fait l'objet de deux évolutions pour aboutir à une variante présentant des impacts réduits sur l'environnement : **réduction de la surface couverte de plus de 10% et déport avec éloignement des berges.**	
Modalités de suivi	
Cette mesure ne nécessite pas de suivi particulier.	

4.4.1.2. Mesures d'évitement en phase travaux (MET)

Référence Théma : E2.1b	MET1 : Organisation du chantier en regard des sensibilités écologiques
Localisation	Zone de chantier
Période de réalisation	En phase travaux
Eléments en bénéficiant	Biodiversité au sens large
Coût estimatif	Entre 2500 et 3000 € HT

Modalités techniques

En préalable au démarrage des travaux, une organisation du chantier sera réalisée en relation avec un écologue.

Cette organisation visera notamment à définir :

L'emprise chantier et des voies d'accès au chantier : l'emprise du chantier et la circulation des engins sera limitée au strict nécessaire.

L'implantation de la zone d'installation de chantier : une zone de stockage des matériaux et engins est définie et matérialisée par une signalisation visible et de limiter les emprises aux alentours.

A noter la nécessité d'une mise en défens du pied d'Hibiscus des marais (**espèce vulnérable mentionnée sur la liste rouge des espèces vasculaires de Nouvelle-Aquitaine)** afin d'éviter tout risque d'arrachage et/ou de piétinement.

Modalités de suivi

Le personnel devra être informé et des panneaux d'information devront être mis en place au niveau des chemins et de l'installation de chantier.

Détail des coûts de la mesure

	Coût unitaire	Sous-total
Forfait : balisage et mise en défens par un écologue	Entre 2500 et 3000 € HT	Entre 2500 et 3000 € HT
	Total	Entre 2500 et 3000 € HT

4.4.1.3. Mesures d'évitement en phase de fonctionnement (MEF)

Aucune mesure d'évitement en phase de fonctionnement n'est prévue.

4.4.1.4. Mesures de réduction en phase travaux (MRT)

Référence Théma : R3.2a	MRT1 : Adaptation des périodes de travaux sur l'année pour prise en compte des périodes sensibles pour la biodiversité
Localisation	Ensemble des travaux
Période de réalisation	En phase de préparation du chantier et phase travaux
Eléments en bénéficiant	Ensemble de la biodiversité
Coût estimatif	**Pas de surcoût**. Planning intégré dans le cadre de l'opération.

Modalités techniques

Un des principaux impacts attendus est le dérangement d'individus et le risque de mortalité lors du dégagement des emprises (déboisements, coupes, débroussaillages).

Afin d'éviter la destruction d'individus et le dérangement de la faune en période de reproduction et d'hibernation, les travaux de dégagement des emprises seront réalisés, suivant les milieux concernés, **dans les périodes optimales définies dans le tableau ci-après.** En fonction des milieux et des groupes faunistiques concernés et des opérations envisagées, cette plage d'intervention peut être étendue (à définir par un écologue).

Il n'y aura **pas de travaux nocturnes**, ce qui limite les dérangements (bruit, lumières, etc.) lors des périodes d'activité des mammifères nocturnes ou assimilés (Grande faune, chiroptères, carnivores…).

Pour la flore et la problématique des espèces exotiques envahissantes, il est recommandé d'éviter les travaux en période de floraison pour limiter la dissémination de graines et/ou dans le cas présent par bouturage (Jussie).

Groupe / Espèce	Période sensible à éviter / Période moins sensible à privilégier/ Période sensible sous conditions											
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Macroinvertébrés				Reproduction								
Poissons	Hib.	Reproduction (brochet/Percidés/cyprinidés)										Hib.
Macrophytes (Jussie)				Floraison								

D'une manière générale, les **travaux de dégagements des emprises** du projet (cheminements, débroussaillage, décapage de la terre végétale) seront à réaliser préférentiellement **entre fin-aout et fin-novembre.** Une fois ces opérations critiques réalisées le chantier lié à l'assemblage et mise à l'eau des modules n'occasionnera pas de perturbations majeures sur la faune et la flore

Modalités de suivi

Il s'agit de vérifier l'inscription des prescriptions d'intervention dans le cahier des charges des entreprises travaux.

Référence Théma : R1.1a	MRT2 : Balisage strict des emprises chantier
Localisation	Ensemble des travaux
Période de réalisation	En phase de préparation du chantier et phase travaux
Eléments en bénéficiant	Ensemble de la biodiversité
Coût estimatif	Entre 980 et 1100 € HT

Modalités techniques

Les emprises chantiers correspondent aux périmètres d'implantation des pistes d'accès, aux zones d'implantation de la clôture, du poste de livraison, des postes de conversion et de la plateforme de lancement.

D'une manière générale, la **mesure consiste à limiter à la stricte surface nécessaire les zones d'intervention en phase travaux (implantation et démantèlement)** en particulier sur les habitats et habitats d'espèces remarquables. Plus précisément, tout dépôt, circulation, stationnement ou autre intervention risquant d'être impactante pour le milieu naturel sera interdit hors des limites de la **zone d'emprise travaux préalablement définie et balisée en concertation avec l'écologue référent**, afin de réduire les impacts sur les secteurs sensibles présents aux abords et, d'une manière plus générale, sur les milieux naturels.

Le balisage réalisé à l'aide de dispositifs visuels de type rubalise ou filet de chantier permettra de préserver les milieux adjacents de toute destruction ou dégradation accidentelle.

Ce balisage est également recommandé dans le cadre de la problématique locale des espèces exotiques envahissantes (Jussie) ; en limitant la circulation des engins et le risque de bouturage des herbiers présents dans l'emprise du chantier.

Modalités de suivi

Il s'agit de vérifier les périmètres à baliser dans le cahier technique des entreprises.

Détail des coûts de la mesure (achat matériel)

	Coût unitaire	Sous-total
Rubalise chantier	Entre 80 et 100 € HT	Entre 80 et 100 € HT
Panneau de chantier (fourniture, pose et dépose)	Entre 900 et 1000 € HT	Entre 900 et 1000 € HT
	Total	Entre 980 et 1100 € HT

Référence Théma : R2.1f	MRT3 : Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes (actions préventives et curatives)
Localisation	Ensemble du site
Période de réalisation	En phase de préparation du chantier et phase travaux
Eléments en bénéficiant	Milieux naturel et espèces indigènes
Coût estimatif	**A évaluer selon la présence et le type d'EEE**

Modalités techniques

Les terrains remaniés sont en général propices à l'installation et au développement d'espèces exotiques envahissantes (EEE). En plus des impacts sur les milieux naturels, les EEE peuvent à terme modifier les paysages et dans certains cas générer des risques pour la santé humaine (ex : ambroisie, spartine, caulerpe, poisson-lion).

Pour rappel, **une espèce envahissante a été identifiée dans le plan d'eau et couvre majoritairement le plan d'eau : la jussie.** Il s'agit donc d'actions à mettre en œuvre afin d'éviter toute contamination supplémentaire du site concerné par le projet et des sites extérieurs.

Afin d'éviter l'apport de nouvelles espèces sur le chantier, il sera important de veiller à ce que les engins ne proviennent pas de secteurs envahis par des espèces envahissantes et si besoin, laver soigneusement les engins avant leur arrivée sur le chantier. En effet, si des engins sont recouverts de quelques propagules, certaines espèces pourraient alors coloniser le chantier.

Il s'agit de mettre en œuvre un ensemble **d'actions préventives**. Ainsi une attention particulière sera apportée à :

- La provenance des engins (s'ils ne viennent pas d'un secteur infesté) ;
- Leur nettoyage avant leur arrivée sur le site des travaux, ce nettoyage doit se faire en zone hors d'eau avec récupération des résidus en bac étanche. En cas de contact avec des espèces invasives, les engins et le matériel doivent être nettoyés ;
- L'absence de déplacement de ces derniers de « travaux en travaux » ou à défaut, le nettoyage systématique en entrée et sortie de site sur les aires prévues à cet effet ;
- La vérification de l'origine des matériaux utilisés (en cas d'import de matériaux extérieurs),
- Une veille sur le développement possible de foyers d'installation,
- Une gestion adaptée des déblais (respect des horizons du sol, protection de la « banque de graine » contre les apports éoliens) ;
- La sensibilisation et formation du personnel de chantier à la reconnaissance des espèces envahissantes présentes sur site.

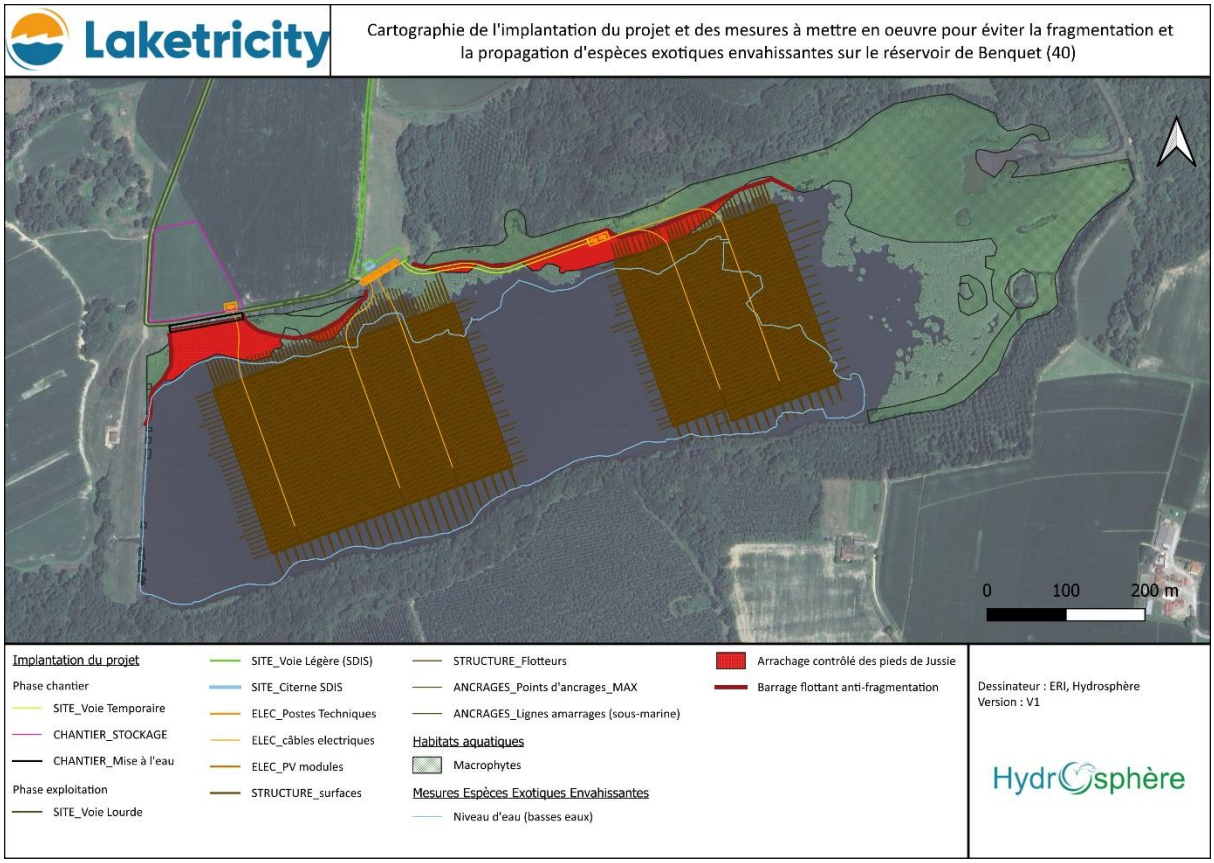
Dans le contexte spécifique du plan d'eau de Benquet, il est recommandé de mettre en place un balisage des foyers de présence situés dans l'emprise des travaux afin de délimiter les secteurs sensibles. De même, **des dispositifs physiques anti-fragmentation devraient être envisagés** : barrages flottants anti-végétaux ou filets de confinement afin de limiter la propagation de tout fragment détaché.

Sur les zones de travaux, un arrachage contrôlé (manuel ou mécanique lent) des bords de l'herbier vers le centre pourra être localement proposé pour limiter la fragmentation sur les zones concernées lors de passages fréquents. Les herbiers seront déposés dans des bacs étanches. Tout fragment végétal doit être récupéré pour éviter toute dissémination.

Plus précisément ici, la zone de mise à l'eau ainsi que le chemin temporaire d'accès destiné à l'implantation du poste de transformation sur pilotis constituent les secteurs les plus fréquentés de la phase de travaux. L'objectif consiste ainsi à dégager en priorité les axes de circulation et les zones à fort passage afin de limiter les risques de dissémination de la jussie par fragmentation en ayant recours à un arrachage contrôlé.

Les secteurs adjacents doivent également être confinés par la mise en place de filets anti-fragmentation permettant de contenir d'éventuels fragments végétaux et d'éviter toute recolonisation des zones traitées pendant la durée du chantier.

La mise en œuvre de cette mesure implique un arrachage contrôlé des herbiers sur une surface estimée à environ 14 000 m², ainsi que l'installation de barrages flottants sur un linéaire d'environ 820 mètres. La cartographie présentée ci-après localise précisément les secteurs concernés par ces interventions.



Compte tenu de la densité importante des herbiers et de l'étendue de la surface à traiter, un arrachage manuel exclusif nécessiterait des moyens humains et des délais particulièrement conséquents. Il est donc préconisé de recourir à un arrachage mécanique lent et contrôlé, réalisé en période de basses eaux lorsque les herbiers sont exondés. L'intervention serait menée depuis les berges à l'aide d'une mini-pelle.

Le chantier progresserait idéalement par bandes successives, depuis les berges vers le centre du plan d'eau, afin de travailler systématiquement des zones propres vers les zones colonisées et ainsi réduire les risques de dispersion. Des opérateurs au sol viendraient compléter le dispositif pour accompagner l'extraction et assurer la récupération immédiate des fragments résiduels.

Si ces actions préventives s'avéraient insuffisantes, des **actions curatives** devront être engagées. Le protocole curatif sera à définir précisément au regard des espèces concernés (arrachage manuel ponctuel, éradication manuelle, traitement particulier de terres contaminées et/ou des végétaux concernés, etc.).

Modalités de suivi

Il s'agit de vérifier le respect des prescriptions (dispositifs présents et conformes), l'absence d'apparition de nouvelles EEE sur la centrale et l'absence de propagation des espèces présentes.

Référence Théma : R2.1r	MRT4 : Remise en état du site après travaux
Localisation	Ensemble du site
Période de réalisation	À l'issue des travaux d'installation du parc
Eléments en bénéficiant	Ensemble de la biodiversité
Coût estimatif	**Pas de surcoût.** Intégré dans les modalités du projet.
Modalités techniques	
Il s'agit, après travaux, de remettre le site en l'état initial hors projet : ramassage des déchets, remise en état des pistes d'accès, des berges au niveau de la zone de lancement, etc.	
Modalités de suivi	
Il s'agit d'effectuer une validation visuelle en fin de chantier.	

4.4.1.5. Mesures de réduction en phase de fonctionnement (MRF)

Référence Théma : R2.2r	MRF1 : Réduction des impacts sur la biodiversité aquatique lors de l'entretien du parc
Localisation	Parc flottant
Période de réalisation	En phase d'exploitation
Eléments en bénéficiant	Biodiversité aquatique
Coût estimatif	**Pas de surcoût.** Intégré dans les modalités du projet.
Modalités techniques	
En phase d'exploitation, l'entretien de l'installation est minimal. L'inclinaison des panneaux permet un nettoyage naturel de ces derniers par les eaux de pluies et réduit ainsi les interventions sur le site. Dans le cas exceptionnel d'une dégradation due à un évènement climatique ou à des salissures trop importantes (déjections d'oiseaux), le porteur de projet prévoit un nettoyage des panneaux solaires. Cette opération exceptionnelle s'effectue sans aucun détergent ni produit chimique.	
Modalités de suivi	
Cette mesure ne nécessite pas de suivi particulier.	

4.4.1.6. Mesures de réduction en phase de démantèlement (MRD)

Le démantèlement des installations en fin de vie du parc est prévu dès la phase de développement du projet. Dans le cadre du présent projet, la durée de vie prévisionnelle est de 40 ans.

Référence Théma : R2.1t	**MRD1 : Audit écologique préalable au démantèlement afin d'actualiser les sensibilités écologiques**
Localisation	Ensemble du site
Période de réalisation	En fin de phase d'exploitation
Eléments en bénéficiant	Biodiversité au sens large
Coût estimatif	Entre 6550 et 7650 € HT milieu aquatique seul (une campagne pré-diagnostic)

Modalités techniques

Préalablement aux travaux de démantèlement, un audit écologique du site sera réalisé afin d'identifier et localiser les éventuels habitats et espèces d'intérêt. Cet audit sera mené l'année précédant la survenue du démantèlement et portera sur la faune (poissons : description des habitats favorables et analyse du peuplement) et la flore (macrophytes).

L'audit sera composé d'un passage floristique (été) et d'un passage faunistique (printemps).

Ces prospections viseront la recherche des espèces patrimoniales (rares et/ou menacées et/ou protégées).

Des précautions particulières devront être prises afin de limiter les impacts sur les enjeux écologiques identifiés. De manière générale, les travaux devront être réalisés en dehors des périodes de sensibilité de la faune et concentrés sur la période allant d'août à novembre pour le dégagement des emprises. Cette période est considérée de moindre impact pour la majorité des espèces en capacité de fuite. Une fois le dégagement des emprises réalisé, les travaux peuvent se dérouler durant l'hiver.

Modalités de suivi

Il s'agit de disposer d'une lettre de mission de la structure sélectionnée pour mener l'audit et du rapport d'expertise de l'audit écologique.

Détail des coûts de la mesure

	Coût unitaire	Sous-total
Description des habitats (2 écologues, ½ journée + frais mission + rapport)	Entre 1950 et 2050 € HT	Entre 1950 et 2050 € HT
Réalisation d'une pêche électrique rivulaire (3 écologues, ½ journée) et compte-rendu	Entre 1100 et 1600 € HT	Entre 1100 et 1600 € HT
Détermination et cartographie des macrophytes et rapport	Entre 3500 et 4000 € HT	Entre 3500 et 4000 € HT
	Total	Entre 6550 et 7650 € HT

Référence Théma : R2.1t	MRD2 : Réalisation des travaux de démantèlement du parc dans le respect des mesures d'évitement et de réduction de la phase chantier
Localisation	Ensemble du site
Période de réalisation	En phase de démantèlement
Eléments en bénéficiant	Biodiversité au sens large
Coût estimatif	**A évaluer selon la mise à jour des enjeux et l'évolution du site.**
Modalités techniques	
L'ensemble des mesures de réduction mises en place lors de la phase travaux de réalisation de la centrale sera mis en place pour la réalisation des travaux de démantèlement tout en les adaptant aux enjeux constatés du moment. Les enjeux écologiques à prendre en compte lors de l'application de ces mesures seront ceux qui auront été identifiés à l'issue de l'audit écologique préalable.	
Modalités de suivi	
Il s'agit de s'assurer du respect des mesures de réduction en phase chantier suivant les modalités d'effectivité précisées dans le chapitre 0	

4.4.2. Bilan des mesures d'évitement et de réduction

Finalement, il est proposé :

1 mesure d'évitement « amont » ;

1 mesure d'évitement en phase travaux ;

7 mesures de réduction dont :

- 4 mesures en phase travaux ;
- 1 mesure en phase de fonctionnement ;
- 2 mesures en phase de démantèlement.

Même si les impacts bruts sont limités, l'ensemble de ces mesures permet de réduire encore davantage les impacts du projet liés au risque de destruction d'individus et d'habitats en phase travaux, ainsi que le risque de dérangement en phase travaux, en fonctionnement et lors du démantèlement.

4.4.3. Impacts résiduels après évitement et réduction

Compartiment	Type d'impact	Impact brut	Mesures préconisées	Impact résiduel		Effets potentiels positifs
Habitats aquatiques et rivulaires						
Plan d'eau – Habitat de plein eau	Direct et indirect, permanent : occupation d'une partie de l'habitat en phase exploitation	Faible	**MEC1** : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux **MRT4** : Remise en état du site après travaux	Très faible	Réduction du recouvrement (40% à moins de 30%). Pas d'habitat aquatique de type herbiers de pleine eau mais présence d'un peuplement important de poissons.	La couverture par les panneaux peut représenter des zones d'abris en pleine eau pour les poissons, diminuant ainsi la prédation avicole.
Macrophytes et habitats rivulaires	Direct, temporaire et permanent : destruction d'une partie de l'habitat en phase chantier , risque de propagation d'une EEE	Modéré	**MEC1** : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux **MET1** : Organisation du chantier en regard des sensibilités écologiques **MRT2** : Balisage strict des emprises chantier **MRT3** : Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes (actions préventives et curatives) **MRT4** : Remise en état du site après travaux **MRD1** : Audit écologique préalable au démantèlement afin d'actualiser les sensibilités écologiques **MRD2** : Réalisation des travaux de démantèlement du parc dans le respect des mesures d'évitement et de réduction de la phase chantier **MRT4** : Remise en état du site après travaux	Faible	Destruction d'une partie des herbiers de macrophytes sur la zone de mise à l'eau mais espèce exotique envahissante et impact très localisé à l'échelle du plan d'eau compte tenu de la présence de ces habitats sur des secteurs non impactés.	Suppression localisée d'une espèce exotique envahissante.
Qualité de l'eau						
Physico-chimie	Direct, permanent : diminution de l'évaporation en phase d'exploitation	Très faible	**MEC1** : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux	Très faible	Réduction du recouvrement (40% à moins de 30%) et proportion inférieure à 50%.	Potentielle réduction de l'évaporation pouvant être bénéfique avec les sécheresses attendues pour les années à venir.
	Direct, permanent : variation de la température de l'eau	Faible	**MEC1** : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux	Très faible	Réduction du recouvrement (40% à moins de 30%) et proportion inférieure à 50%.	Potentielle réduction de la température moyenne de l'eau (autour de 1°C) pouvant être bénéfique au vu de l'augmentation des températures attendue pour les années à venir.
	Indirect, permanent : diminution de l'oxygène dissous	Très faible	**MEC1** : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux	Très faible	Réduction du recouvrement (40% à moins de 30%) et proportion inférieure à 50%.	Augmentation de la capacité de saturation en oxygène de l'eau en lien avec la diminution possible de la température moyenne de l'eau.

Compartiment	Type d'impact	Impact brut	Mesures préconisées	Impact résiduel		Effets potentiels positifs
Physico-chimie	Direct, temporaire : risque de pollution de l'eau liée aux engins de travaux et entretien	Très faible	**MET1** : Organisation du chantier en regard des sensibilités écologiques **MRT2** : Balisage strict des emprises chantier **MRF1** : Réduction des impacts sur la biodiversité aquatique lors de l'entretien du parc **MRD1** : Audit écologique préalable au démantèlement afin d'actualiser les sensibilités écologiques **MRD2** : Réalisation des travaux de démantèlement du parc dans le respect des mesures d'évitement et de réduction de la phase chantier	Nul	Sous réserve du respect des mesures d'évitement et de réduction, aucun impact est attendu sur la qualité physico-chimique de l'eau en phase chantier	-
	Direct, temporaire : risque de modification physico-chimique suite à l'ancrage des modules (remise en suspension sédiments) en phase travaux	Modéré	**MET1** : Organisation du chantier en regard des sensibilités écologiques	Très faible	En l'état actuel des connaissances (type et nombre d'ancrages) il est impossible de proposer des mesures d'évitement ou de réduction excepté la présence minimale des ancrages (nombre). Néanmoins, après mise en place des ancrages il est attendu un retour à la "normale" par dépôt au fond des sédiments potentiellement remaniés en phase travaux. Les effets potentiels ne seront que temporaires.	-
	Indirect, permanent : potentielle pollution de l'eau liée aux matériaux des flotteurs en phase exploitation	Faible	**MRD1** : Audit écologique préalable au démantèlement afin d'actualiser les sensibilités écologiques **MRD2** : Réalisation des travaux de démantèlement du parc dans le respect des mesures d'évitement et de réduction de la phase chantier	Très faible	Les connaissances actuelles ne permettent pas de conclure sur une réelle pollution avérée de l'eau par les flotteurs.	-
Flore aquatique						
Macrophytes	Indirect, permanent : diminution de la ressource en énergie lumineuse et possible changement des cortèges présents Direct, temporaire et permanent : possible altération d'une partie des macrophytes sur la zone de lancement (nord-ouest du lac), risque de propagation d'une EEE	Modéré	**MEC1** : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux **MET1** : Organisation du chantier en regard des sensibilités écologiques **MRT1** : Adaptation des périodes de travaux sur l'année pour prise en compte des périodes sensibles pour la biodiversité **MRT3** : Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes (actions préventives et curatives) **MRT4** : Remise en état du site après travaux **MRF1** : Réduction des impacts sur la biodiversité aquatique lors de l'entretien du parc **MRD1** : Audit écologique préalable au démantèlement afin d'actualiser les sensibilités écologiques **MRD2** : Réalisation des travaux de démantèlement du parc dans le respect des mesures d'évitement et de réduction de la phase chantier	Faible	Les connaissances actuelles ne permettent pas de conclure sur l'éventuelle évolution des peuplements macrophytiques en lien avec la couverture par le parc flottant. Néanmoins, dans le cas présent, l'absence constaté d'herbiers de pleine eau diminue les effets éventuels d'une couverture par les panneaux à un niveau d'impact résiduel "faible" Par ailleurs la remise en état du site après travaux (MRT4) doit conduire à un retour aux caractéristiques habitationnelles initiales.	Suppression localisée d'une espèce exotique envahissante.

Compartiment	Type d'impact	Impact brut	Mesures préconisées	Impact résiduel		Effets potentiels positifs
Phytoplancton	Direct et indirect, permanent : diminution de la ressource en énergie lumineuse et possible changement des cortèges présents en phase exploitation	Très faible	**MEC1** : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux **MRD1** : Audit écologique préalable au démantèlement afin d'actualiser les sensibilités écologiques	Nulle	Réduction du recouvrement (40% à moins de 30%) et proportion qui demeure inférieure à 40% ; ayant théoriquement peu d'effet sur les peuplements phytoplanctoniques.	Les effets possibles de l'installation des panneaux photovoltaïques flottants sur les communautés phytoplanctoniques demeurent théoriques et pourraient s'avérer positifs en réduisant notamment les populations de cyanobactéries observées dance ce plan d'eau en période estivale.
Faune aquatique						
Macroinvertébrés	Direct, permanent : polarisation de la surface des panneaux et dérive des pontes en phase exploitation Direct, permanent : modification temporaire des habitats de bordure en phase de chantier (zone de lancement)	Très faible	**MEC1** : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux **MRT1** : Adaptation des périodes de travaux sur l'année pour prise en compte des périodes sensibles pour la biodiversité **MRT4** : Remise en état du site après travaux **MRF1** : Réduction des impacts sur la biodiversité aquatique lors de l'entretien du parc **MRD1** : Audit écologique préalable au démantèlement afin d'actualiser les sensibilités écologiques **MRD2** : Réalisation des travaux de démantèlement du parc dans le respect des mesures d'évitement et de réduction de la phase chantier	Très faible	Déport minimum de 30 m des berges permettant une protection des zones naturelles de ponte. Par ailleurs la remise en état du site après travaux (MRT4) doit conduire à un retour aux caractéristiques habitationnelles initiales.	-
Poissons	Indirect, permanent : Altération /modification de l'habitat et éventuellement de la structure du peuplement en phase d'exploitation.	Faible	**MEC1** : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux **MET1** : Organisation du chantier en regard des sensibilités écologiques **MRT1** : Adaptation des périodes de travaux sur l'année pour prise en compte des périodes sensibles pour la biodiversité **MRF1** : Réduction des impacts sur la biodiversité aquatique lors de l'entretien du parc **MRD1** : Audit écologique préalable au démantèlement afin d'actualiser les sensibilités écologiques **MRD2** : Réalisation des travaux de démantèlement du parc dans le respect des mesures d'évitement et de réduction de la phase chantier	Faible	Réduction du recouvrement (40% à moins de 30%) mais peu de retours d'expérience sur l'évolution possible du peuplement piscicole et la modification de la structure du peuplement et de l'ensemble de la chaine trophique.	Effet possiblement positif de la couverture photovoltaïque : ombrage et zone d'abris pour les poissons permettant de réduire la prédation (exemple oiseaux piscivores).
	Direct, temporaire : Remise en suspension des matières déposées lors de l'ancrage des flotteurs et possible obstruction des branchies	Modéré	**MET1** : Organisation du chantier en regard des sensibilités écologiques **MRT1** : Adaptation des périodes de travaux sur l'année pour prise en compte des périodes sensibles pour la biodiversité	Faible	Evitement des périodes de reproduction et de croissance des jeunes alevins lors des travaux d'ancrage	-
	Direct et indirect, permanent : modification des zones de frayères	Faible	**MEC1** : Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux **MET1** : Organisation du chantier en regard des sensibilités écologiques **MRT1** : Adaptation des périodes de travaux sur l'année pour prise en compte des périodes sensibles pour la biodiversité **MRD1** : Audit écologique préalable au démantèlement afin d'actualiser les sensibilités écologiques **MRD2** : Réalisation des travaux de démantèlement du parc dans le respect des mesures d'évitement et de réduction de la phase chantier	Très faible	Habitat présentant un faible linéaire impacté, limité à la zone de mise à l'eau en phase de chantier et principalement constitué d'une espèce exotique envahissante.	-

En ce qui concerne les habitats, la flore et la faune aquatique, **les mesures d'évitement et de réduction permettent de limiter les impacts résiduels qui atteignent ici un niveau globalement nul à faible.**

Si les effets existent (ombrage, diminution de la température de l'eau, changement de la compétition interspécifique, modification de physico-chimie de l'eau en termes de nutriments, …) ils ne sont pas à l'heure actuelle et en regard des connaissances actuelles, quantifiables et prédictibles. On peut cependant supposer que certains effets pourraient être **bénéfiques** pour le plan d'eau avec par exemple une réduction de son niveau trophique et **une réduction de la présence d'espèces de cyanobactéries dont certaines sont toxinogènes.**

Notons également que la problématique importante sur le plan d'eau de **Benquet concerne la présence d'herbiers de jussie sur la zone de travaux**. La mise en œuvre des mesures mentionnées a pour objectif de limiter leur propagation sur le plan d'eau ou sur d'autres sites.

4.4.4. Mesures compensatoires (MC)

La loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (loi du 08/08/2016) ainsi que le II de l'article R. 122-14 du code de l'environnement précise : « *Les mesures compensatoires ont pour objet d'apporter une contrepartie aux effets négatifs directs ou indirects du projet qui n'ont pu être évités ou insuffisamment réduits. Elles présentent un caractère pérenne et sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité fonctionnelle de celui-ci. Elles doivent permettre de conserver globalement, et si possible d'améliorer la qualité environnementale des milieux* ».

Certains principes de la séquence ERC ont été renforcés (par rapport au décret du 29 décembre 2011), notamment :

- L'**équivalence écologique** avec la nécessité de « compenser dans le respect de leur équivalence écologique » ;
- L' «objectif d'absence de perte nette voire de gain de biodiversité » ;
- La **proximité géographique**, avec la priorité donnée à la compensation « sur le site endommagé ou, en tout état de cause, à proximité de celui-ci afin de garantir ses fonctionnalités de manière pérenne » ;
- L'efficacité avec « **l'obligation de résultats** » pour chaque mesure compensatoire ;
- La pérennité avec l'effectivité des mesures de compensation « pendant toute la durée des atteintes ».

Par ailleurs, il est rappelé que « *Les mesures compensatoires n'interviennent que sur l'impact résiduel, lorsque toutes les mesures envisageables ont été mises en œuvre pour éviter puis réduire les impacts négatifs sur la biodiversité* » (glossaire des lignes directrices éviter/réduire/compenser).

Pour cela il est précisé qu'une mesure peut être qualifiée de compensatoire lorsqu'elle comprend les conditions nécessaires suivantes :

- Disposer d'un site par la propriété ou par contrat ;
- **Déployer des mesures techniques** visant l'amélioration de la qualité écologique des milieux naturels (restauration ou réhabilitation) ou visant la création de milieux ou **modifier les pratiques de gestion antérieures** ;
- Déployer des mesures de gestion pendant une durée adéquate.

L'ensemble des mesures d'évitement et de réduction, si elles sont mises en place correctement, permettront de n'avoir aucun impact résiduel significatif sur les habitats et espèces du milieu aquatique.

Dans ces conditions, aucune mesure compensatoire au titre au titre de la biodiversité ne se justifie vis-à-vis du milieu aquatique.

4.4.5. Mesures d'accompagnement (MA)

Ces mesures viennent en complément des mesures ERC définies précédemment. Elles visent à favoriser l'insertion du projet dans son environnement et à prendre en compte la quasi-inexistence de retours d'expérience sur certains impacts potentiels liés aux projets photovoltaïques flottants. Il est donc envisagé de réaliser des mesures de précaution et de suivi ayant pour objectif de bénéficier d'un retour d'expérience plus précis sur l'impact écologique de ce type de projet.

Référence Théma : A6.1a	**MAT1 : Suivi du chantier par un écologue**
Localisation	Ensemble du site
Période de réalisation	En phase travaux
Eléments en bénéficiant	Biodiversité au sens large
Coût estimatif	**A évaluer en fonction des besoins réels et des modalités des travaux**
Modalités techniques	
L'écologue aura en charge de s'assurer de la bonne mise en œuvre et de l'efficacité de l'ensemble des mesures prises en phase chantier (MRT1 à MRT4). Cet écologue jouera un rôle global. Pour autant, il pourra avoir la responsabilité de la mise œuvre des suivis spécifiques de chaque mesure (assurant ainsi une cohérence globale écologique sur le projet). Il sera l'interlocuteur privilégié des entreprises travaux pour tous les sujets ayant traits à la biodiversité sur le site. Une formation du personnel technique sera assurée en amont des travaux pour présenter les grands enjeux du site (milieux et espèces à enjeu, etc.)	
Modalités de suivi	
Il s'agit de disposer du contrat de mission d'un écologue et des comptes-rendus d'intervention.	

Référence Théma : A5.c	MAF2 : Suivi écologique du plan d'eau
Localisation	Plan d'eau
Période de réalisation	En phase d'exploitation
Eléments en bénéficiant	Faune et flore aquatique
Coût estimatif	Entre 56400 et 66300 € HT pour un suivi sur 3 ans (N1, N3 et N6) et 4 campagnes par an.

Modalités techniques

Il est proposé de réaliser un suivi du milieu aquatique qui consistera à évaluer l'évolution du plan d'eau. Il pourra donc être effectué un suivi physico-chimique et biologique du plan d'eau préconisé sous la forme de 4 passages par an (un par saison), réductible à 3 passages par an pour la physico-chimie (paramètres physico-chimiques généraux et phytoplancton (calcul de l'indice IPLAC nécessitant un minimum de 3 passages, soit 3 saisons)) accompagnés d'un passage par an pour la biologie (poissons et macrophytes). Ce suivi est proposé pendant la 1ère, 3ème, 5ème année puis tous les 5 ans durant la phase d'exploitation de la centrale (30 ans pris en compte soit 5 suivis en plus à partir de la 5ème année). Le suivi spécifique des microplastiques n'a pas été conservé dans le cadre de ce suivi, les flotteurs étant certifiés par le constructeur. De même, le suivi du peuplement pisciaire par ADNe, déjà proposé par le bureau d'études Evinerude, est mentionné ici mais n'a pas été intégré au chiffrage.

Modalités de suivi

Il s'agit de disposer d'une lettre de mission de la structure sélectionnée pour mener le suivi et des rapports d'expertises réalisés.

Détail des coûts de la mesure

	Coût unitaire	Sous-total (pour 8 campagnes)
Suivi physico-chimique (paramètres physico-chimiques généraux et phytoplancton)	Entre 7500 et 8500 € HT / an (4 campagnes)	Entre 60000 et 68000 € HT
Détermination et cartographie des macrophytes	Entre 3500 et 4000 € HT / an	Entre 28000 et 32000 € HT
Réalisation d'un suivi pisciaire (ADNe)	*Non estimé car proposé par le BE assembleur*	*Non estimé*
Suivi des microplastiques	*Non estimé car flotteurs certifiés*	*Non estimé*
Rédaction rapport étude	Entre 5500 et 6500 € HT / an	Entre 44000 et 52000 € HT
	Total	Entre 132000 et 152000 € HT

4.4.6. Bilan des mesures compensatoires et d'accompagnement

Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire dans le cadre du projet vis-à-vis du milieu aquatique.

Les mesures d'accompagnement viennent en complément pour assurer la bonne prise en compte des enjeux biodiversité tout au long du chantier et de l'exploitation de la centrale. **Elles permettent également de renforcer les connaissances sur les impacts sur l'environnement des parcs photovoltaïques flottants**.

4.4.7. Synthèse des mesures ERC-A

Après analyse des enjeux puis des effets potentiels du projet, les mesures proposées sont reprises dans le tableau suivant.

Tableau 19 : Synthèse des mesures ERC-A du projet

Numéro attribué à la mesure	Intitulé
2 mesures d'évitement	
Phase de conception	
MEC1	Redéfinition des caractéristiques du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux
Phase travaux	
MET1	Organisation du chantier en regard des sensibilités écologiques
7 mesures de réduction	
Phase travaux	
MRT1	Adaptation des périodes de travaux sur l'année pour prise en compte des périodes sensibles pour la biodiversité
MRT2	Balisage strict des emprises chantier
MRT3	Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes (actions préventives et curatives)
MRT4	Remise en état du site après travaux
Phase fonctionnement	
MRF1	Réduction des impacts sur la biodiversité aquatique lors de l'entretien du parc
Phase de démantèlement	
MRD1	Audit écologique préalable au démantèlement afin d'actualiser les sensibilités écologiques
MRD2	Réalisation des travaux de démantèlement du parc dans le respect des mesures d'évitement et de réduction de la phase chantier
2 mesures d'accompagnement	
MAT1	Suivi du chantier par un écologue
MAF2	Suivi écologique du plan d'eau

4.5. Evolution probable du milieu naturel en l'absence de projet

La dernière modification de l'article R. 122-5 du Code de l'environnement (Décret n°2021-837 du 29 juin 2021 - art. 10) précise que l'étude d'impact doit comporter « une description des aspects pertinents de l'état initial de l'environnement et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport à l'état initial de l'environnement peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ». Ce chapitre permet d'inclure au diagnostic écologique une composante temporelle et ainsi de le replacer dans la dynamique naturelle de son milieu.

De façon générale, un plan d'eau va dans un long pas de temps s'atterrir et évoluer vers une zone humide riche en matière organique. La cinétique de cette évolution dépend de nombreux facteurs et sera globalement d'autant plus rapide qu'il reçoit des apports organiques importants, qu'ils soient allochtones ou autochtones.

A noter que l'évolution trophique d'un plan d'eau ne suit pas nécessairement une cinétique linéaire, du fait notamment des nombreux équilibres en présence (producteurs/consommateurs ; prédateurs/proies). Ainsi, des évènements singuliers (ex : restauration d'une alimentation de surface, crues à répétitions, gestion halieutique intensive, arrivée d'espèces envahissantes, etc…) peuvent déplacer brutalement ces équilibres et engendrer des phénomènes en cascades susceptibles d'accélérer (plus rarement ralentir) le phénomène d'eutrophisation naturel d'un plan d'eau.

La gestion halieutique du plan d'eau et les empoissonnements réguliers constituent des facteurs perturbants vis-à-vis de l'évolution « naturelle » du plan d'eau. Néanmoins, ces effets, très probablement néfastes sur les biocénoses naturelles, demeurent difficiles à appréhender, en particulier dans le temps.

En conclusion, l'évolution du plan d'eau en l'absence du projet tendra vers un enrichissement plus ou moins progressif le menant vers des niveaux de trophie de plus en plus élevés (tendance vers l'eutrophisation puis l'hypertrophie jusqu'à la dystrophie) et pouvant aller jusqu'à la disparition finale du plan d'eau par « comblement ».

5. Conclusion

Le projet de parc photovoltaïque flottant du site de Benquet a été élaboré de manière à limiter au maximum les impacts sur la biodiversité, notamment en mettant en œuvre la méthodologie « éviter, réduire, compenser ». Le projet a ainsi été revu pour limiter l'impact du parc sur le plan d'eau (surface des panneaux) et au niveau des berges (éloignement, absence d'ancrage en berge). Ces « évitements amonts » ont été proposés puis adoptés après concertation avec les experts naturalistes lors de la phase de conception.

Aucun impact significatif de ce projet n'est relevé pour le milieu aquatique et la séquence ERC dans sa globalité, notamment avec la mise en place de mesures d'évitement, de réduction et d'accompagnement adaptées, qui apparaissent suffisantes vis-à-vis des impacts résiduels potentiels du projet.

Au regard de ces observations et en tenant compte de l'ensemble des mesures associées à la séquence « ERC », **le projet n'est pas de nature à générer des incidences résiduelles notables sur le milieu aquatique dans l'état actuel des connaissances.**

Néanmoins, le manque de retours d'expériences sur ce type de projet ne permet pas de préciser les réels effets (positifs ou négatifs) de tels projets sur le fonctionnement écologique de ces milieux.

Cette lacune sera probablement progressivement comblée par les études en cours (*i.e.* SOLAKE et autres suivis post-installation) qui permettront de mieux appréhender et de quantifier les réels effets de ces projets photovoltaïques flottants sur le milieu aquatique.

6. Bibliographie

Armstrong, A.; Page, T.; Thackeray, S.J.; Hernandez, R.R.; Jones, I.D. 2020. - Integrating environmental understanding into freshwater floatovoltaic deployment using an effects hierarchy and decision trees. *Environ. Res. Lett*., 15 : 114055.

Bax, V.; Van De Lageweget, W.I.al.; Hoosemans, R.; Van Den Berg, B. 2023. - Floating photovoltaic pilot project at the Oostvoornse lake: Assessment of the water quality effects of three different system designs. *Energy Reports Volume 9 :* 1415-1425

Blahó, M.; Egri, Á.; Barta, A.; Györgyi, A.; György K.; et Horváth, G. 2012. - How can horseflies be captured by solar panels? A new concept of tabanid traps using light polarization and electricity produced by photovoltaics. *Veterinary Parasitology* 189, no 2 : 353-65.

Costa, S.G. 2017. - Impactos Ambientais de Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes (Environmental Impacts of Floating Solar Panels). *Master's Thesis, University of Lisbon, Lisbon, Portugal* : 1-83.

Pires, M.D.; Loss, S; 2020. - Zonnesystemen op water: Wat zijn effecten op waterkwaliteit en natuur en welke kennis ontbreekt?. *Deltares,* Volume 27.

Essak, L.; Ghosh, A. 2020. - Floating Photovoltaics: A Review. *Clean Technol,* 4(3) *:* 752–769.

Exley, G.; Hernandez, R.; Page, T.; Chipps, M.; Gambro, S.; Hersey, M.; Lake, R.; Zoannou, K.S.; Armstrong, A. 2021. - Scientific and stakeholder evidence-based assessment: Ecosystem response to floating solar photovoltaics and implications for sustainability. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 152 : 111639.

Exley, G.; Page, T.; Thackeray, S.J.; Folkard, A.M.; Couture, R.-M.; Hernandez, R.R.; Cagle, A.E.; Salk, K.R.; Clous, L.; Whittaker, P.; Chipps, M.; Armstrong, A. 2022. - Floating solar panels on reservoirs impact phytoplankton populations: a modelling experiment. *J. Environ. Manag.,* 324 : 116410.

Francisco, P. 1999. - Dynamique de la communauté zooplanctonique et variations saisonnières de la composition biochimique (lipides, protéines) du plancton conséquences de la vidange d'un grand réservoir (Pareloup). *Thèse Doctorat Université Paul Sabatier, Toulouse III* : 1-219.

Gorjian, S.; Sharon, H.; Ebadi, H.; Kant, K.; Scavo, F.B.; Tina, G.M. 2021. - Recent Technical Advancements, Economics and Environmental Impacts of Floating Photovoltaic Solar Energy Conversion Systems. *Journal of Cleaner Production*, Volume 278 : 1242585.

Haas, J.; Khalighi, J.; De La Fuente, A.; Gerbersdorf, S.U.; Nowak, W.; Chen, P. J. 2020. - Floating photovoltaic plants : Ecological impacts versus hydropower operation flexibility. *Energy Conversion and Management*, Volume 206 : 112414.

Horváth, G.; Blahó, M.; Egri, Á.; Kriska, G.; Seres, I.; Robertson, B. 2010. - Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology*, 24(6) : 1644-1653.

International Energy Agency. 2022. - Trends in photovoltaic applications. *Photovoltaic power systems technology collaboration programme*, report IEA PVPS T1.

Komárek, J.; Anagnostidis, K. 1999. - Cyanoprokaryota. I. Chroococcales. In : (Ettl, H.; Gärtner, G.; Heynig, H.; Mollenhauer, D.) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Begründet von A. PascherBd. 19/3 Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales, Spektrum, Akademischer Verlag, *Heidelberg & Berlin* : 1-548.

Laplace-Treyture, C.; Barbe, J.; Dutartre, A.; Druart, J.C.; Rimet, F.; Anneville, O. 2009. - Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de dénombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise en œuvre de la DCE: version 3.3.1. *[Rapport Technique] Irstea.* : 1-44.

Marx, G. 2022 - Centrales photovoltaïques et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. *LPO, Pôle protection de la Nature.*

Nobre, R.; Vagnon, C.; Boulêtreau, S.; Colas, F.; Azémar, F.; Tudesque, L.; Parthuisot, N.; Millet, P.; Cucherousset, J. 2025. – Floating photovoltaics strongly reduce water temperature: A whole-lake experiment. *Journal of Environmental Management*, Volume 375 : 124230.

Nõges, P.; Viirret, M. 2001. - Environmental conditions and the development of Planktonema lauterbornii Schmidle in phytoplankton of Karhijärvi, a lake in SW Finland. *Boreal Environment Research*, Volume 6 : 181-190.

Padisak, J.; Crossetti, L.; Naselli-Flores, L. 2009. - Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: A critical review with updates. *Hydrobiologia,* Volume 621 : 1-19.

Pimentel Da Silva, G.D.; Branco, D.A.C. 2018. - Is floating photovoltaic better than conventional photovoltaic? Assessing environmental impacts. *Impact Assess. Proj. Apprais.*, Volume 36(5) : 390–400.

Pouran, H. M.; Padilha Campos Lopes, M.; Nogueira, T.; Alves Castelo Branco, D.; Sheng, Y. 2022. - Environmental and technical impacts of floating photovoltaic plants as an emerging clean energy technology. *Iscience,* Volume 25 : 105253.

Reynolds, C.S.; Huszar, V.; Kruk, C.; Naselli-Flores, L.; Melo, S. 2002. - Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, Volume 24, Issue 5 : 417–428.

Sládeček, V. 1973. - System of Water Quality from the Biological Point of View. *Advances in Limnology*, Volume 7 : 1-218.

Soubelet, H.; Silvain, J.-F.; Goffraux, R. 2021. - Prospective scientifique sur les impacts des installations de production d'énergie renouvelables sur la biodiversité et lacunes de connaissances. *Fondation pour la recherche sur la Biodiversité* : 1-50.

World Bank Group; ESMAP; SERIS. 2019. - Where Sun Meets Water (Vol. 2 of 2) : Floating Solar Market Report (English). *Floating Solar Market Report,* Volume 2 : 131291.

Yang, P.; Chua, L.; Irvine, K.; Tat Nguyen, T. 2022. - Impacts of a floating photovoltaic system on temperature and water quality in a shallow tropical reservoir. *Limnology,* Volume 23 : 441–454.

Agence Occitanie
21, D813
31450 DEYME

Tel. : 05 34 30 57 69

Email : contact-occitanie@hydrosphere.fr

Mars 2026

PROJET PHOTOVOLTAÏQUE FLOTTANT DE BENQUET

DOSSIER DE PERMIS DE CONSTRUIRE ÉTUDE D'IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Demandeur : SOLEIL LAKETRICITY 3

ANNEXE 3 – VOLET PAYSAGER DE L'ÉTUDE D'IMPACTS PAR EVINERUDE



Laketricity

EVINERUDE
BUREAU D'ETUDES ENVIRONNEMENTALES

Laketricity

Etude d'impact environnementale

Projet de parc photovoltaïque flottant - Commune de Benquet (40)



PRESTATION REALISEE POUR :

Etablissement :	Laketricity 87 quai de Queyries 33100 Bordeaux	Contact : Courriel : Téléphone :	Ludivine LE HENAFF llehenaff@laketricity.eu +33 (0)7 82 61 04 75

VOTRE CONTACT EVINERUDE PRIVILEGIE :

Etablissement :	EVINERUDE 9 Allée Felix Nadar 33700 Mérignac	Contact : Fonction : Courriel : Téléphone :	Manon OPSOMMER Cheffe de projet – Ecologue Naturaliste faune Manon.opsommer@evinerude.fr +33 (0)6 61 79 29 48

Référence : LAKETRICITY_2_EIE_BENQUET
Version : 1

INTERVENANTS DU PROJET :

Cheffe de projets :	Manon OPSOMMER
Chargé(es) d'études faune :	Bastien Fiaschi, Léa Boutin, Rebecca Lapôtre
Chargé(es) d'études flore :	Chloé Dubouilh
Cartographie :	Bastien Fiaschi, Léa Boutin, Chloé Dubouilh, Rebecca Lapôtre
Contrôle qualité :	Sylvain ALLARD, Directeur Technique

4. Environnement paysager et patrimoine

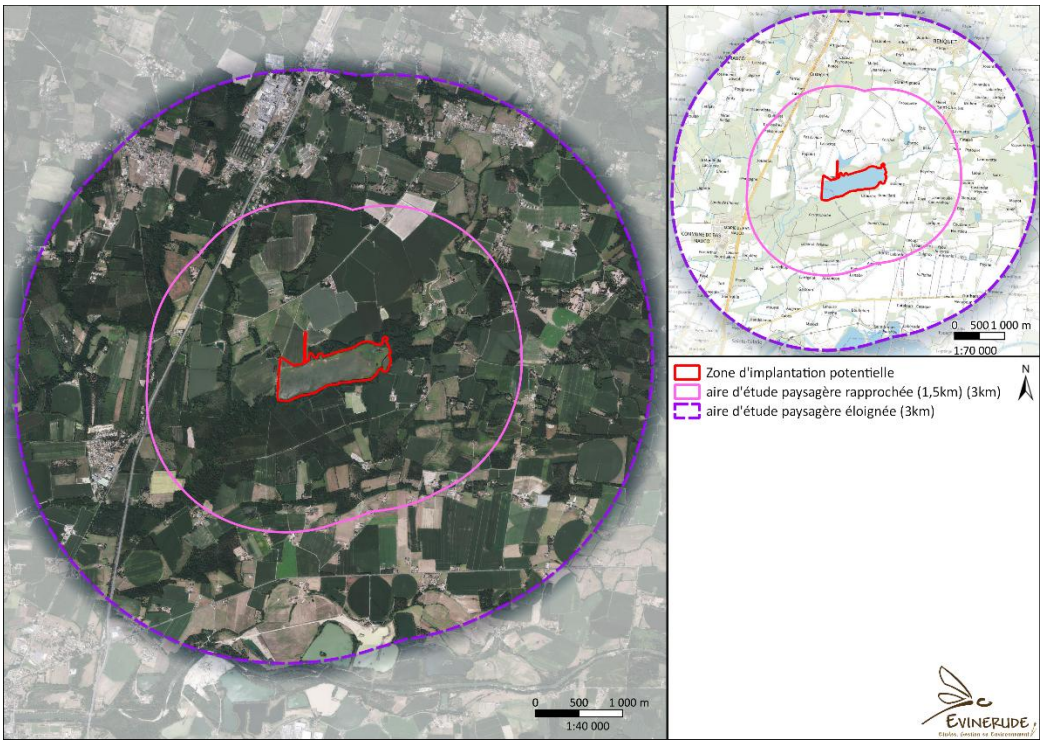
4.1 Méthodologie d'analyse

Ce diagnostic permet de connaître le contexte paysager du site afin que le projet s'insère au mieux dans ce secteur en prenant en compte les différentes composantes topographiques, humaines et patrimoniales.

Une phase préalable consiste en l'inventaire bibliographique des données réglementaires et conventionnelles aux niveaux régional, départemental et communal. Selon le « Guide des études d'impact – Installations photovoltaïques au sol », édité par le ministère de l'Écologie, de Développement Durable, des Transports et du Logement, l'aire d'étude correspond à la zone géographique dans laquelle le projet est potentiellement visible : elle est considérée au minimum de 3 km.

Ainsi, la lecture paysagère de cette étude est réalisée à trois échelles :

- La **Zone d'Implantation Potentielle** (ZIP) : cette zone correspond au périmètre strict du projet photovoltaïque. Elle constitue la base de l'analyse des sensibilités paysagères.
- L'**Aire d'Etude Rapprochée** (AER) correspond à une zone tampon de 1500 m autour de la ZIP. Elle permet la compréhension spatiale et topographique du projet, et des modalités de perception directe ou partielle sur celui-ci (habitations, axes de découverte, filtres visuels).
- L'**Aire d'Etude Eloignée** (AEE) correspond à un rayon de 3 km autour de la ZIP. Elle permet de pousser l'analyse à l'ordre de grandeur des Unités Paysagères et d'étudier les enjeux humains, patrimoniaux et visuels du territoire à l'échelle d'un « usage » quotidien du paysage. Elle permet également d'analyser les effets cumulatifs et les covisibilités du projet avec d'autres composantes paysagères.



4.2 Contexte paysager

4.2.1 Grands paysages des Landes

Le département des Landes est constitué de 14 « pays » et 3 grandes unités paysagères :

- **Le littoral** : Le littoral des landes de Gascogne est homogène, il se prolonge au nord en Gironde jusqu'à la pointe de Grave. Il est formé d'un important massif dunaire et d'une chaîne d'étangs et de « courants ». Les cordons dunaires (dune bordière, dunes modernes et dunes anciennes) sont fixés sur la partie proche du rivage par des oyats (gourbets), et sur l'arrière par une forêt mixte de pins maritimes et de feuillus. Le littoral n'est pas urbanisé en continu, et est resté partiellement boisé, offrant un aspect plus « naturel » que d'autres zones littorales françaises. Localement, des quartiers pavillonnaires, accordant une place particulière à l'arbre local, présentent une qualité d'ambiance singulière.



Figure 250: Cordon dunaire et zone de courant

- Le plateau landais : Dans l'arrière-pays, au nord de l'Adour, le "plateau landais" est majoritairement forestier. Ses lignes sont horizontales, droites, et ses étendues, immenses. Ce paysage de « pinhada » (pinède) a succédé au XIXe siècle à celui de la lande pastorale. Au XXème siècle, de vastes parcelles agricoles s'y sont implantées.
  Le couvert végétal de la forêt varie selon l'humidité et la fertilité du sol. Dans ce territoire, on trouve encore des centaines de quartiers "d'airial", occupant une place importante dans l'identité paysagère des Landes de Gascogne et représentatifs de l'économie autarcique qu'a imposée la colonisation du plateau humide.
  En partie médiane, sur une diagonale allant de Dax à Mont-de-Marsan (en passant par Tartas), les clairières agricoles, l'industrie et le développement pavillonnaire constituent une zone de transition.



Figure 251: Boisement de pins maritimes



Figure 252: Airial dans un îlot agricole

- Les **paysages de l'Adour** : Le sud des Landes offre des paysages cultivés, vallonnés, diversifiés. Les territoires de l'Adour couvrent le tiers du département, associant à la plaine alluviale du pays d'Orthe les coteaux de Chalosse, les plateaux du Tursan, jusqu'aux vallons du Bas-Armagnac.
  Des champs cultivés, dominés par le maïs, des prés pâturés, des chemins creux et haies bocagères, des bois de feuillus et de pins de landes. Les panoramas offrent des vues lointaines vers la forêt des landes au nord, mais surtout vers la chaîne pyrénéenne au sud. La présence du pin maritime atteste du lien avec le plateau landais.
  Paysage souvent méconnu du touriste, mal connu du Landais, la Chalosse est un pays de l'Adour, plutôt frais, terroir fertile, et un pays d'élevage.



Figure 253: Champs cultivés



Figure 254: Paysage vallonné du Chalosse

A l'échelle du territoire, le site d'étude est localisé à l'interface entre le plateau landais et les territoires de l'Adour.

4.2.2 Unités éco-paysagères dans le département des Landes

Les paysages du département des Landes sont formés par les unités éco-paysagères retrouvées dans le département.

L'ouest du département est couvert par une bande littorale composée des dunes girondines et landaises.

Le sud du département est marqué par les paysages formés autour du cours d'eau de l'Adour. L'Adour est directement ancré dans une vallée alluviale, bordée par des collines couvertes de terres agricoles ou sylvicoles. Certaines terrasses et plateaux céréaliers sont retrouvés dans ce paysage collinéen.

L'est du département est couvert par les paysages du Bas-Armagnac, composé de collines aux pentes douces où alternent prairies, cultures et vignes et présentant des vallons encaissés boisés.

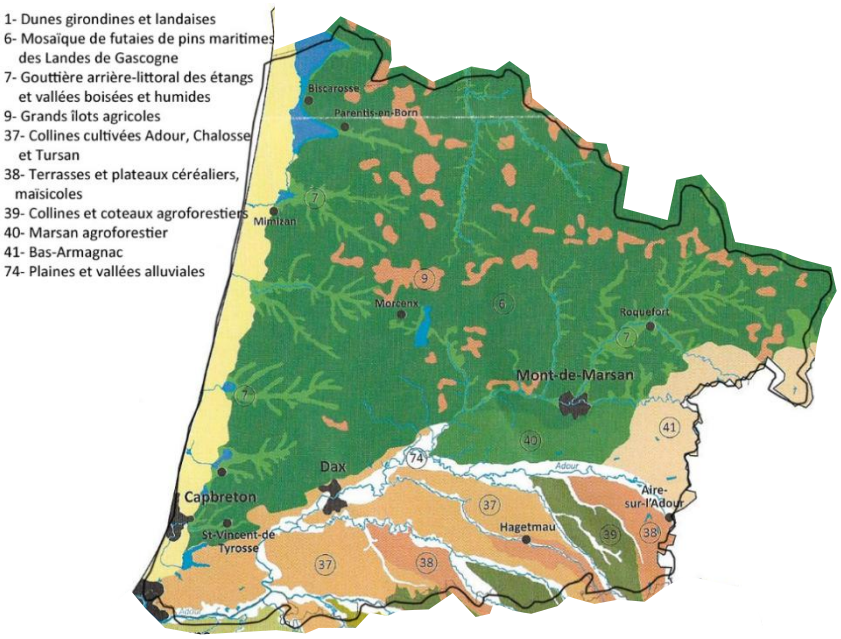


Figure 255: Unités éco paysagères des Landes (Sources Atlas des paysages des Landes)

La partie centrale du département est composée d'une mosaïque de milieux forestiers, principalement des futaies de pins maritimes, dans lesquelles sont intégrés de grands îlots agricoles.

Entre les dunes littorales et les bandes forestières, des étangs et vallées boisées humides sont retrouvés.

4.2.3 Enjeux paysagers liés aux énergies renouvelables dans les Landes

Dans ce département très forestier, le développement des énergies renouvelables est logiquement passé prioritairement par le bois-énergie. La filière est aujourd'hui victime de son succès, le département peinant à répondre à la demande locale de plaquette forestière. Plus récemment (à partir des années 2010 environ), sont apparus les champs photovoltaïques, souvent implantés dans des clairières au milieu des pins.

L'insertion des parcs photovoltaïques ou agrivoltaïques dans le paysage et la modération des prélèvements de feuillus notamment dans la pinède sont des enjeux paysagers forts.

Les données ci-après sont tirées de *l'Atlas des paysages des Landes.*

Zoom sur le développement photovoltaïque :

Les parcs photovoltaïques dans la forêt landaise ont un impact visuel limité. Ces étendues de panneaux ne sont perceptibles que depuis leurs abords directs, voire du kilomètre en l'absence de végétation.

Il en est tout autrement dans les collines au sud de l'Adour où le relief implique des covisibilités qui rendent les projets plus délicats à implanter.
Mais quel que soit le territoire concerné, compte tenu des surfaces potentiellement importantes des parcs, il est nécessaire de réfléchir à la mise en place de schémas départementaux ou plus locaux, de prendre en compte le paysage à toutes les échelles, tant en amont qu'au cours d'élaboration des projets.
La sensibilité de certains sites patrimoniaux, les couloirs des vallées, ou encore la proximité de l'océan, des lacs, des cours d'eau, constituent des points de vigilance en accord avec la dimension touristique du département.

Les projets agrivoltaïques doivent combiner sur une même parcelle production agricole et production énergétique. Cette appellation recouvre des installations de nature très diverses : bandes photovoltaïques au sol (panneaux verticaux, tables photovoltaïques) intercalées avec des prés ou des cultures, trackers photovoltaïques orientables sur plots, ombrières photovoltaïques recouvrant des serres, des élevages (volailles), voire des parcelles agricoles…
Ces projets peuvent couvrir des superficies importantes ou se multiplier autour des postes de raccordement électriques, générant un risque de mitage du territoire.
Du point de vue paysager, ces projets doivent être analysés quant à leur impact visuel, leurs éventuelles covisibilités avec des sites patrimoniaux.
Mais il conviendra également d'être vigilant afin de maintenir un équilibre paysager et d'éviter de basculer d'un paysage rural vers un paysage à connotation plus industrielle (impact des clôtures sur le paysage, impact des technologies utilisées en agrivoltaïsme qui peuvent être importantes, avec les ombrières notamment).
Les toitures des bâtiments commerciaux ou industriels offrent des potentialités importantes pour recevoir des panneaux photovoltaïques, de même que les aires de stationnement.
Concernant les bâtiments agricoles, il convient de veiller à ce que les nouveaux bâtiments aient bien une utilité agricole et ne soient pas juste des supports pour des toitures photovoltaïques.
Les enjeux paysagers liés aux toitures photovoltaïques sont très similaires à ceux des bâtiments classiques : une vigilance à leur qualité architecturale, à leur impact visuel et à leur intégration dans le paysage (choix du site d'implantation, volume, covisibilité, plantation, coexistence avec les bâtiments existant…).
La priorisation des sites artificialisés permet de limiter l'impact sur les paysages.

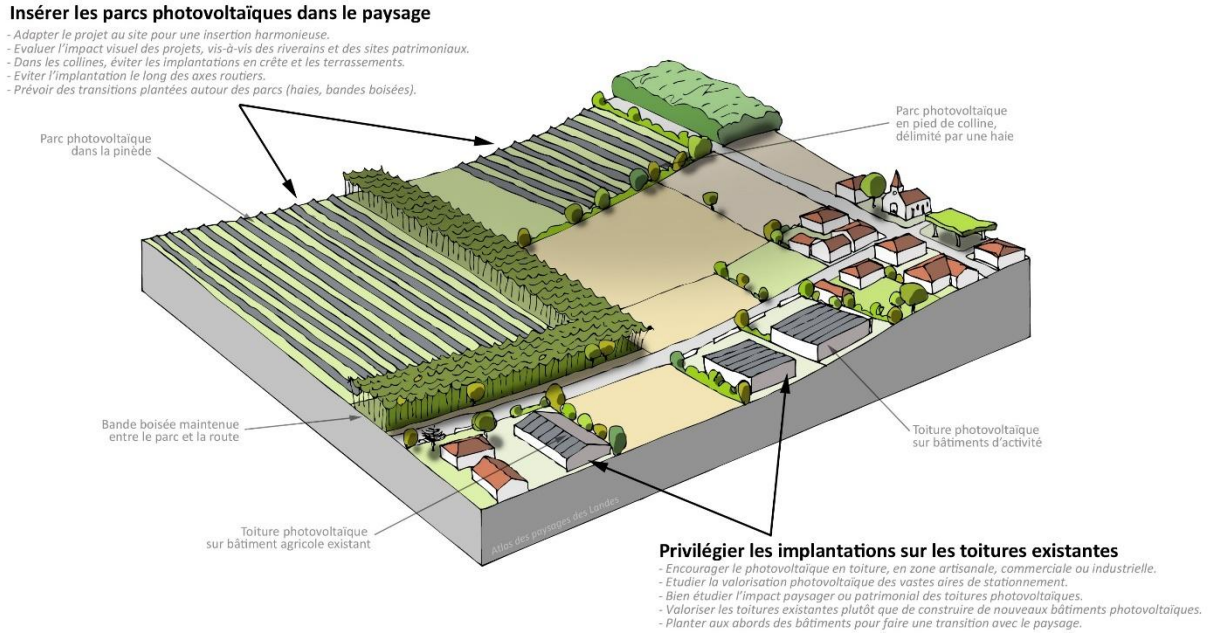


Figure 256: Enjeux paysagers lié au développement du photovoltaïque dans les Landes (Source: Atlas des paysages des Landes)

4.2.4 Unités et sous-unités paysagères – Atlas des Paysages des Landes

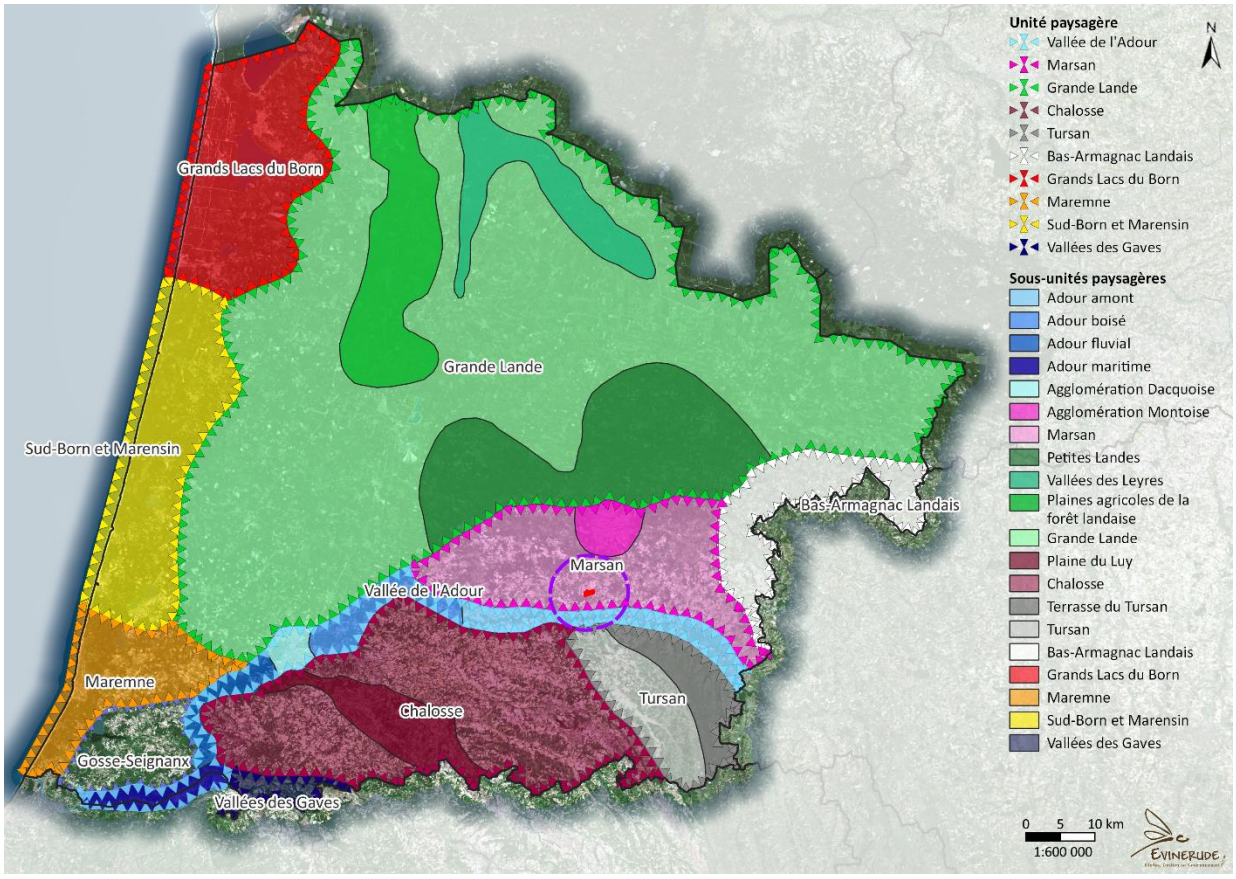


Figure 257: Unités et sous-unités paysagères des Landes (Sources: Atlas du paysage des Landes)

Le département des Landes est couvert par 11 unités paysagères, divisées en 14 sous-unités paysagères. Le site d'étude et son aire d'étude bibliographique sont retrouvés à l'interface avec le Marsan au nord et l'Adour amont au sud.

4.2.4.1 Unité paysagère de Marsan

Les données ci-après sont tirées de *l'Atlas des paysages des Landes.*

L'unité paysagère du Marsan présente des paysages de transition entre la Grande Lande et les pays du sud-Adour et offre des paysages de clairières agricoles cernées de bois de pins.

Les limites de l'unité paysagères :

Au nord, les vallées de la Midouze et du Midou et l'agglomération de Mont-de-Marsan marquent la transition vers la forêt de pin majoritaire de la Grande Lande.
A l'est, tout en transition, les reliefs du Bas-Armagnac Landais et la présence de la vigne marquent la fin des clairières du Marsan.
Au sud, la vallée de l'Adour borde le sud du Marsan. La descente dans la vallée s'y fait tout en transition, sauf à l'ouest où localement le coteau est plus marqué (Souprosse).
A l'ouest, l'étendue du Marsan diminue et s'arrête avant la confluence des vallées de l'Adour et de la Midouze.

Les éléments paysagers :

Différentes composantes paysagères forment les paysages de l'unité paysagère de Marsan :

- Les **clairières agricoles** : Après une traversée forestière, la vue s'ouvre sur l'étendue des cultures, limitée par des lisières boisées, ponctuées de fermes. Les clairières se répètent au fil du Marsan et constituent une structure paysagère qui caractérise fortement ce territoire.



Figure 258: Clairière agricole sur la commune de Benquet

- L'**airial (ou la ferme)** : Omniprésentes dans les clairières, les fermes jalonnent ce territoire, qu'elles soient encore en activité ou reconverties en habitation. Certaines forment encore des airials entourées de vieux chênes. La maison d'habitation est accompagnée par des bâtiments d'exploitations proches et groupés.



Figure 259: Airial sur la commune de Benquet – Route du Sarrat

- Les **haies ou lisières de feuillus** : Le long des routes, des parcelles ou des lisières dans les clairières, ces structures végétales apportent une certaine diversité qui cale ou filtre le regard. Elles adoucissent et diversifient également les lisières des parcelles de pins.



Figure 260: Lisières de feuillus sur la commune de Benquet

- Le **bois de pin** : Plus présents dans le nord du Marsan, ils rappellent la Grande Lande. Mais ici ils composent avec les feuillus. Les pins de haut jet créent une diversité, des effets de transparences ou de seconds plans qui viennent compléter la palette forestière.

- Les **traversées forestières** : Après l'ouverture de la clairière, la traversée forestière recentre le regard sur l'axe de la voie, le premier plan des lisières ou la transparence des sous-bois le long de la route. Les vues sont proches et chaque détail peut être perçu : un bel arbre, le contraste des feuillus sur les pins, l'entrée d'un chemin…



Figure 261: Traversée forestière sur la commune de Benquet

- Les **alignements d'arbres** : Constitués d'arbres centenaires ou de jeunes alignements, ils guident l'usager de la route, apportent de l'ombre et marquent la perspective. Ils peuvent aussi créer un filtre et un premier plan de qualité le long d'une zone d'activité.



Figure 262: Alignement d'arbres sur la commune de Benquet – Avenue de l'Armagnac

- Les **routes rectilignes** : Compte tenu du faible relief, les routes sont souvent rectilignes, prolongeant en cela une caractéristique de la Grande lande. Elles apportent ainsi une vision cinétique des paysages qui montre la succession des clairières et des lisières.



Figure 263: Route rectiligne sur la commune de Benquet – Chemin de Populot

- Le **mail de platanes palissés** : Associé aux places, aux édifices ou aux arènes, cette structure arborée étonnante, dont les branches se soudent à l'horizontale, forme des quadrillages graphiques qui apportent l'ombre l'été.



- Les **arènes** : Elément incontournable du patrimoine et des traditions locales, leur implantation et leurs caractéristiques architecturales varient d'un village à l'autre, déclinant une identité unique. Certaines restent très simples, d'autres sont plus imposantes et ornées.



Figure 264: Arènes du Plumaçon, Mont-de-Marsan

- Les **rivières urbaines et le patrimoine lié à l'eau** : Certaines rivières forment un couloir arboré, encaissé, à travers les villages ou les villes. D'autres, plus ouvertes, révèlent la topographie et sont bordées de quais le long desquels la ville se met en scène. Les cours d'eau sont ponctués de petits ouvrages ou d'édifices, vestiges d'une activité économique et sociale autour de l'eau, tels les lavoirs et les moulins.



Figure 265: Le Midiou du pont des droits de l'Homme à Mont-de-Marsan

- Des **paysages urbains** : Le Marsan est une unité paysagère forestière relativement peuplée qui s'organise autour du centre de gravité, un peu décentré vers le nord que constitue l'agglomération montoise, Mont-de-Marsan et St-Pierre-du-Mont. Le réseau viaire converge vers la préfecture, avec un maillage rayonnant. Ce maillage viaire très serré est jalonné de villages, la plupart de taille modeste, même si des quartiers d'extensions résidentielles les ont récemment agrandis. Si la rocade préserve le centre-ville de l'afflux des véhicules, elle ceinture l'agglomération par une alternance de séquences forestières et de séquences bâties commerciales ou artisanales qui ne rendent pas compte de la singularité de la ville centre. Les paysages bâtis du Marsan sont modestes, les éléments patrimoniaux sont souvent discrets, mais ils offrent un large éventail d'architectures et de séquences urbaines de qualité.

Description du paysage :

Le Marsan marque la fin du plateau landais, qui prend des allures de plaine semi-boisée, bordée par la vallée de l'Adour avant les collines de la Chalosse et du Tursan.

Une certaine parité s'installe dans le Marsan, entre l'ouverture des clairières agricoles et la fermeture des vues par les boisements. Cette alternance d'ouvertures et de fermetures qui se répètent crée une composition homogène, qui bien que contrastée, n'offre aucun repère évident. Du fait de la platitude, les horizons rapprochés sont toujours boisés. L'ouverture des clairières agricoles n'offre que peu de diversité en raison de la monoculture de maïs. Les coupes forestières, venant d'être exploitées ou en attente, viennent diversifier les types d'ouvertures, donnant aux parties boisées des tonalités changeantes. La diversité apportée par l'alternance des arbres feuillus et des pins joue également ici.

Le passage de l'eau reste peu visible, de perception localisée, confidentielle et peu accessible. Mais les cours d'eau sont pourtant bien présents et nombreux, participant pleinement à l'animation de ce plateau forestier et agricole. Ils sont toujours accompagnés d'une végétation de feuillus, qui les masque, mais qui paradoxalement participe à signaler leur présence. Ces corridors de chênes, d'aulnes, de saules ou encore de peupliers prennent par endroits des allures de forêts galeries. Seuls la Douze et le Midou sont plus encaissés et présentent de petits coteaux qui forment une petite marche.

Les plus gros bourgs ou villes du Marsan sont situés en périphérie, en partie tournés vers les unités paysagères voisines, traversés ou à proximité des cours d'eau principaux (Midouze et Midou) qui participent à leur structure urbaine (excepté Villeneuve-de-Marsan).
La RD 824, axe majeur, fédère plusieurs villages et en a influencé l'étalement avec des lotissements. D'autres axes rectilignes, concentriques vers Mont-de-Marsan, donnent à cette unité des traversées rapides et cinétiques très directes. Ces routes ouvrent des perspectives, accompagnées par endroits d'alignement de platanes majestueux qui cadrent les vues. Les clairières sont animées par un semis de fermes omniprésentes et équidistantes qui donne à cette unité un caractère rural habité affirmé. L'image de l'airial reste présente pour certaines, même si les cultures ont gagné, limitant l'effet « clairières avec des chênes centenaires ». Les villages, ne s'affichent pas, mais ils animent les clairières, avec leur clocher qui émerge, jouant un rôle de repère local qui fait défaut par ailleurs. Une grande partie s'est étoffée de maisons plus récentes, donnant un côté lâche à l'urbanisation.

Enjeux paysagers :

Dans le Marsan, les enjeux paysagers principaux sont liés à la perception des clairières, à la visibilité des cours d'eau et à la maîtrise des développements urbains.

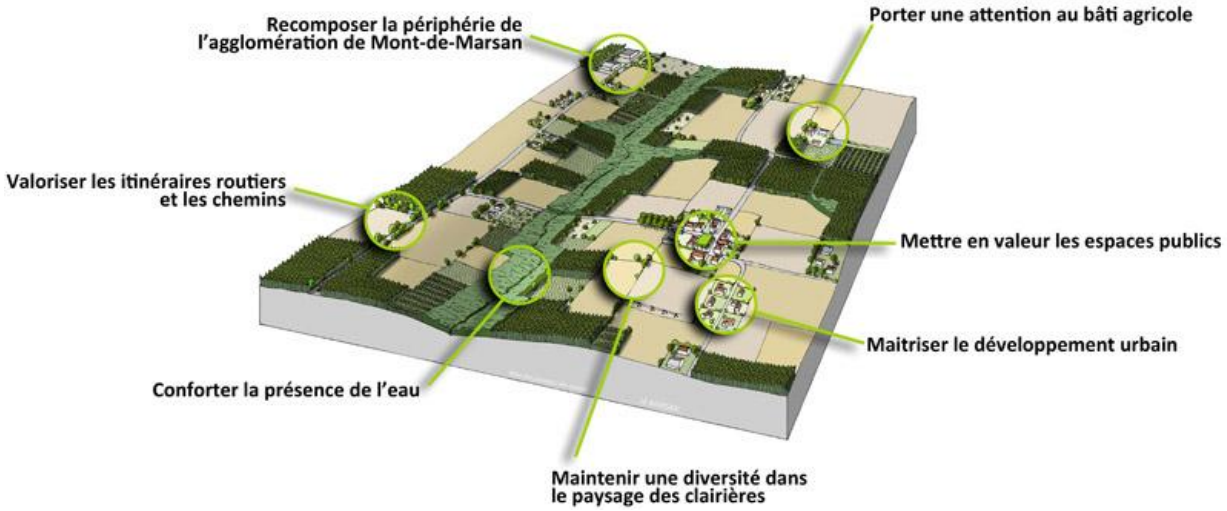


Figure 266: Principaux enjeux paysagers dans le Marsan (Source: Atlas des paysages des Landes)

4.2.4.1 Unité paysagère de l'Adour et sous-unité paysagère de l'Adour Amont

Entre plateau landais au nord et collines au sud, la vallée de l'Adour ouvre un large sillon où barthes, saligues et champs s'organisent en fonction des crues du fleuve.

Les données ci-après sont tirées de *l'Atlas des paysages des Landes.*

Les limites de l'unité paysagère de l'Adour :

Avec le Tursan et la Chalosse, le coteau en rive gauche forme une limite très nette à la vallée de l'Adour avant de basculer dans les collines du Tursan et de la Chalosse. A l'ouest de la Chalosse, le coteau s'estompe progressivement, formant une transition plus douce au niveau de l'agglomération dacquoise.

Avec le Bas-Armagnac-Landais, le passage au Bas-Armagnac-Landais se fait tout en transition avec en rive droite la terrasse entrecoupée de plusieurs ruisseaux qui laisse place à un relief ténu.
Avec le Marsan, les terrasses en culture en rive droite de la vallée de l'Adour laissent place, tout en transition, au paysage du Marsan alternant bois et cultures.
Avec la Grande Lande, entre la confluence avec la Midouze et l'agglomération dacquoise, la rive droite est marquée par un petit talus de terrasse, au-delà duquel le relief plat et les forêts de pins indiquent le passage à la Grande Lande.
Avec le Gosse-Seignanx, d'abord peu prononcé au nord, le coteau forme une transition agricole. Ensuite il s'affirme très nettement et forme une limite forte.
Avec les Pyrénées-Atlantiques au sud, le coteau symétrique au sud du fleuve (hors département) constitue la limite sud de la vallée de l'Adour, avant les reliefs du Pays basque.

Les éléments paysagers :

Différentes composantes paysagères forment les paysages de l'unité paysagère de l'Adour :

- La **Peupleraie** : Elle s'étend en fond de vallée dans les barthes. La verticalité des troncs crée des effets graphiques quand les peupleraies sont entretenues. Ces « cultures de bois » génèrent aussi des écrans qui ferment les vues et cloisonnent le paysage du fond de vallée.



Figure 267: Peupleraie sur Pontax-sur-Adour

- La **chênaie humide** : Ces étendues boisées inondables de fond de vallée s'étendent largement le long de l'Adour. Elles plongent le visiteur dans un univers intime, entre fraîcheur, ombre et milieux humides. Les chênaies humides, pouvant atteindre 30 mètres, donnent une tonalité imposante particulière à ces boisements caractéristiques de l'Adour Boisé. Ces boisements, amples et profonds, sont par endroit plus lumineux en raison de la hauteur des houppiers.



Figure 268: Chênaie humide sur la commune de Dax

- La **saligue** : Cet espace de divagation de l'Adour se différencie des barthes par ses bancs de galets et l'enchevêtrement de sa végétation.



Figure 269: Saligues, commune de Nerbis

- Les **barthes prairiales** : Ce sont des ouvertures lumineuses. Les prairies forment des « clairières » bordées par des lisières boisées ou le coteau forestier. Derrière la simplicité apparente, se révèlent un espace structuré par des chemins et des fossés. Ce sont de lieux de vision de la faune, mais aussi de pratique de la chasse.



Figure 270: Barthes prairiales sur la commune de Saint-Vincent-de-Paul

- Le **fossé ou l'estey** : Ces lignes d'eau sont la condition du drainage du fond de la vallée de l'Adour, avec tout un système de vannes ou d'écluses. Elles animent les barthes, délimitent les parcelles ou accompagnent les routes.



Figure 271: Etsey sur la commune de Saint-Martin-de-Seignaux

- Le **patrimoine lié à l'eau** : Les petits ouvrages ou les édifices sont les vestiges d'une activité économique et sociale autour de l'eau : moulins, lavoirs, fontaines... Lieux publics, les lavoirs sont souvent accessibles, révélant la présence de l'eau peu visible ou accessible par ailleurs. La fraîcheur et la clarté de l'eau donne l'occasion de faire une pause appréciée l'été.



Figure 272: Lavoir de Poyanne, commune de Poyanne

- Le **petit étang, la tonne de chasse** : Dans les barthes de nombreux petits étangs constituent autant de petits miroirs. Entourés de boisements ou ponctuant les prairies, certains ont été créés pour la chasse à la tonne.



Figure 273: Etang sur la commune de Cauna

- La **carrière alluviale** : Des gravières assez étendues se sont implantées dans la partie amont de l'Adour, laissant derrière elles de vastes plans d'eau. Elles révèlent la nature alluvionnaire du sous-sol dont les galets que l'on retrouve dans les constructions. Leurs abords sont souvent bordés par la végétation.



Figure 274: Carrière alluviale, commune de Gouts

- La **confluence** : Plusieurs confluences (Gaves Réunis, Luy, Midouze pour les plus importantes) constituent des évènements, certes pas toujours bien perceptibles. L'ouverture dans le coteau, l'élargissement du fond de la vallée à cet endroit, ou le mélange des eaux, les indique cependant.



Figure 275: Confluence entre l'Adour et le Midouze (Source: Alexandre Lérain)

- La **ferme barthière** : Très visibles dans l'Adour maritime, elles se succèdent le long de la route de digue bordant les barthes hautes.



Figure 276: Ferme barthière, commune de Saint-Martin de Seignaux

- **La digue, le chemin de halage** : Moyen technique de protection et de contention du fleuve, la digue est aussi une formidable opportunité d'accéder et de côtoyer l'eau. La digue et l'ancien chemin de halage sont empruntés sur de longs linéaires par la voie verte Scandibérique et par de petites routes.



Figure 277: Chemin de halage sur la commune de Josse

- Le **pont** : Point de vision unique sur le cours d'eau, depuis le pont la vue s'ouvre sans obstacle sur la perspective de la rivière. Souvent lié à l'urbanisation, il permet de découvrir le front bâti en même temps que l'Adour. Le pont est également souvent accompagné d'accès aux berges.



Figure 278: Pont sur l'Adour, commune de Sainte-Marie-de-Gosse

- L'**alignement d'arbres** : bordant certains axes, il accompagne et guide l'usager, matérialisant de loin le tracé de la voie. Sa présence forme un premier plan qui intègre mieux les activités la bordant. Ces alignements constituent un patrimoine végétal, centenaire par endroit, offrant une voute ombragée et fraiche l'été. Plus confidentiellement, on le retrouve avec des arbres plus petits, taillés en têtard, le long des routes dans les barthes.



Figure 279: Alignement d'arbres sur la commune de Mées

- Le **belvédère** : Les coteaux offrent ponctuellement des panoramas sur la vallée de l'Adour depuis les bourgs perchés au sommet ou à travers la végétation. Dans une vallée pas toujours facilement lisible, ces vues sont précieuses.



Figure 280: Vue du belvédère de Mugron, commune de Mugron

- Le **port et l'embarcadère** : Autrefois, point de commerce très important, le port a aujourd'hui un usage de loisirs nautiques et de promenade, et permet l'accès à l'eau sous forme d'une jetée ou d'un embarcadère.



Figure 281: Embarcadère sur la commune de Sainte-Marie-de-Gosse

- Le **bourg au bord de l'eau** : Quelques villes, bourgs ou villages se sont établis au bord ou à proximité de l'Adour. Certains offrent un front urbain le long des berges de part et d'autre d'un pont. Le fleuve se révèle alors plus qu'ailleurs.



Figure 282: Bourg de Saubusse

- Le **bourg en hauteur** : Certains villages et des bourgs sont implantés en crête des coteaux de l'Adour, souvent en limite et en transition avec les unités voisines. Ils se signalent par un clocher et quelques toitures, mais restent pour partie discret.



Figure 283: Saint-Bartélémy

- Les **paysages urbains** : L'unité de la vallée de l'Adour est bien articulée avec les unités paysagères voisines au niveau des bourgs et des villages. En effet, l'axe de communication que

représentait le fleuve cristallisait des places marchandes et d'échanges sur ses berges. Dans cet univers des barthes, le bâti qui se compose de corps de fermes ou de maisons isolées, s'est implanté en rive, généralement à l'embouchure d'un canal de drainage.

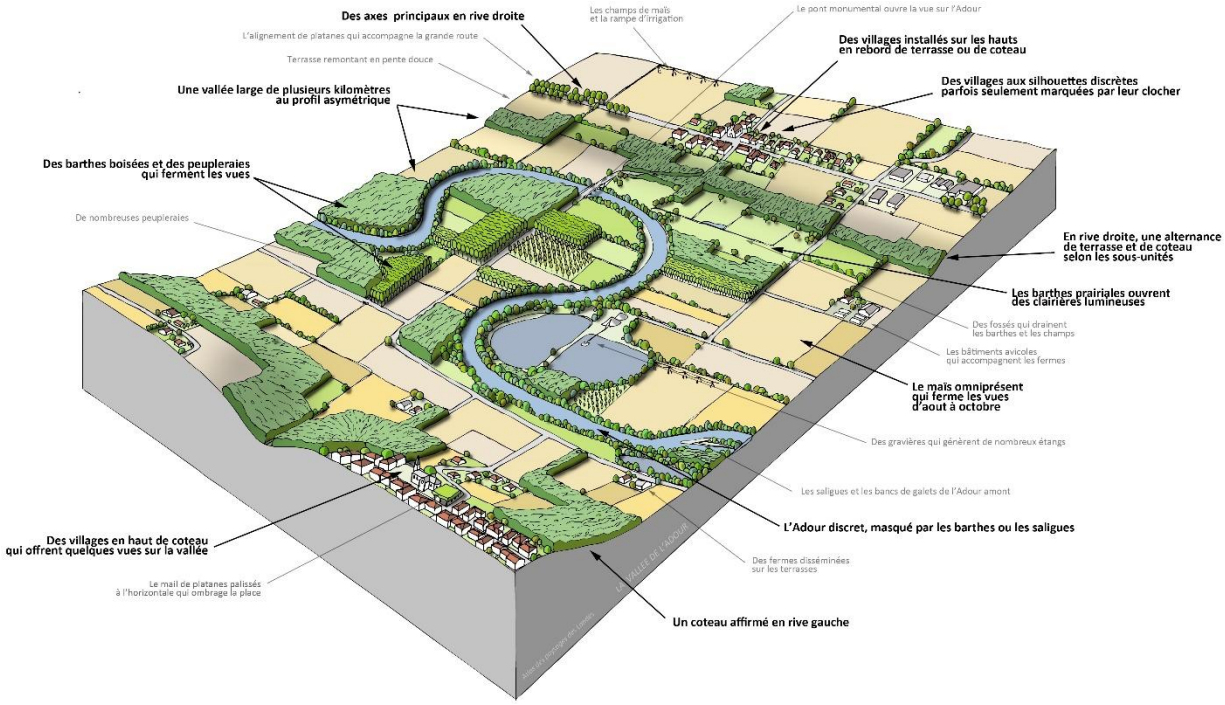
Description du paysage :

Sur la carte, l'Adour traverse d'est en ouest la totalité du département des Landes, traçant une vallée continue. Sur place, si le fleuve et ses abords humides constituent une réelle limite physique, force est de constater que la perception de la vallée reste limitée et fragmentée sur une grande partie de son linéaire. Seule la dernière partie, l'Adour Maritime, s'affiche clairement avec un fleuve d'une belle ampleur et des coteaux symétriques bien lisibles. Ailleurs, les coteaux dissymétriques sont moins présents. A cela il faut ajouter la largeur du fond de la vallée et des terrasses, qui amoindrit l'identification et la lecture de la vallée. Le fleuve, lui-même, bien que se manifestant par des crues saisonnières, reste discret dans la végétation et ne s'offre pas au regard, même depuis les belvédères des coteaux. Il ne se révèle qu'au moment de sa traversée. Mais c'est indéniable la vallée est bien là, créant globalement une large séparation tout en transition, entre le plateau forestier landais au nord et les ondulations agricoles de la Chalosse et du Tursan au sud.

La vallée de l'Adour change d'ambiances et de configuration plusieurs fois au cours de son parcours. Ainsi sur toute la partie amont, c'est le coteau en rive gauche qui se dresse dominant une vallée cultivée de maïs et l'ambiance naturelle de l'Adour avec les saligues. Puis on rencontre avant Dax un fond de barthes boisées de bonne ampleur, mais peu de repère des coteaux. Au niveau de Dax, l'urbanisation colonise les deux côtés de l'Adour cadré par des digues. Les coteaux sont très peu présents. De l'agglomération jusqu'à la confluence avec les gaves, le fleuve reste calibré et les barthes prairiales forment de grandes ouvertures isolées. La dernière partie, l'Adour maritime, montre un fleuve large et majestueux, bordé de coteaux qui l'encadrent.

Barthes et saligues sont une caractéristique majeure de la vallée de l'Adour, composant des paysages si particuliers. Les barthes prairiales surprennent par leur ouverture plate comme de grandes chambres, mais elles gardent tout de même une certaine intimité, limitées par les boisements. Dans un autre registre, les barthes de l'Adour Boisé, nous transposent dans une ambiance forestière profonde avec les chênes de grandes tailles ou les peupleraies. Le développement des arbres, favorisé par les alluvions déposées par les crues, donne une impression de puissance. L'humidité des fonds et la gestion de l'eau par les rigoles ou les fossés qui animent ces lieux, participent à leur diversité et leur découverte, avec une flore et une faune spécifique. Dans la partie amont de la vallée, les saligues proposent un aspect plus dynamique avec les bancs de galets et l'enchevêtrement de la végétation.

Compte tenu de l'expansion du fleuve à certaines périodes, l'urbanisation a pris place à bonne distance de l'eau, privilégiant les installations en haut de coteaux, avec des situations en belvédère, ou en rebord de terrasses alluviales. Les fonds de la vallée sont majoritairement vides de construction sur une bonne partie de la vallée, notamment dans les barthes, hormis des fermes ou quelques châteaux. Il est à noter cependant dans l'Adour Maritime une succession d'anciennes fermes en bordure des barthes, le long de la digue. Le cœur de l'agglomération de Dax encadre le fleuve, maintenu par des digues. Quelques villages et bourg se sont toutefois implantés à proximité de l'Adour, mais à l'abri des crues : Aire-sur-l'Adour, Cazères-sur-l'Adour, Grenade-sur-l'Adour, Saubusse. Les ponts qui y sont liés participent à la vision de ces rares fronts bâtis sur l'eau.



Enjeux paysagers :

Dans la Vallée de l'Adour, les principaux enjeux paysagers sont liés à la perception de la vallée et de l'eau, à la gestion des barthes et à la maîtrise des extensions urbaines.

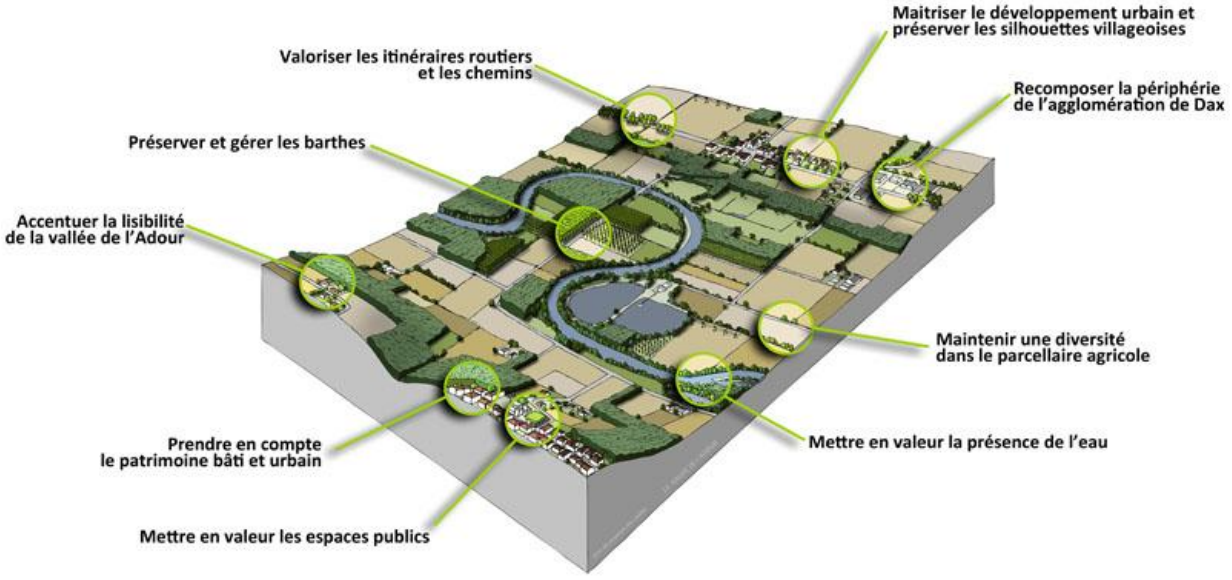


Figure 284: Enjeux paysagers de l'unité paysagère de l'Adour (Source: Atlas des paysages des Landes)

Zoom sur la sous-unité de l'Adour amont

Entre Aire et la confluence avec le Midouze, l'Adour Amont présente une vallée asymétrique avec un coteau affirmé en rive gauche et un vaste fond de vallée où s'étirent les champs de maïs.

Un coteau continu face à une plaine ouverte

La présence en rive gauche d'un coteau affirmé d'une soixantaine de mètres de hauteur, qui s'étend de Poyanne à Aire-sur-l'Adour, est la première caractéristique forte de cette sous-unité paysagère. Cette

ligne de force continue, majoritairement boisée donc plus sombre, souligne la longueur et la direction de la vallée. En contre-bas, un fond plat et les terrasses alluviales en pentes douces, forment une vaste plaine en polyculture très ouverte, peu arborée. En rive droite, une transition s'établit avec les boisements du Marsan ou du Bas-Armagnac Landais. Le contraste entre la plaine et le coteau est net, ce dernier cadrant les vues. Il permet une lecture du paysage avec les belvédères qui ouvrent des panoramas remarquables. L'Adour, en longs méandres étirés, reste peu lisible et ne se signale que par la saligue qui l'accompagne. Ces milieux humides avec des bancs de galets et une végétation foisonnante, donnent un caractère sauvage au fleuve. En contrepoints artificiels, le fond de vallée est ponctué de gravières, formant des plans d'eau successifs révélant autrement la présence de l'eau.

Des villages et des bourgs en belvédère ou proches du fleuve

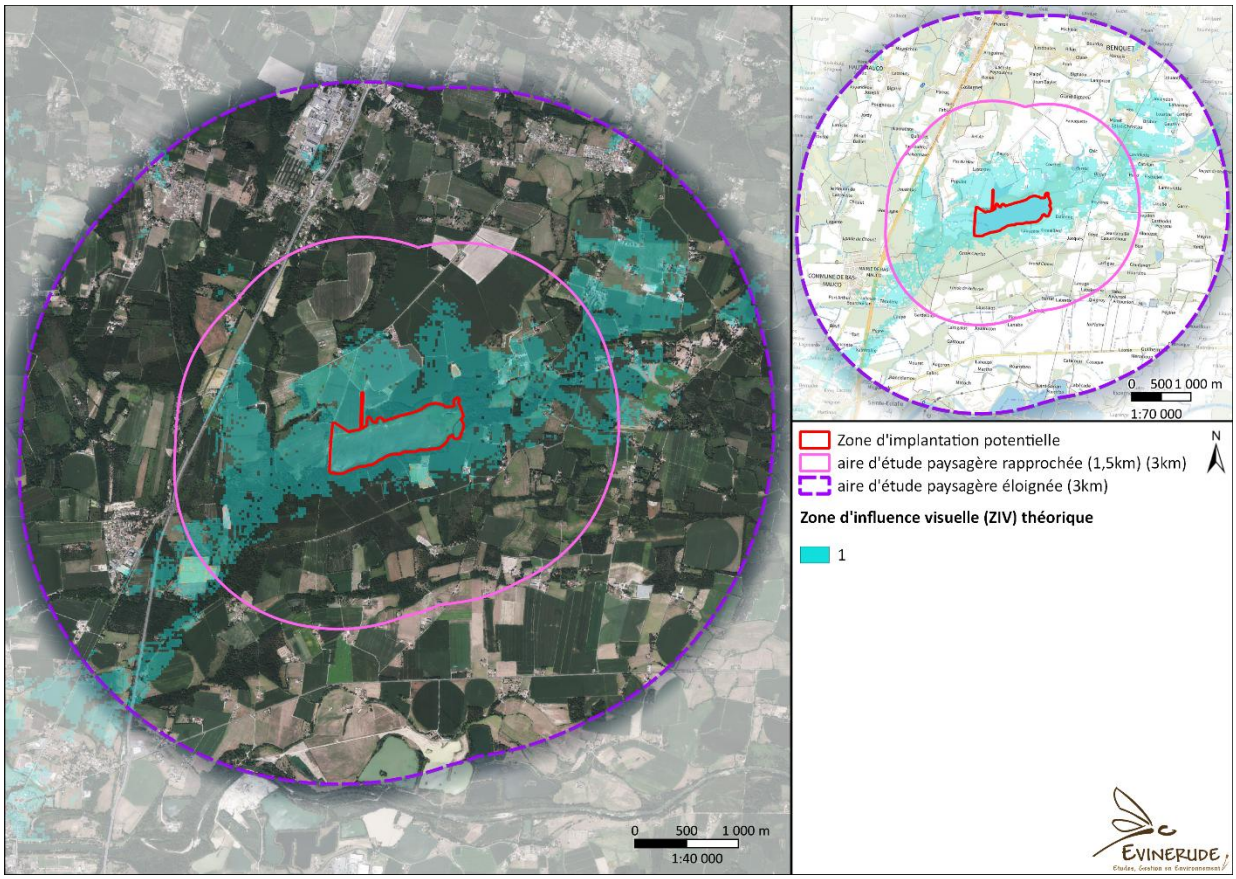
Du fait de l'ouverture du paysage et de la bonne visibilité du coteau, l'Adour Amont montre une tonalité habitée. De nombreuses fermes isolées, entourées de leurs terres, ponctuent les terrasses agricoles et leurs champs de maïs. Les villages ou les bourgs se sont installés avec une certaine diversité dans ce territoire. En rive gauche, ils ont colonisé les hauts du coteau, à cheval avec la Chalosse ou le Tursan, en situation de belvédère et offrant de larges panoramas. Ils signalent leur présence par un clocher (Montaut) ou une silhouette urbaine plus visible (Mugron). D'autres, en rive droite, tutoient l'Adour (Cazères-sur-l'Adour, Grenade-sur-l'Adour…), sur un rebord de terrasse. Aire-sur-l'Adour s'est même étendue à flanc de coteau en rive gauche affichant un étagement des maisons.

4.3 Zone d'influence visuelle et covisibilités générales du site d'étude

Afin de mieux appréhender les enjeux paysagers dans l'aire d'étude bibliographique, une carte des covisibilités théoriques, basée sur la topographie retrouvée en tout point du site, est réalisée.
Cette carte des covisibilités montre les zones maximales visibles, en tout point du site, pour un usager de 1,60m.
Cette carte ne prend pas en compte les différentes barrières visuelles pouvant masquer en partie ou en totalité le site d'étude comme les boisements, haies, zones urbaines…

Cette étude théorique permet de mettre en évidence que les visibilités sont limitées aux alentours directs du site d'étude situées directement en bordure de la retenue.
Dans l'aire d'étude éloignée, la visibilité théorique est limitée aux terres agricoles du sud-ouest, aux zones urbano-agricoles de l'est-nord-est et aux hameaux urbains alentours.

Au-delà de 3km, seules les zones les plus sensibles et possédant des enjeux marqués seront étudiées.



4.4 Patrimoine bâti et paysager – réglementé ou remarquable

4.4.1 Les édifices protégés au titre des Monuments Historiques, code du patrimoine

4.4.1.1 Généralités

Un monument historique (MH) est un immeuble bâti ou non (par exemple un jardin) ou un objet mobilier recevant un statut juridique particulier destiné à le protéger pour son intérêt historique, artistique, architectural afin qu'il soit conservé, restauré et mis en valeur. Ce statut est une reconnaissance par la Nation de l'intérêt patrimonial d'un bien. Cette protection implique une responsabilité partagée entre les propriétaires et la collectivité nationale au regard de sa conservation.
Cette protection est régie par le titre II du livre VI du code du patrimoine, plus précisément aux articles L. 621 et suivants, elle comprend 2 niveaux :

- **L'inscription** se fait dans le cadre régional. Elle est concrétisée par un arrêté du préfet de région après avis de la Commission régionale du patrimoine et de sites (CRPS). Tous les travaux sont soumis à une autorisation d'urbanisme, le maître d'ouvrage doit informer la conservation régionale des monuments historiques (CRMH) à la DRAC.
- **Le classement** est une mesure de reconnaissance nationale, proposé par arrêté du ministre chargé de la Culture et de la Communication après avis de la Commission nationale des monuments historiques. Comme pour l'inscription, les travaux doivent faire l'objet d'une autorisation administrative particulière accordée par le préfet de région.

En l'absence d'un périmètre délimité aux abords, la **protection au titre des abords** s'applique à tout

immeuble, bâti ou non bâti, visible du monument historique ou visible en même temps que lui et situé à moins de **500 m** de celui-ci. L'Architecte des Bâtiments de France est consulté pour tous les travaux dans ce périmètre « automatique » autour du monument.

4.4.1.2 Monuments historiques de l'aire d'étude paysagère et covisibilités

Aucun monument historique ou périmètre de protection de MH n'est inclus dans l'aire d'étude paysagère éloignée.
Le MH le plus proche du site d'étude est le Château d'Estignols situé sur la commune d'Aurice, et est situé à 4,7km à l'ouest du site d'étude. Il est situé en dehors de la zone d'influence visuelle théorique.

Au regard de l'absence de MH dans l'aire d'étude et de l'absence de MH dans la ZIV théorique, l'enjeu lié aux monuments historiques est nul.

4.4.2 Les sites inscrits et classés

4.4.2.1 Généralités

La politique des sites a pour objectif de préserver les espaces de qualité et remarquables au plan paysager. Tous les travaux susceptibles de modifier l'état ou l'aspect des lieux d'un site sont soumis au contrôle du Ministre chargé des sites ou du Préfet du département. À l'instar des Monuments Historiques, les sites sont catégorisés selon deux niveaux de protection : l'inscription et le classement.
Un site inscrit ou classé est un espace naturel ou bâti de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque qui nécessite d'être conservé.

4.4.2.2 Sites inscrits et classés dans l'aire d'étude paysagère et covisibilités

Aucun site inscrit et/ou classé n'est présent dans l'aire d'étude paysagère.
Le site classé le plus proche est la terrasse de morlanne située sur la commune de Saint-Sever, à 5,1 km du site d'étude.

Au regard de l'absence de site inscrit ou classé dans l'aire d'étude et de la distance entre le site d'étude et le site le plus proche, l'enjeu est considéré nul

4.4.3 Les sites patrimoniaux remarquables (SPR), code du patrimoine

4.4.3.1 Généralités

L'article L. 631-1 du Code du patrimoine prévoit que : « Sont classés au titre des sites patrimoniaux remarquables les villes, villages ou quartiers dont la conservation, la restauration, la réhabilitation ou la mise en valeur présente, au point de vue historique, architectural, archéologique, artistique ou paysager, un intérêt public ».
Les anciens secteurs sauvegardés, les Anciennes Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP) et les Anciennes Aires de mise en Valeur d'Architecture et du Patrimoine

(AVAP) constituent désormais des sites patrimoniaux remarquables (loi n° 2016-925 du 7 juillet 2016 relative à la liberté de la création, à l'architecture et au patrimoine).

Un site patrimonial remarquable est classé par décision du ministre chargé de la culture après avis de la Commission nationale du patrimoine et enquête publique, sur proposition, ou après accord de l'autorité compétente en matière de plan local d'urbanisme.
Un site patrimonial remarquable peut être doté, soit d'un Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur (PSMV), soit d'un Plan de Valorisation de l'Architecture et du Patrimoine (PVAP). L'article L. 313-1 du Code de l'urbanisme précise en effet que « un Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur (PSMV) peut être établi sur tout ou partie du site patrimonial remarquable créé en application du titre III du livre VI du Code du patrimoine. Sur le périmètre qu'il recouvre, il tient lieu de plan local d'urbanisme ». Sur les parties non couvertes par un PSMV, un plan de valorisation de l'architecture et du patrimoine (PVAP) doit être établi. Le PVAP a le caractère de servitude d'utilité publique, annexée aux documents d'urbanisme. Le contenu du PVAP est défini aux articles L.631-3 et L.631-4 du Code du patrimoine. L'accord de l'Architecte des Bâtiments de France est nécessaire pour les travaux situés dans le périmètre d'un site patrimonial remarquable.

4.4.3.1 Sites patrimonial remarquable dans l'aire d'étude paysagère et covisibilités

Aucun SPR n'est inclus dans l'aire d'étude paysagère. Le plus proche est situé sur la commune de Saint-Sever.

Au regard de l'absence de SPR dans l'aire d'étude et de la distance entre le site d'étude et le site le plus proche, l'enjeu est considéré nul

4.4.4 Les sites archéologiques

4.4.4.1 Généralités

Créés par la loi du 1er août 2003 relative à l'archéologie préventive, les zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA) se substituent aux zones de saisine instituées par la loi de 2001 qui elles-mêmes succédaient aux périmètres de protection archéologique pris dans le cadre du décret 86-192.
Les zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA), sont des zones dans lesquelles les travaux d'aménagement soumis à autorisation d'urbanisme (permis de construire, permis d'aménager, permis de démolir) et les zones d'aménagement concerté (ZAC) de moins de trois hectares sont présumés faire l'objet de prescriptions d'archéologie préventive avant leur réalisation.
Les ZPPA ne sont pas une servitude d'urbanisme, mais elles figurent dans le porter à connaissance réalisé par les services de l'État pour la conception des documents de planification du territoire (PLU, SCOT).

4.4.4.2 Sites archéologiques dans l'aire d'étude paysagère et covisibilités

Aucune ZPPA n'est située dans l'aire d'étude paysagère. La plus proche est située sur la commune de Sainte-Eulalie au sud-ouest du site d'étude.

Au regard de l'absence de ZPPA dans l'aire d'étude et de la distance entre le site d'étude et le site le plus proche, l'enjeu est considéré nul

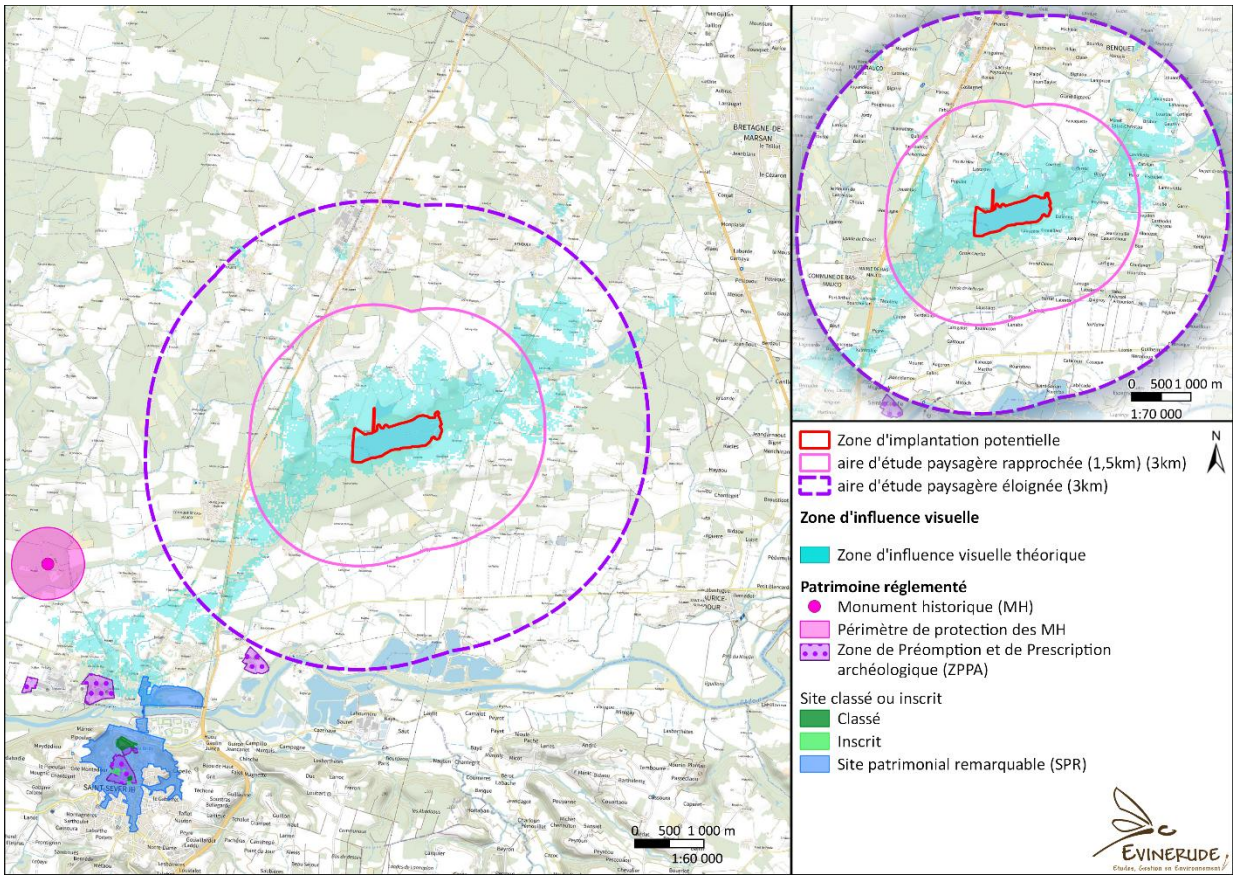


Figure 285: Carte des sites patrimoniaux réglementés

4.4.5 Article L.151-19 du code de l'urbanisme (ex 123-5-7 Code de l'urbanisme)

4.4.5.1 Généralités :

L'article L.151-19 du Code de l'urbanisme indique que « le règlement peut identifier et localiser les éléments de paysage et délimiter les quartiers, îlots, immeubles, espaces publics, monuments, sites et secteurs à protéger, à mettre en valeur ou à requalifier pour des motifs d'ordre culturel, historique ou architectural et définir, le cas échéant, les prescriptions de nature à assurer leur préservation. »

La protection peut s'appliquer à des espaces boisés, prairies, berges, zones humides, quartiers, ensembles homogènes, bâtiments militaires, religieux, mais également des fermes, bâtiments à usage artisanal ou industriel, villas d'un type architectural particulier. Les éléments plus ponctuels sont également protégeables avec les arbres, haie, trame végétale, mare, chemin, muret, clôtures, terrasse, statue, fontaine, ancienne cheminée, espace public, vestiges archéologiques, façades, éléments de modénature… mais non les intérieurs.

4.4.5.2 Commune de Benquet

La commune de Benquet est couverte par le PLUi de Mont-de-Marsan Agglomération. Le PLUi identifie plusieurs éléments patrimoniaux, de qualité urbaine, architecturaux, environnementaux et/ou paysagère à préserver sur la commune. Les bourgs sont notamment inclus dans ces périmètres. Sur la commune de Benquet, aucun Espace Boisé Classé (EBC) n'est identifié. Des éléments ponctuels sont

également identifiés à protéger au titre du L.151-19 et L.151-23 du code de l'urbanisme. Parmi eux, seul le château d'Artiguères est situé dans l'aire d'étude paysagère, mais en dehors de la Zone d'influence visuelle (ZIV).
Sur Benquet, les éléments patrimoniaux ou du paysage sont situés en dehors de l'aire d'étude paysagère rapprochée et seul le bourg principal coupe l'aire d'incidence visuelle.
L'enjeu est considéré faible.

4.4.5.3 Commune de Bas-Mauco

La commune de Bas-Mauco est couverte par un PLU. Ce PLU identifie des espaces boisés classés (EBC) protégés, mais uniquement en dehors du site d'étude et en dehors de la ZIV. Le PLU identifie également deux éléments ponctuels du patrimoine à préserver sur la commune, à proximité de la Mairie et de la chapelle. Ces éléments sont situés en dehors de l'aire d'étude paysagère rapprochée et en dehors de la ZIV. Une zone archéologique est également identifiée au PLU, à 350 m au sud-ouest du site d'étude. Elle comprend une zone de sensibilité archéologique, établie au titre de l'article R. 111-4 du Code de l'urbanisme, dans laquelle, une autorisation ou un permis ne peut être délivré qu'après consultation du SRA de la DRAC. Elle est située en partie dans la ZIV.
L'enjeu lié est considéré modéré au regard de la proximité d'une zone archéologique avec le site d'étude.

4.4.5.4 Commune de Saint-Sever

La commune de Saint-Sever est couverte par un PLU qui identifie des éléments de paysage, de patrimoine et de point de vue, des espaces boisés classés, et des éléments ponctuels du patrimoine protégé au titre de l'article L.151-19 et L.151-23 du code de l'urbanisme. Aucun de ces éléments n'est inclus dans l'aire d'étude paysagère éloignée ni dans la ZIV. Aussi l'enjeu sur cette commune est considéré nul.

4.4.5.5 Commune de Haut-Mauco

La commune de Haut-Mauco est couverte par un PLU qui identifie de nombreux éléments surfaciques du patrimoine ou du paysage à protéger, mettre en valeur, des EBC, des arbres remarquables et des éléments ponctuels du paysage à protéger. Dans l'aire d'étude paysagère, on retrouve 12 arbres remarquables, situés en dehors de la zone d'implantation potentielle. La commune, via son PLU, met en évidence des espaces boisés classés, mais situés ne dehors de la zone d'implantation potentielle. On retrouve dans l'aire d'étude paysagère 18 éléments bâtis patrimoniaux (corps de ferme, moulins…). Aucun de ces éléments n'est présent dans l'aire d'étude paysagère rapprochée. L'enjeu est très faible.

4.4.5.6 Commune de Montgaillard

La commune de Montgaillard est couverte par une carte communale. Aucun élément du patrimoine ou élément paysager n'est inclus dans l'aire d'étude paysagère. L'enjeu est considéré nul.

4.4.5.7 Saint-Maurice-sur-Adour

La commune de Saint-Maurice-sur-Adour est couverte par le PLUi du Pays Grenadois qui identifie les éléments du patrimoine, éléments paysagers, espaces boisés classés à préserver. Aucun de ces éléments n'est inclus dans l'aire d'étude paysagère aussi, l'enjeu est considéré nul.

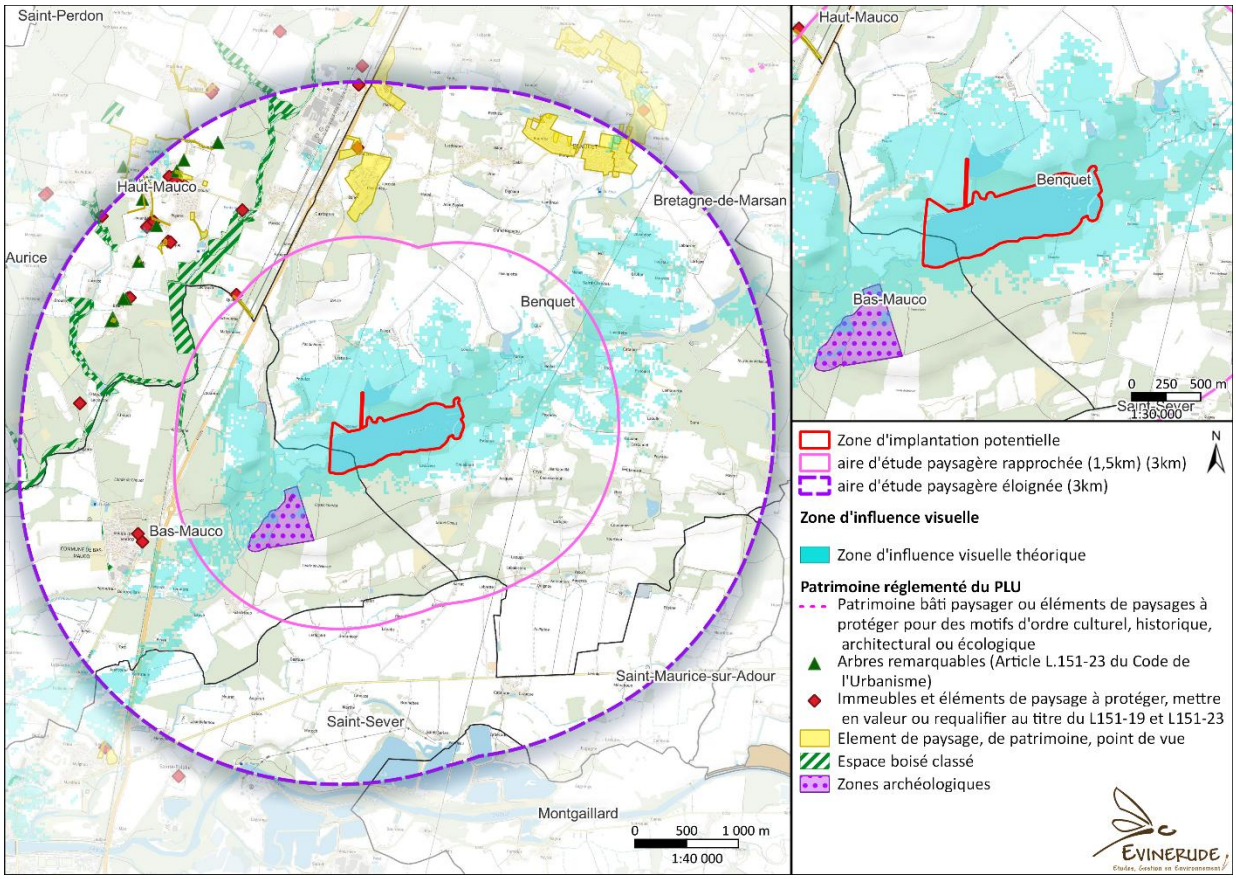


Figure 286: Carte des éléments paysagers, du patrimoine ou environnementaux inscrits au PLU et à protéger au titre de l'article L.151-19 et L151-23 du code de l'urbanisme (Source : PLU des communes concernées)

Aucun élément du patrimoine protégé par les PLU ou documents d'urbanismes des communes de l'aire d'étude paysagère n'est présent sur le site d'étude ou dans la ZIV. A noter qu'une zone de recherche archéologique est présente sur la commune de Bas-Mauco et à proximité du site d'étude. L'enjeu est donc faible.

4.4.6 Eléments du patrimoine non réglementé

Le périmètre étendu compte également plusieurs monuments patrimoniaux et édifices religieux ne bénéficiant pas de statut de protection. Il s'agit de Chapelles, Eglises, Stèles, bâti remarquable, éléments hydrauliques….

Aucun patrimoine non réglementé spécifique n'est présent dans l'aire d'étude paysagère rapprochée.
Dans l'aire d'étude rapprochée, on retrouve le chemin de St-Jacque de Compostelle passant au sud du site.
Sur les communes de Haut-Mauco, de Bas-Mauco, de St-Eulie et de Benquet, quelques éléments du patrimoine bâti sont retrouvés : fontaines, chapelles, calvaires, mairie… mais aucun n'est situé dans l'aire d'étude paysagère rapprochée ni dans la ZIV.

L'enjeu est considéré nul.



Figure 287: de gauche à droite: Eglise Saint-Médard, Calvaire sur la commune de Bas Mauco, Eglise Saint-Christophe de Benquet, Calvaire sur la commune de Benquet

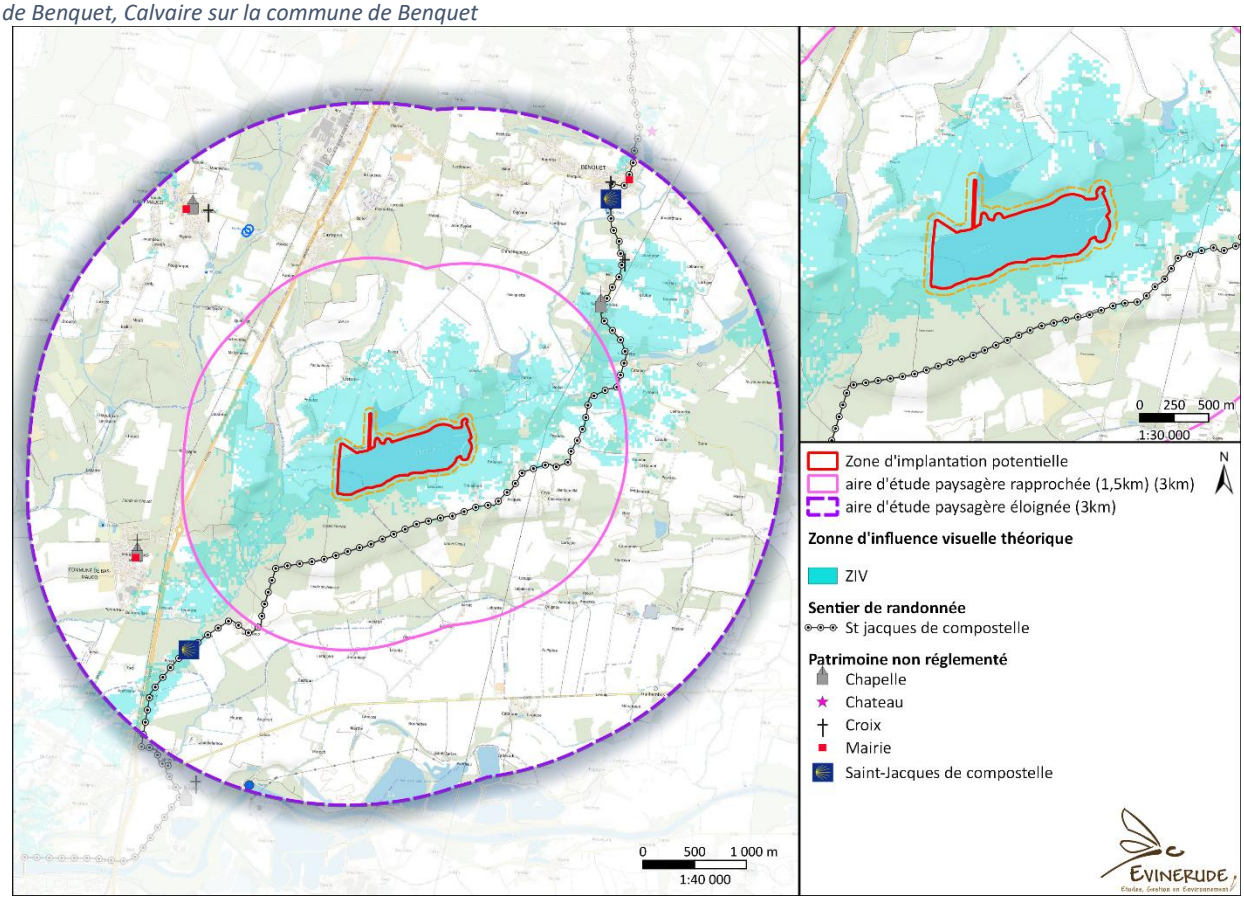


Figure 288: Carte des éléments patrimoniaux non réglementés de l'aire d'étude paysagère éloignée

4.5 Le paysage de l'aire d'étude rapprochée et du site d'étude

4.5.1 Paysages de l'aire d'étude rapprochée

Le site d'étude s'inscrit dans une mosaïque de paysages agricoles ouverts et boisés, parcouru par un réseau de chemins agricoles et routes secondaires.



Figure 289: Forêt du Marsan (14)



Figure 290: de gauche à droite: plantation de pin maritime, culture de maïs et boisement de feuillus (Source : Google street view)

Au nord du site d'étude, on retrouve principalement des milieux ouverts agricoles, alors qu'au sud, des milieux boisés s'expriment en majorité.



Figure 291: Parcelles agricoles du Populot depuis le chemin du populot

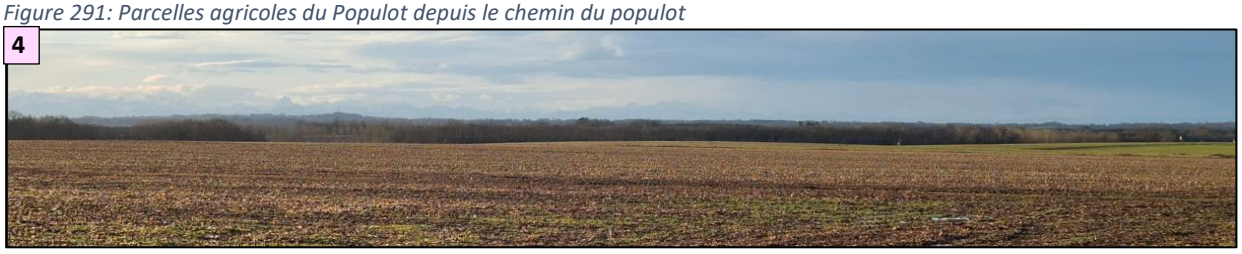


Figure 292: Cultures et milieux agricoles

Une voie ferrée et une route départementale (Avenue du Marsan) sont retrouvées à l'extrême ouest de l'aire d'étude paysagère rapprochée



Figure 293: Voie ferrée (Source: Google street view)



Figure 294: Avenue du marsan (Source: Google street view)

Quelques patchs urbains viennent s'intégrer dans ces paysages ruraux, principalement composés de bâtiments agricoles et bâtiments d'habitat.



Figure 295: Bâtiments agricoles de Payos- Chemin du Populot (Source: Google street view)



Figure 296: Bâtiments agricole et habitations au Parroc - Chemin du Parroc (Source: Google street view)



Figure 297: Bâti du Chic, Chemin du Paroc (Source: Google street view)



Figure 298: Hameau du Gouaillard (Source: Google street view)



Figure 299: Estienne



Figure 300: Bâtiments agricoles et d'habitat de Lastate – Chemin de Populot (Source : Google street view)

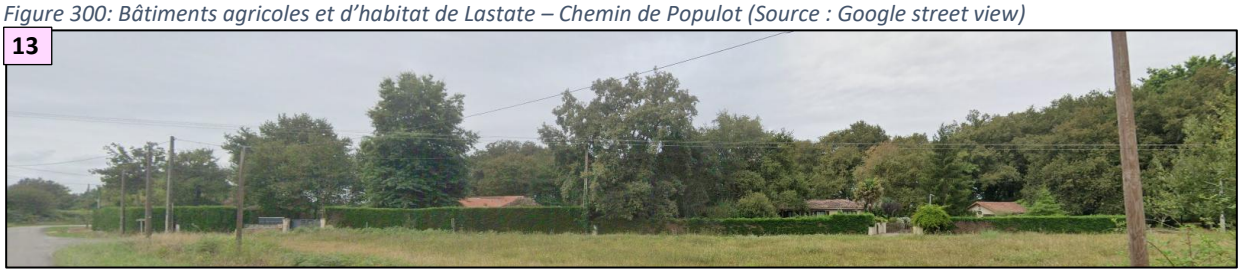


Figure 301: Habitation le long de la route du Sarrat (Source: Google street view)



Figure 302: Bâtiments de Laouzère (source: Google street view)

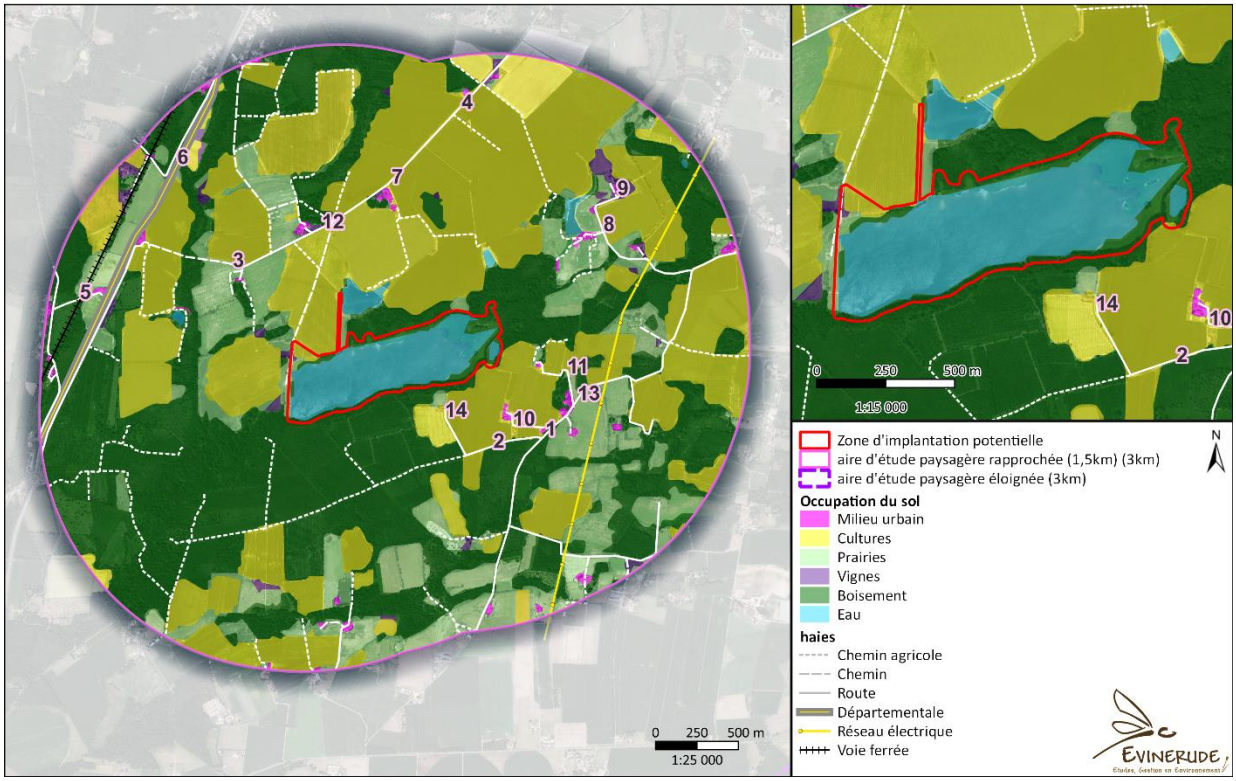


Figure 303: Paysages de l'aire d'étude

4.5.2 Paysage du site d'étude

4.5.2.1 Paysages aquatiques et retenues ou digues

Le site d'étude est principalement situé sur un réservoir de barrage avec une digue en amont (est du site) et une retenue en aval (ouest du site).



Figure 304: Vue sur le réservoir du sud-est du site d'étude (1)



Figure 305: Vue sur le réservoir depuis la berge sud du site (2)



Figure 306: Vue sur le réservoir depuis la digue ouest (3)



Figure 307: Vue sur le réservoir depuis la berge nord du site d'étude (4)

Ces milieux aquatiques offrent des paysages ouverts, et plans limités aux berges qui présentent une topographie assez marquée pour former une première barrière visuelle.
Ces berges portent des habitats boisés et alignements d'arbres qui forment les principales limites visuelles sur le site d'étude.

4.5.2.2 Paysages forestiers et arborés

A l'exception du nord-ouest du site d'étude, le réservoir est bordé par des milieux forestiers naturels et plantés plus ou moins denses (Aulnaie, Saulaie, Aulnaie-chênaie, Plantation de peuplier) ou alignement d'arbres plantés. Ces milieux arborés forment des barrières visuelles denses non perméables sur une grande majorité du site.



Figure 308: Vue sur les boisements mixtes d'Aulnes et chênes du sud de la rive sud depuis la rive nord du site (4)



Figure 309: Vue sur les rives boisées du nord et du sud du site d'étude depuis l'ouest du site (5)

Quelques trouées permettent des covisibilités entre les milieux ouverts retrouvés à proximité du site d'étude et le site d'étude, notamment en période hivernale, à feuilles tombées.



Figure 310: Vue sur la plantation de Peupliers du sud du site depuis le chemin de Laouzère (6)

Au nord-est du site d'étude, des alignements de peupliers sont retrouvés au bas d'une coupe forestière et de milieux agricoles et forment des barrières visuelles perméables peu denses en période hivernale, donnant sur les milieux agricoles du nord-est du site.



Figure 311: Vue sur l'alignement de Peupliers devant une trouée en rive nord-est depuis la digue de l'ouest du site d'étude (5)

Au sud-est du site, des plantations de peupliers forment des barrières visuelles perméables sur les milieux agricoles du sud-est du site d'étude.



Figure 312: Vue sur les plantations de Peupliers de la rive sud-est formant une trouée depuis la digue de l'ouest du site d'étude (5)



Figure 313: Vue sur la plantation de Peupliers de la rive sud-est formant une trouvée depuis le chemin de Estienne (7)

4.5.2.3 Paysages agricoles et ouverts



Figure 314:Vue sur les milieux ouverts agricoles au nord-ouest du site d'étude depuis la retenue à l'ouest du site d'étude (8)



Figure 146 : Vue sur le site d'étude depuis les milieux agricoles du nord-ouest (9)



Figure 315: Vue sur le site d'étude depuis les milieux ouverts au nord-ouest du site d'étude (10)

4.5.2.4 Paysages anthropiques

La digue aval est accompagnée d'une station de pompage qui forme un milieu anthropique sur le site d'étude.



Figure 316: Retenue aval du site d'étude (3) et station de pompage (11)

Deux chemins d'accès sont retrouvés sur le site d'étude. Un chemin agricole au sud, en provenance de Laouzère et un chemin au nord-ouest donnant sur la digue.



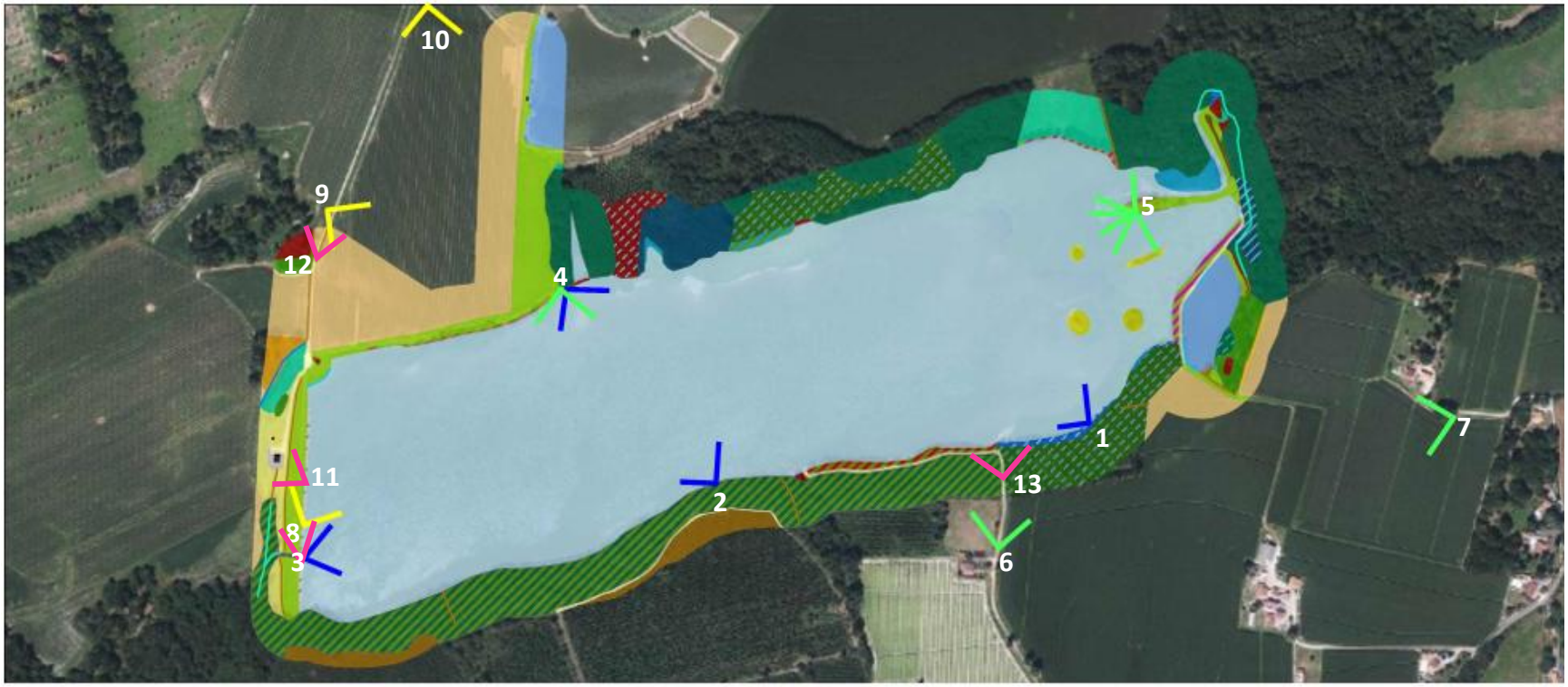
Figure 318: Vue sur le site d'étude depuis le chemin d'accès au nord-ouest (12)



Figure 317: Chemin agricole, accès au nord-ouest du site d'étude (12)



Figure 319: Chemin agricole de Laouzère (13)



Habitats naturels et anthropiques

Intitulé (EUNIS/EUR28)

- Alignement d'arbres (G1.5/)
- Alignement d'arbres sur roncier (G5.1/)
- Alignement de Saules (G5.1/)
- Alignement de peupliers (G5.1/)
- Aulnaie marécageuse (G1.411/)
- Aulnaie rivulaire sur joncs et prêles (G1.2115/)
- Bati (J2/)
- Boisement mixte d'Aulnes et de Chênes (G1.B x G1.85/)
- Bosquet de Chênes (G5.2/)
- Cariçaie (D5.213/)
- Chemin (H5.64/)
- Déchets (J6/)
- Enrochement (J5/)
- Exutoire
- Ilots de végétations (F9.1/)
- Jonchaie (E3.417/)
- Jonchaie et cariçaie (E3.417 x D5.213/)
- Lac (C1.3/)
- Lande à fougère aigle (E5.31/)
- Monoculture (I1.1/)
- Pelouse entretenue (E2.65/)
- Plantation de Pin maritime (G3.F12/)
- Plan d'eau (C1.3/)
- Plantation peuplier (G1.C1/)
- Plantation peupliers sur mégaphorbiaie (G1.C11/)
- Plantation peupliers sous strate ronce et ajoncs (G1.C1/)
- Pont (J5/)
- Prairie humide à joncs (E3.42/)
- Prairie mésophile (E2.21/)
- Roncier (F3.131/)
- Saulaie de Saule cendré (F9.21/)
- Saulaie rivulaire (F9.21/)
- Talus (E5.12/)
- Zone rudérale (E5.12/)

Habitats linéaires

Intitulé (EUNIS/EUR28)

- Cours d'eau (C3.1/)
- Fossé (J5.41/)
- Fossé humide (J5.41 x E3.42/)
- Haie de fougère aigle (E5.31/)
- Jonchaie (E3.417/)

N

Mètres
0 50 100 200

4.6 Paysage perçu

4.6.1 Facteurs influençant les covisibilités

4.6.1.1 Relief

Le site d'étude est situé à un niveau topographique bas par rapport aux milieux qui l'entourent. En effet le site d'étude est directement en lien avec le ruisseau de Saint-Christau et les reliefs légèrement creusés formés par ce cours d'eau.
Le site est situé sur un plateau agricole peu vallonné aux vues dégagées et lointaines permises par les milieux ouverts agricoles.

En raison de sa situation topographique, les vues sur le site d'étude sont principalement retrouvées aux alentours proches. Au nord les vues seront possibles jusqu'au chemin de Populot, mais limitées par les boisements présents au nord de la retenue. A l'est, sans prendre en compte la végétation, le relief permet des vues proches jusque Bédat, et des vues peu marquées jusqu'à Lamourette. Au sud, les berges plus marquées forment des barrières visuelles limitant les covisibilités à 250m des berges, qui, sans prendre en compte la végétation, sont limitées au sud-est par le chemin de l'Estienne, le bâtiment agricole du Gouillard, le chemin d'accès de Laouzère et plus à l'ouest à des distances plus courtes.
A l'ouest les covisibilités potentielles (sans prendre en compte les barrières végétales) s'étendent le long de la rive nord du ruisseau de Saint-Christau et sont possibles jusqu'à l'avenue de Marsan.

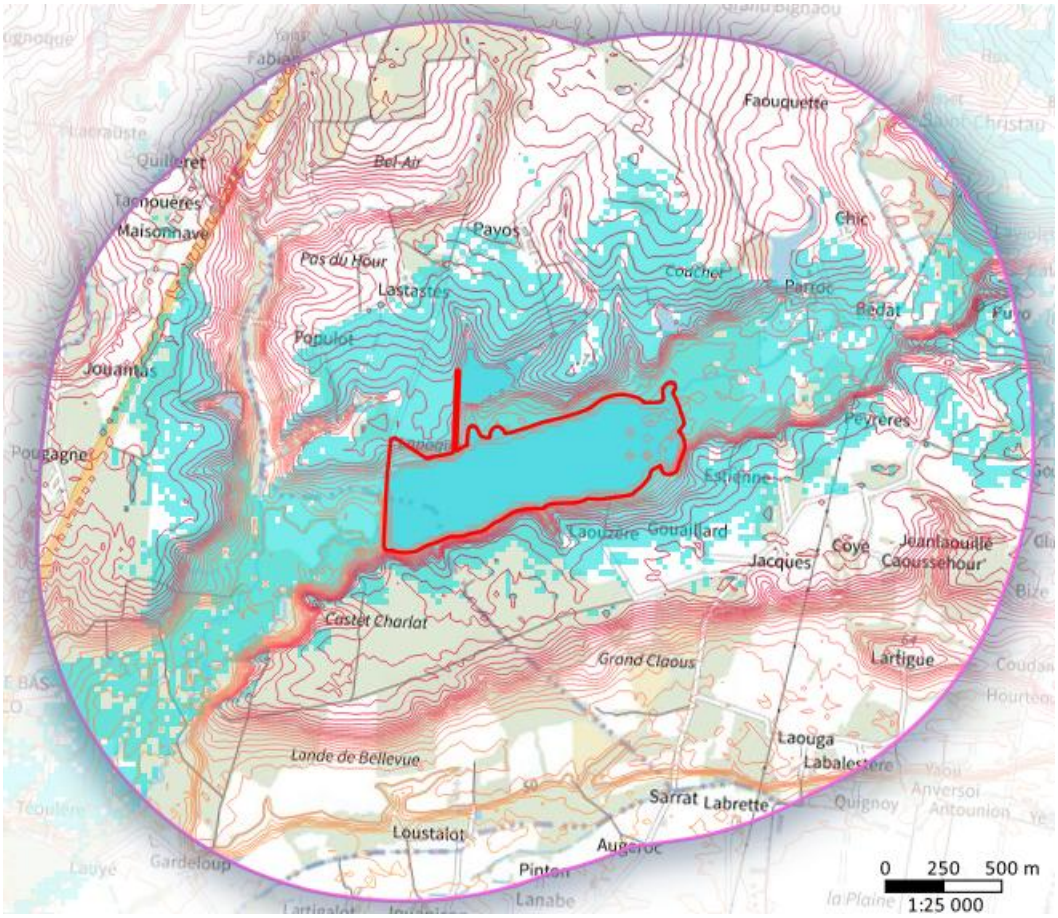


Figure 320: Rappel de la zone d'influence visuelle (ZIV) dans l'aire d'étude rapprochée

4.6.1.2 Boisements

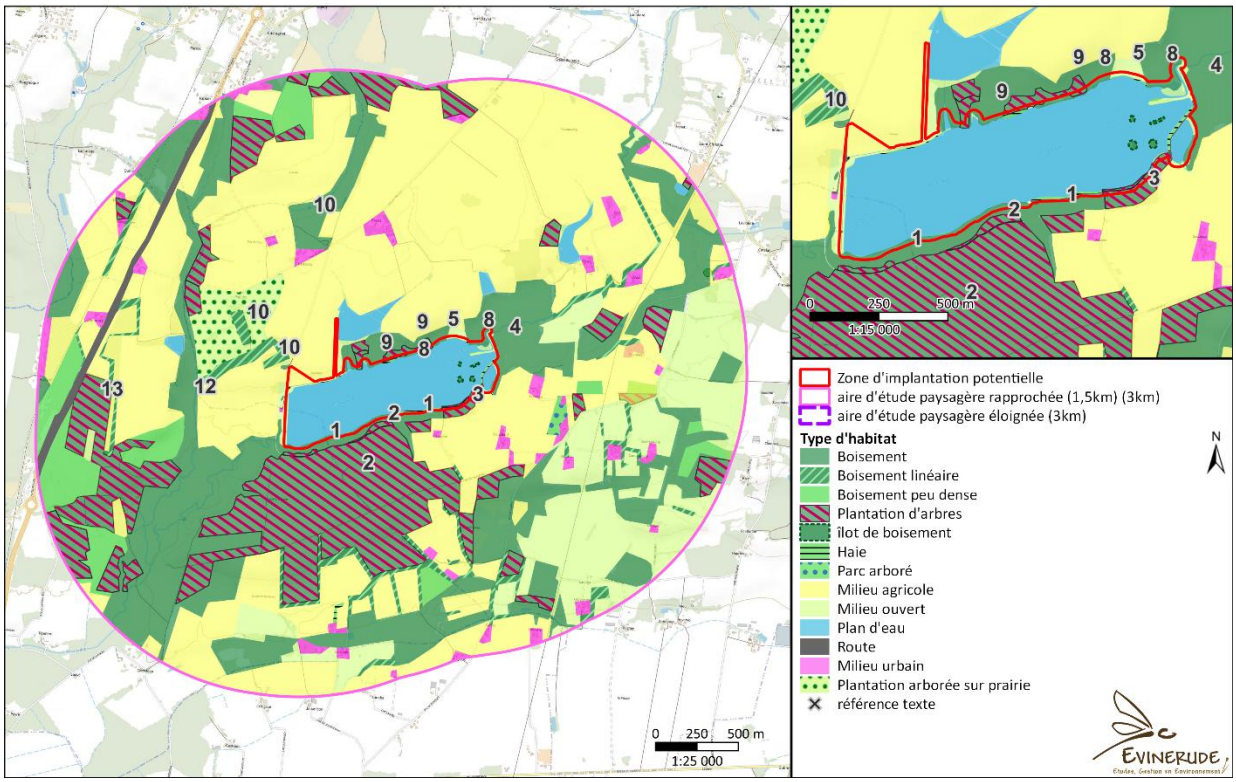
Les boisements, en fonction de leur hauteur et de leur densité, forment des barrières visuelles et limitent les covisibilités.
Autour du site d'étude, des boisements, principalement composés de feuillus sont retrouvés et réduisent les covisibilités.
Les boisements mixtes d'Aulnaie-Chênaie (1), complétés des plantations de pins maritimes (2) situés sur les deux-tiers ouest du sud du site d'étude.
A l'est du sud du site d'étude, des plantations de Peupliers (3) forment des barrières visuelles perméables, notamment en période hivernale. Ces boisements limitent les covisibilités, mais pas totalement.
L'est du site d'étude est bordé par des boisements de Chênes et d'Aulnaie marécageuse (4) denses formant une barrière visuelle nette avec les paysages s'étendant à l'est du site.
Au nord-est, une trouée (5) est retrouvée entre deux Aulnaies (8). Un alignement de Peuplier y masque en partie les covisibilités, sans former une barrière visuelle dense et totale.
Sur la rive nord, des Aulnaies et Saulaies denses (9) forment des barrières visuelles avec les paysages agricoles du nord du site d'étude.
Au nord-ouest du site d'étude, aucun boisement dense n'est retrouvé, mais des petits îlots de boisement et boisements linéaires (10) forment des barrières visuelles ponctuelles vers les nord-ouest.
A l'ouest du site, des mosaïques de milieux ouverts, friches arborées, boisements accompagnant le ruisseau de Lagralote (12) et plantation de pins maritimes (13) forment des barrières visuelles lointaines avec le site d'étude.

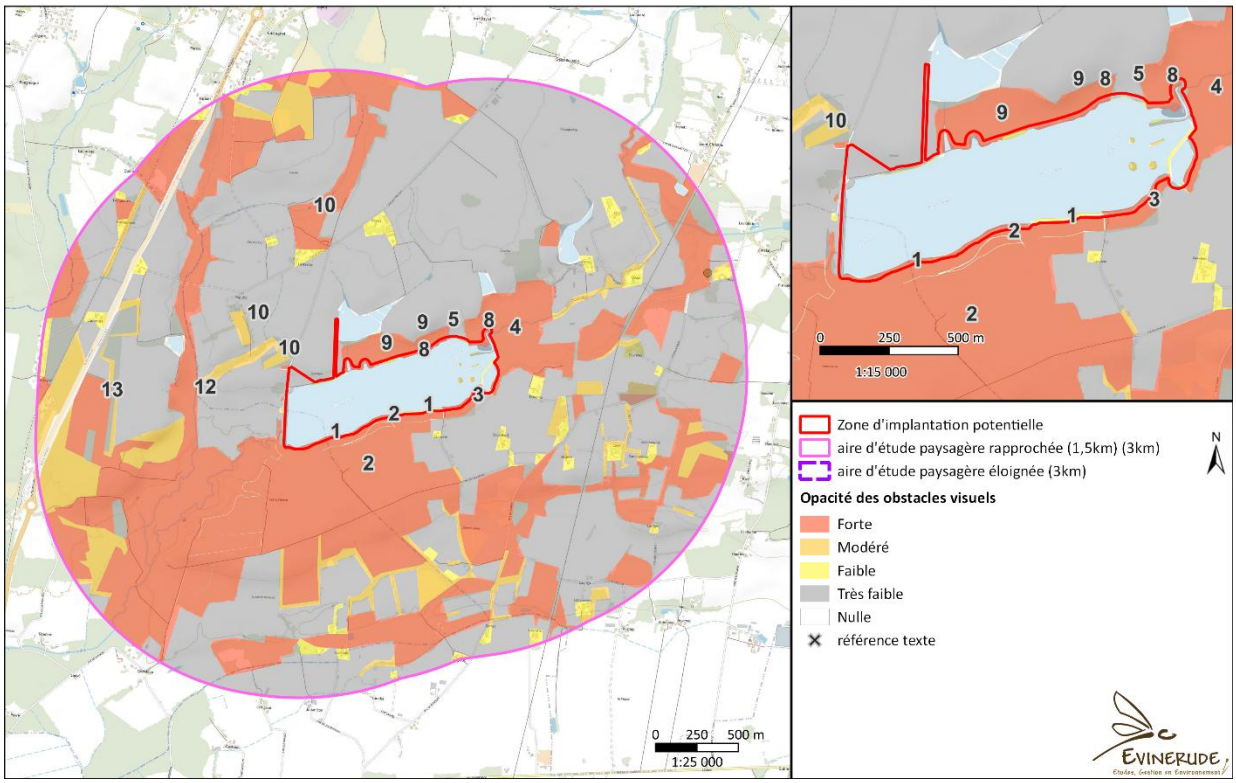
4.6.1.3 Haies et alignements d'arbres

Les haies et alignements d'arbres forment des obstacles visuels peu denses et souvent perméables en période hivernale.
Au niveau de la trouée (5) au nord-est du site d'étude, un alignement de peuplier réduit les covisibilités avec les milieux ouverts au nord, sans en masquer totalement la vue.

4.6.1.4 Zones bâties

Dans les zones bâties, la végétalisation des espaces extérieurs par des plantations d'arbres ornementaux ou fruitiers participe à la création d'obstacle aux covisibilités.


Zone d'implantation potentielle
aire d'étude paysagère rapprochée (1,5km) (3km)
aire d'étude paysagère éloignée (3km)
Type d'habitat
Boisement
Boisement linéaire
Boisement peu dense
Plantation d'arbres
îlot de boisement
Haie
Parc arboré
Milieu agricole
Milieu ouvert
Plan d'eau
Route
Milieu urbain
Plantation arborée sur prairie
référence texte
N
0 250 500 m
1:25 000
0 250 500 m
1:15 000


Zone d'implantation potentielle
aire d'étude paysagère rapprochée (1,5km) (3km)
aire d'étude paysagère éloignée (3km)
Opacité des obstacles visuels
Forte
Modéré
Faible
Très faible
Nulle
référence texte
N
0 250 500 m
1:25 000
0 250 500 m
1:15 000

4.6.2 Zone d'influence visuelle réelle

La zone d'influence visuelle réelle est obtenue en prenant en compte les facteurs influençant les covisibilités : le relief, la végétation, l'urbanisation.

Les covisibilités le plus proches du site d'étude sont les plus marquées, mais l'intensité et donc l'enjeu lié au covisibilités diminue avec l'éloignement au site d'étude.
Quand aucun obstacle visuel n'est présent, la covisibilité est limitée par le relief. Elle est considérée forte dans cette zone.
Lorsqu'une barrière visuelle temporaire ou perméable est présente, la covisibilité est considérée modéré.

Sur le site d'étude, les principales covisibilités sont retrouvées à l'ouest et au nord du site.
Au nord-est du site, une trouée végétale et retrouvée, et est en partie masquée par un alignement de peupliers, laissant tout de même apparaître des covisibilités assez proches en période hivernale.
Au sud-ouest du site d'étude, les plantations de peupliers n'offrent pas une opacité visuelle complète aussi, le site reste visible malgré la présence de milieux arborés.

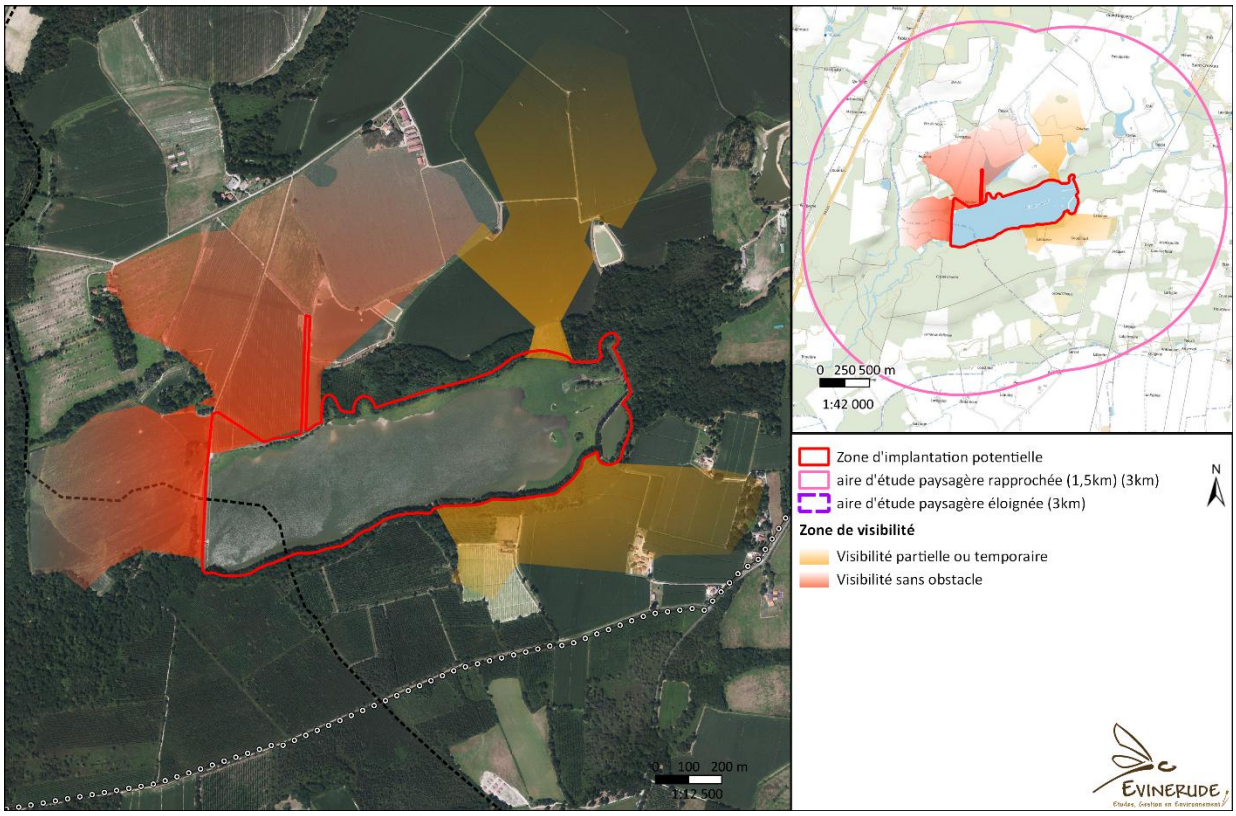


Figure 321: Zone d'influence visuelle réelle

4.6.3 Covisibilités avec le patrimoine réglementé

Pour rappel, aucun enjeu lié au patrimoine réglementé n'a été identifié précédemment.
Les expertises terrain confirment l'absence de covisibilité possible avec un élément du patrimoine réglementé de l'aire d'étude paysagère rapprochée ou éloignée.

L'enjeu des covisibilités avec le patrimoine réglementé est nul.

4.6.4 Covisibilités avec les éléments du patrimoine non réglementé

Aucun élément du patrimoine non réglementé n'est présent à proximité direct du site d'étude.

Il n'existe aucune covisibilité avec le patrimoine non réglementé identifié ci-avant, aussi l'enjeu est considéré nul.

4.6.5 Covisibilités avec les axes de découverte

Les axes de découverte regroupent les axes routiers, voies ferrées et chemins piétons ou cyclables. Autour du site d'étude, les axes de déplacement sont peu nombreux.

Les chemins agricoles le plus proches du site possèdent des visibilités marquées avec le site d'étude, mais souvent réduites par la présence de végétation arborée.



Figure 322: Vue sur le site depuis le chemin de Louazère



Figure 323: Vue partielle sur le site d'étude depuis le chemin d'Estienne



Figure 324: Vue sur le site d'étude depuis le chemin d'accès au nord-ouest du site d'étude



Figure 325: Vue sur le site d'étude depuis le chemin d'accès au nord-ouest du site d'étude

Le chemin du Populot au nord ne possède pas de covisibilité directe avec le site d'étude en raison de la topographie. Le site d'étude est dans un léger creux topographique, aussi, la visibilité sur le plan d'eau depuis le chemin de Populot n'est pas possible à hauteur d'homme.



Figure 326: Vue vers le site depuis le Chemin de Populot – Absence de covisibilités



Figure 327: Vue vers le site depuis le Chemin de Populot – Absence de covisibilités



Figure 328: Vue vers le site d'étude depuis le chemin de Populot - Absence de covisibilités

Des chemins de randonnées, notamment du chemin de Saint-Jacques de Compostelle, il n'existe pas de covisibilités avec le site d'étude.

Les covisibilités les plus marquées sont retrouvées sur le chemin d'accès au nord-ouest du site d'étude. Sur ce chemin, l'enjeu est fort. Sur les autres chemins menant aux habitations et bâtiments agricoles, les covisibilités sont faibles à modérées.

4.6.6 Covisibilités avec les habitations et bâtiments agricoles

Certaines covisibilités entre les bâtiments agricoles ou habitations et le site d'étude sont retrouvées des berges du plan d'eau.

Au nord du site, les covisibilités existent entre la ferme de Populot et le site d'étude (berge sud), notamment avec le bâtiment les plus à l'ouest. La construction est un bâtiment d'habitation accompagnant un corps de ferme. Les covisibilités sont marquées sur la façade orientée sud-est du bâtiment, le reste étant masqué par un écran végétal dense. La covisibilité est directe, aussi un enjeu modéré y est associé.



Figure 329: Vue sur la ferme du Populot depuis la berge sud du site d'étude

Les covisibilités avec la ferme de Payos sont également directes et sont marquées avec les berges opposées et la digue. Les covosibilités concernent principalement les bâtiments agricoles, mais l'habitation est également visible du site d'étude, malgré une végétation arborée environnante. L'enjeu lié à ces covisibilités indirectes (obstacle visuel) est considéré modéré.



Figure 330: Vue sur la ferme de Payos depuis la digue

Au sud-est du site d'étude, les covisibilités avec les bâtiments agricoles sont également marquées dans le secteur du Gouillard. Les covisibilités sont limitées par un écran végétal. Seule la partie haute du bâtiment agricole, sans fenêtre, est concernée, aussi l'enjeu est considéré faible avec ce bâtiment.



Figure 331: Vue sur la ferme du Gouillard depuis la berge sud du site d'étude

Des bâtiments de l'Estienne, les covisibilités avec le site d'étude sont également existantes, même si partielles car limitées par les plantations de Peupliers à l'ouest. Le bâtiment concerné est le bâtiment situé le plus à l'ouest, sur ses façades ouest et sud. Le bâtiment offre des vues sur le plan d'eau au premier plan, au sud de la retenue. Au regard de la distance entre l'habitation et le site d'étude, et ce, malgré la présence de plantations arborées, l'enjeu lié à cette covisibilité est considéré modéré.



Figure 332: Vue sur le site d'étude depuis la limite de la ferme d'Estienne

Les bâtiments de Laouzères possèdent également des covisibilités avec le site d'étude. Elles sont plus marquées vers l'est du site d'étude où la plantation de peuplier forme une trouée partielle et permet des covisibilités. En revanche, vers l'ouest, les covisibilités sont très limitées par les boisements mixtes plus denses. L'enjeu lié aux covisibilités avec ces bâtiments est considéré modéré.



Figure 333: Vue sur le site d'étude depuis l'entrée de la ferme de Laouzère

4.6.7 Synthèse des covisibilités

Les covisibilités sur le site d'étude sont limitées aux secteurs proches du site d'étude et sont également limitées par une végétation arborée présente sur les rives du site d'étude.
Les covisibilités étudiées précédemment prennent en compte le niveau de visibilité maximal. Cette visibilité aura tendance à évoluer toute l'année, au fil des saisons et donc de la présence de feuille, mais également de la présence de culture haute (maïs) qui réduisent grandement les covisibilités à hauteur d'homme. En période de végétation maximale, la visibilité sera donc réduite.

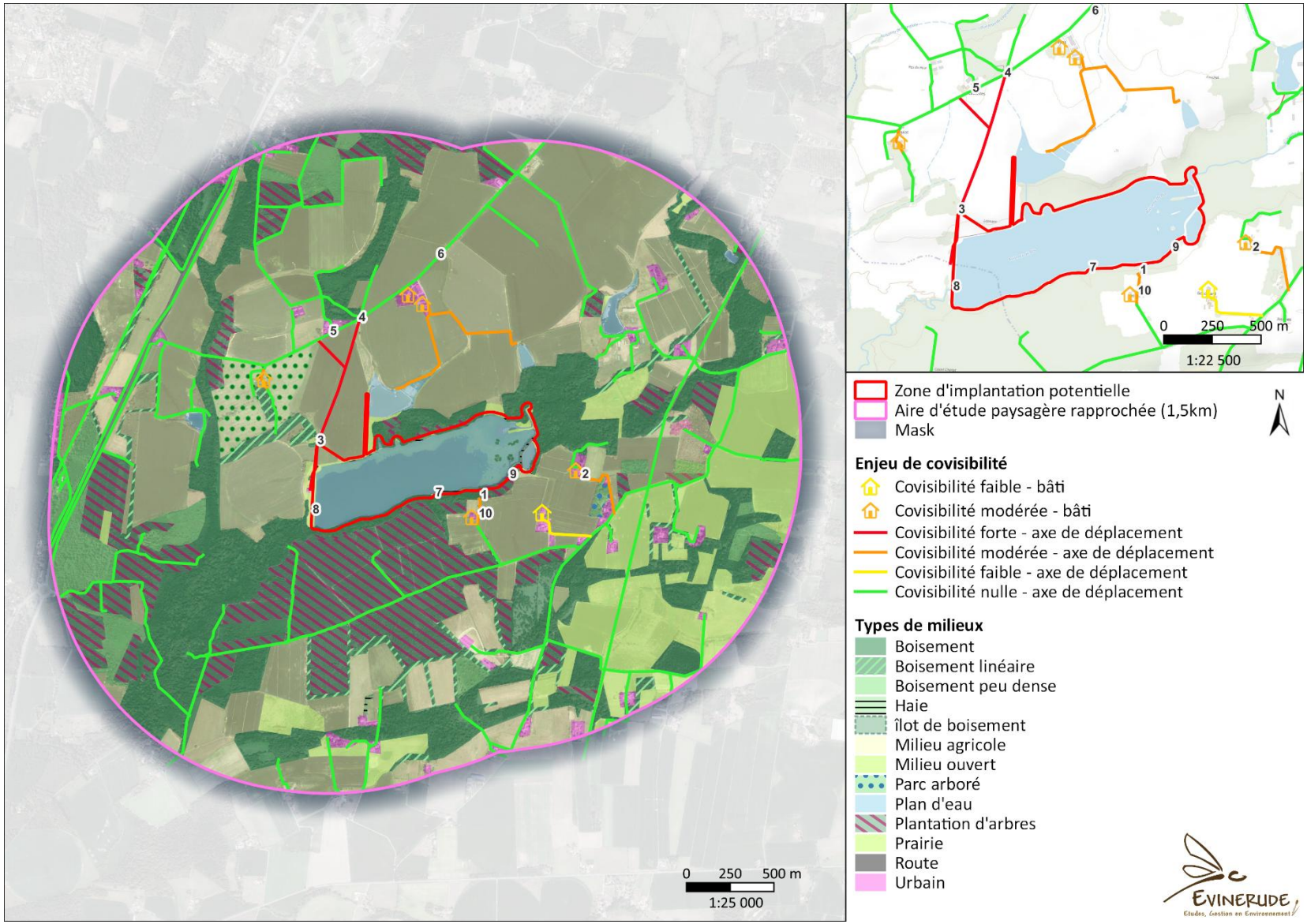


Figure 334: Synthèse des covisibilités

4.7 Synthèse des enjeux paysagers

Tableau 30: Synthèse des enjeux paysage

Thématique			Enjeu	Descriptif
Paysages et patrimoine	Contexte paysager		-	Le site d'étude est situé dans l'unité paysagère de Marsan qui présente des paysages de transition entre la Grande Lande et les pays du sud-Adour et offre des paysages de clairières agricoles cernées de bois de pins. Le site d'étude est également à proximité de la sous-unité paysagère de l'Adour-Amont. La vallée de l'Adour ouvre un large sillon où barthes, saligues et champs s'organisent en fonction des crues du fleuve.
	Patrimoine bâti et paysager	Monuments historiques	Nul	Aucun monument historique ou périmètre de protection de MH n'est inclus dans l'aire d'étude paysagère éloignée.
		Sites inscrits ou classés	Nul	Aucun site inscrit et/ou classé n'est présent dans l'aire d'étude paysagère.
		Site patrimonial remarquable	Nul	Aucun SPR n'est inclus dans l'aire d'étude paysagère. Le plus proche est situé sur la commune de Saint-Sever.
		Site archéologique	Faible	Aucune ZPPA n'est située dans l'aire d'étude paysagère. La plus proche est située sur la commune de Sainte-Eulalie au sud-ouest du site d'étude. Sur la commune de Bas-Maucos, le PLU identifie une zone archéologique à proximité du site d'étude.
		Patrimoine ou paysage protégé dans les documents d'urbanisme (PLU(i))	Faible	Aucun élément du patrimoine protégé par les PLU ou documents d'urbanismes des communes de l'aire d'étude paysagère n'est présent sur le site d'étude ou dans la ZIV. A noter qu'une zone de recherche archéologique est présente sur la commune de Bas-Mauco et à proximité du site d'étude. L'enjeu est donc faible.
		Patrimoine non réglementé	Nul	Aucun patrimoine non réglementé spécifique n'est présent dans l'aire d'étude paysagère rapprochée.
	Paysage de l'aire d'étude rapprochée et du site d'étude	Aire rapprochée	-	Le site d'étude s'inscrit dans une mosaïque de paysages agricoles ouverts et boisés, parcouru par un réseau de chemins agricoles et routes secondaires. On y retrouve également une voie ferrée, un réseau électrique aérien et des bâtiments agricoles et destinés à l'habitat.
		Site d'étude	-	Le site d'étude est principalement situé sur un réservoir de barrage avec une digue en amont (est du site) et une retenue en aval (ouest du site). Le plan d'eau est majoritairement entouré par des berges boisées de boisement humide (Aulnaie marécageuse), de boisements mixtes, des plantations (pins maritimes et peupliers) qui forment des trouées visuelles. A l'est du site, le plan d'eau est bordé par des paysages agricoles ouverts.
	Paysage perçu	Covisibilités avec le patrimoine réglementé	Nul	Les expertises terrain confirment l'absence de covisibilité possible avec un élément du patrimoine réglementé de l'aire d'étude paysagère rapprochée ou éloignée.
		Covisibilité avec les éléments du patrimoine non réglementé	Nul	Il n'existe aucune covisibilité avec le patrimoine non réglementé
		Covisibilité avec les axes de déplacement	Faible à fort	Les covisibilités les plus marquées sont retrouvées sur le chemin d'accès au nord-ouest du site d'étude. Sur ce chemin, l'enjeu est fort. Sur les autres chemins menant aux habitations et bâtiments agricoles, les covisibilités sont faibles à modérées.
		Covisibilités avec les habitations et bâtiments agricoles	Faible à modéré	Certaines covisibilités entre les bâtiments agricoles ou habitations et le site d'étude sont retrouvées des berges du plan d'eau, notamment au nord-ouest et au sud-est du site d'étude.

5. Impacts bruts sur le paysage

5.1 Rappel des caractéristiques du projet

Le projet vise à l'installation d'une centrale flottante photovoltaïque sur une retenue d'eau à usage d'irrigation. Elle est formée de deux îlots pour une surface totale de 12,2ha, pour un taux de recouvrement compris entre 58,5% en période de niveau bas, et 35,37% en période de hautes eaux.

Les accès se feront par le nord du site d'étude et nécessiteront la mise en place de voiries légères te voiries lourdes.

L'implantation des locaux techniques sera localisée sur les berges au nord du site, dans les milieux ouverts et agricoles.

5.2 Effets paysagers du projet

5.2.1 Les effets paysagers règlementaires

L'emprise du projet ne recoupe pas d'éléments ou périmètres du paysage ou du patrimoine protégé ou inscrit dans les documents d'urbanisme.
Le projet n'entrainera aucun impact direct sur les éléments suivants :

- Monuments historiques
- Sites inscrits et classés
- Sites archéologiques
- Site patrimonial remarquable
- Eléments inscrits ou protégés par les documents d'urbanisme

Le projet n'aura pas d'impact paysager d'un point de vue règlementaire.

5.2.1 Les effets paysagers temporaires (phase chantier et démantèlement)

Les effets paysagers temporaires sont ceux liés aux travaux eux-mêmes. En effet la phase chantier entraine des impacts visuels temporaires en diminuant la végétalisation et en augmentant la fréquentation sur le site d'étude. La base vie est la plus impactante.

La base vie sera visible depuis les cheminements agricoles et depuis des fermes de Laouzère et de Payos. Les covisibilités sont directes et en partie diminuées par le relief amené par les berges. L'impact temporaire du projet sur le paysage perçu est considéré faible.

5.2.1 Simulations visuelles par photomontage

5.2.1.1 Localisation des prises de vue des photomontages

L'incidence visuelle du projet est analysée à travers deux photomontages.

Un premier photomontage (PM1) est réalisé au niveau de la digue et du déversoir à l'ouest du projet et permet d'appréhender les dimensions du projet et le recouvrement lié. On pourra également y apercevoir les accès situés au nord et les postes techniques prévus.

Un deuxième photomontage (PM2) est réalisé avec une vue sur les postes techniques situés sur la berge au nord du site.

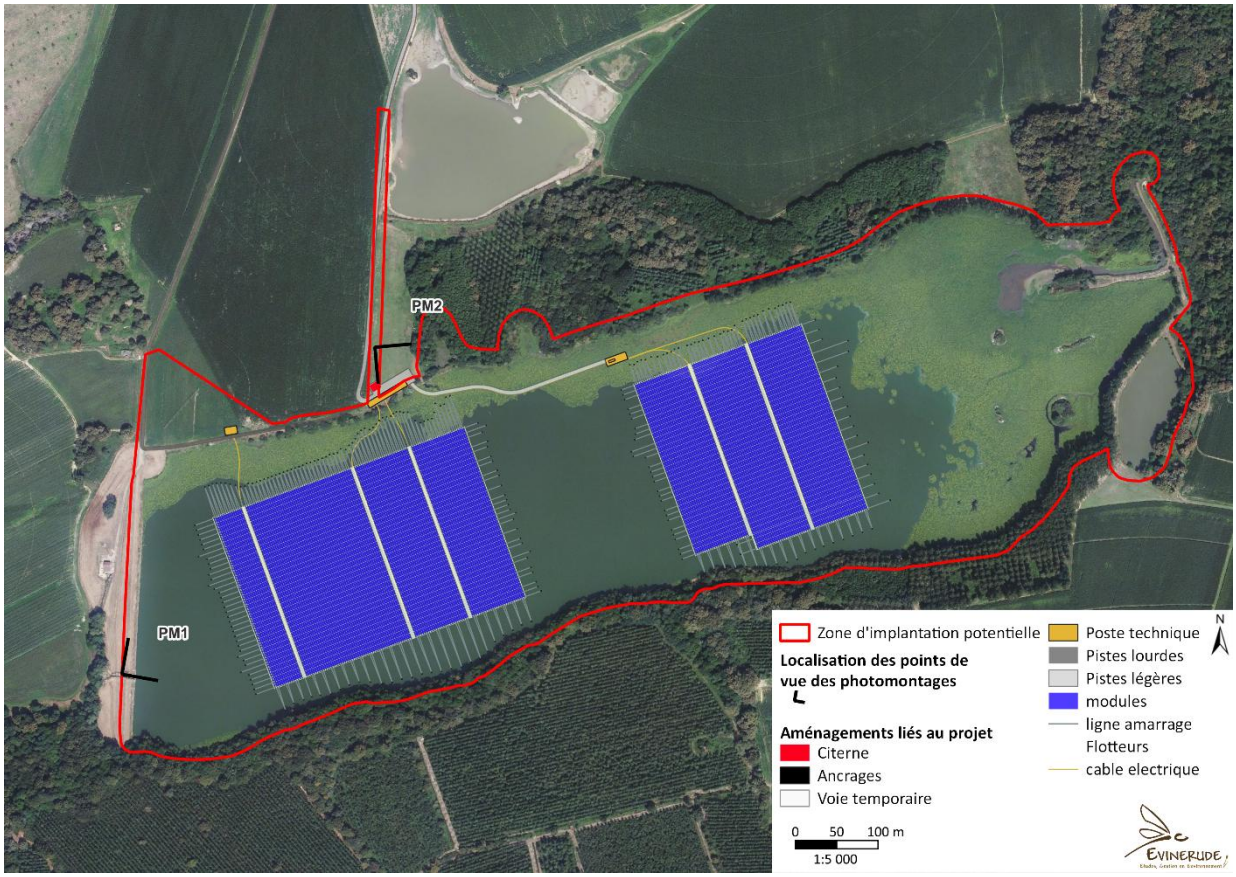


Figure 350: Localisation des points de vue liés aux photomontages

5.2.1.2 Analyse du photomontage N°1 – Prise de vue depuis le déversoir de la digue

Analyse de l'état initial

Le point de vue offre une vue dégagée sur la rive nord de la retenue et sur les berges légèrement pentues retrouvées de part et d'autre du chemin d'accès. On y aperçoit, au loin, les bâtiments agricoles de la ferme de Payos au loin.
La berge offre des espaces boisés et des alignements d'arbres à l'est des champs de culture.



Analyse de l'état projeté

Ce point de vue offre une vue sur les différents postes techniques, voies d'accès créées, et porte principalement sur l'îlot ouest.

Les postes techniques, sont disposés en bordure de retenue, au pied d'une pente légèrement marquée qui permet de les masquer en grande partie depuis les bâtiments situés plus au nord. Seul le haut de ces bâtiments pourra être visible depuis ceux-ci.
Les voies lourdes créées suivent des chemins agricoles existants qui mènent à la digue, ne modifiant donc pas significativement l'existant.
La création de la voie SDIS (voirie légère) suit les courbes de niveau et se localise entre deux types de culture. La séparation étant déjà marquée par les types de cultures différents, la voirie n'entraine pas de changement visuel significatif.

Le projet s'implante à distance des berges. Il sera en partie masqué des bâtiments par les haies buissonnantes retrouvées le long de la retenue.

Au centre du photomontage, les postes techniques de plus grandes dimensions sont intégrés dans des milieux boisés et arbustif permettant en grande partie de les masquer depuis les différents points de vue.

Au loin, les postes sur pilotis apparaissent, masqués depuis les vues du nord par les boisements rivulaires.



Figure 351: PM1 - Vue depuis la berge

5.2.1.3 Analyse du photomontage N°1 – Prise de vue depuis le nord du site – future voie SDIS

Analyse de l'état initial

Le point de vue offre une vue dégagée sur la retenue. On retrouve à gauche de la photo, les boisements et haies longeant la prairie.
Une haie et alignement d'arbres peu denses sont retrouvés sur la rive nord (la plus proche de nous).
La rive sud présente des paysages densément boisés sur une majeure partie, et un alignement d'arbres offrant une vue légèrement transparente sur des prairies, sur la gauche de la photo



Analyse de l'état projeté

La simulation visuelle a pour objectif de montrer les différents aménagements retrouvés sur la berge nord de la retenue.

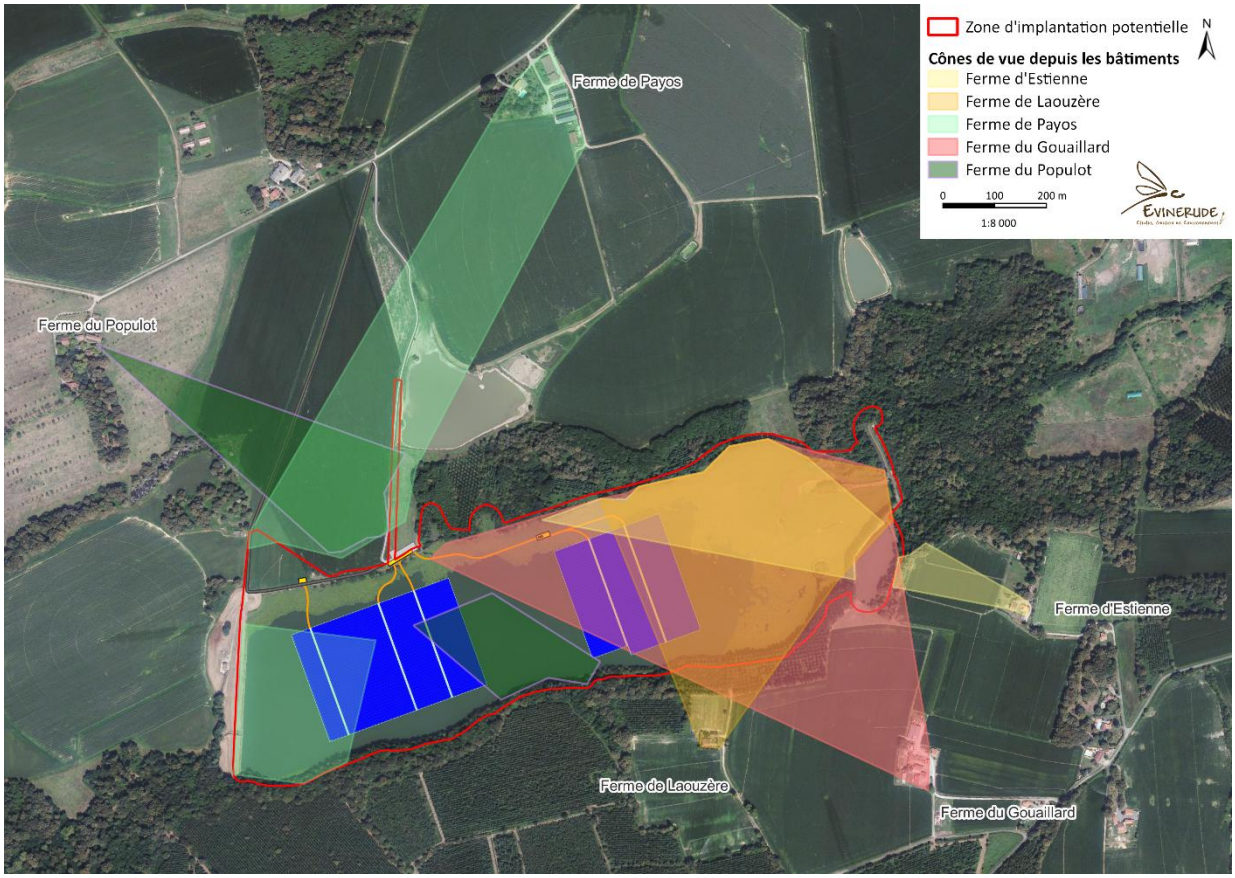
On peut apercevoir sur la retenue, les deux îlots et apprécier la distance qui les sépare.

Les postes techniques seront situés en bordure proche de la retenue et entourés d'une clôture de sécurité. La citerne est retrouvée en premier plan sur la visualisation.



5.2.1 Les effets paysagers permanents

5.2.1.1 Rappel de l'aire d'incidence visuelle



5.2.1.2 Cônes de covisibilités sur le site de projet depuis les éléments bâtis

Les covisibilités sur le parc flottant depuis les différents éléments sont décrites ci-dessous :

- Depuis la **ferme du Populot** : Depuis la ferme du Populot, les visibilités sont possibles sur une partie de l'îlot le plus à l'ouest depuis le bâtiment le plus à l'est.

- Depuis la **ferme de Payos** : Depuis la ferme de Payos, des visibilités directes sur une partie de l'îlot le plus à l'ouest sont possibles depuis les bâtiments agricoles au sud de la ferme, et des vues indirectes sont possibles à travers la végétation depuis le bâtiment d'habitation. Ces co-visibilités sont éloignées.

- Depuis la **ferme du Gouillard** : Seules des visibilités très ponctuelles et indirectes sont possibles avec le plan d'eau. Le projet se situant sur la partie ouest du plan d'eau, il ne sera pas visible directement depuis cette ferme. Des visibilités sur l'îlot le plus à l'est ponctuelles sont possibles à travers les boisements

- Depuis la **ferme d'Estienne :** Depuis la ferme d'Estienne, des covisibilités indirectes seront potentielles sur une petite partie de l'îlot le plus à l'est, à travers le rideau de végétation existant.

- Depuis la **ferme de Laouzère** : depuis cette ferme, les plantations permettent des vues indirectes sur l'îlot le plus à l'ouest, notamment en période hivernale.

Globalement, des visibilités directes mais éloignées sont possibles depuis le nord et l'ouest du site d'étude (chemin et ferme de Populot). Les covisibilités depuis les bâtiments au sud-ouest sont indirectes et portent sur l'îlot le plus à l'est. L'impact du projet sur les covisibilités avec les éléments bâtis est considéré faible.

5.2.1.3 Covisibilités sur le site de projet depuis le chemin de Populot

Les covisibilités entre le site d'étude et le chemin de Populot, l'axe le plus passant de l'aire d'étude, sont nulles.



Seuls les chemins agricoles le plus proches pourront avoir des covisibilités avec le site d'étude. Les voies d'accès nord menant au site du projet sont des voies privées appartenant à l'ASA de Benquet. Depuis les chemins au sud, la vue sur le projet est partielle et peu marquée en raison des écrans végétaux présents.

L'impact du projet sur les covisibilités depuis les axes de découvertes est considéré faible au regard de la privatisation des voies les plus exposées et des écrans végétaux présents.

5.2.1.4 Impact visuel des structures flottantes et panneaux

Les structures flottantes portant les panneaux auront un effet paysager non négligeable pour les perceptions proches notamment.
Ces structures apportent un degré d'artificialisation dans un paysage naturel. Elles seront visibles depuis les différents bâtiments énoncés ci-avant.

5.2.1.5 Impact visuel des pistes

La création de pistes n'aura pas d'impact significatif sur le paysage agricole. En effet, elles seront créées entre des parcelles de cultures, ne dénaturant pas les paysages retrouvés dans un contexte agricole.

5.2.1.6 Impact des postes techniques et citernes

Les postes techniques et la citerne seront situés au plus proche du site d'étude, en bas du relief formé par les pentes et ne sont donc pas visible depuis le nord du site ni depuis les différents bâtiments. Au regard de leurs dimensions et de leur localisation, ils n'impacteront pas significativement le paysage ni les covisibilités.

5.2.1.1 Impact des clôtures et portails

Le projet prévoit l'implantation de clôture uniquement :

- Autour de la base vie, lors des phases de travaux et de démantèlement
- au droit des postes techniques, tout au long du projet afin de les sécuriser

Mars 2026

PROJET PHOTOVOLTAÏQUE FLOTTANT DE BENQUET

DOSSIER DE PERMIS DE CONSTRUIRE ÉTUDE D'IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Demandeur : SOLEIL LAKETRICITY 3

ANNEXE 4 – VOLET HYDRAULIQUE PAR ARTELIA GROUP



Laketricity

Projet de parc photovoltaïque flottant sur la commune de Benquet (40)

ETUDE HYDRAULIQUE



ARTELIA / FEVRIER 2026 / 4363279

Projet du parc photovoltaïque flottant sur la commune de Benquet (40)

Laketricity

Etude hydraulique

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
1	Version provisoire	N. Hiriart-Urruty	S. Granovsky	02/2026

ARTELIA Villes & Territoires
Hélioparc – 11 Boulevard Lucien Favre – 64 000 PAU

SOMMAIRE

OBJET DU DOCUMENT 1

1. LOCALISATION DU PROJET 2
2. COLLECTE ET ANALYSE DES DONNÉES 3
   2.1. Collecte des données 3
   2.2. Analyse du projet de la mise en conformité du Barrage 3

A. CARACTERISATION DES CONDITIONS D'ECOULEMENT A L'ETAT INITIAL 1

1. ANALYSE HYDROLOGIQUE 2
   1.1. Caractéristique du bassin versant au droit du projet 2
   1.2. Estimation des débits de référence 3
      1.2.1. Rappel des débits disponibles 3
      1.2.2. Pluviométrie 3
      1.2.3. Détermination du débit décennal 4
      1.2.4. Détermination du débit centennal 7
         1.2.4.1. Méthode du Gradex 7
         1.2.4.2. Formule de Myer 7
         1.2.4.3. Ratios SHYREG 7
         1.2.4.4. Synthèse 7
      1.2.5. Détermination du débit millenial 8
      1.2.6. Déterminations des débits pour les affluents 9
         1.2.6.1. Caractéristiques des bassins versants 9
         1.2.6.2. Détermination du débit décennal 10
         1.2.6.3. Détermination du débit centennal 10
         1.2.6.4. Détermination du débit millennial 11
2. MODÉLISATION HYDRAULIQUE 1
   2.1. Présentation du logiciel HEC-RAS 1
   2.2. Présentation du modèle hydraulique 2
      2.2.1. Emprise de la modélisation bidimensionnelle 2
      2.2.2. Maillage 2

2.2.3. Données topographiques sur la zone d'étude 3
2.2.4. Coefficients de rugosité 3
2.2.5. Conditions aux limites 4
2.3. Calage du modèle hydraulique 5
2.4. Caractérisation des conditions d'écoulement à l'état actuel 6
2.4.1. Crue centennale 6
2.4.2. Crue millénale 8
B. CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE A L'ETAT PROJET 10
1. CONFIGURATION DU PROJET 11
2. DÉTERMINATION DES IMPACTS ASSOCIÉS AU PROJET PHOTOVOLTAÏQUE 12
2.1. Caractérisation des conditions d'écoulement à l'état projet 12
2.1.1. Crue centennale 13
2.1.2. Crue millénale 15
2.2. Analyse des incidences attendues liées au projet 17
2.2.1. Crue centennale 17
2.2.2. Crue millénale 19
SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS SUR L'IMPACT HYRAULIQUE DU PROJET 21

FIGURES

Figure 1 – Localisation du projet de parc photovoltaïque 2
Figure 2 - Bassin versant au droit de la retenue 2
Figure 3 – Eco région (gauche) et région Hydro (droite) 6
Figure 4 - Bassins versants des affluents 9
Figure 5 – Emprise du modèle hydraulique 2
Figure 6 – Vue 2D du maillage du modèle 3
Figure 7 - Points d'injection des débits dans le modèle 5
Figure 8 – Hauteurs maximales au droit du site en état actuel – Crue centennale 6
Figure 9 – Vitesses maximales au droit du site en état actuel – Crue centennale 7
Figure 10 – Hauteurs maximales au droit du site en état actuel – Crue millénale 8
Figure 11 – Vitesses maximales au droit du site en état actuel – Crue millénale 9
Figure 12 – Maillage des locaux techniques (état actuel à gauche et état projet à droite) 12

Figure 13 – Hauteurs maximales au droit du site en état projet – Crue centennale 13
Figure 14 – Vitesses maximales au droit du site en état projet – Crue centennale 14
Figure 15 – Hauteurs maximales au droit du site en état projet – Crue millénale 15
Figure 16 – Vitesses maximales au droit du site en état projet – Crue millénale 16
Figure 17 – Impacts du projet sur les hauteurs maximale – Crue centennale 17
Figure 18 – Impacts du projet sur les vitesses maximales – Crue centennale 18
Figure 19 – Impacts du projet sur les hauteurs d'eau maximales – Crue millénale 19
Figure 30 – Impacts du projet sur les vitesses maximales – Crue millénale 20

OBJET DU DOCUMENT

La société Laketricity travaille actuellement sur un projet photovoltaïque flottant sur un bassin d'irrigation sur la commune de Benquet.

Laketricity souhaite étude hydraulique afin de quantifier les impacts du projet et ainsi dimensionner une structure adaptée.

Dans ce contexte, ARTELIA a réalisé une étude hydraulique en suivant la méthodologie ci-dessous :

- Analyse du fonctionnement hydrologique et hydraulique du secteur ;
- Définition des préconisations techniques pour le système d'amarrage et d'ancrage des équipements (hauteurs et vitesses maximales notamment) ;
- Analyse des impacts hydrauliques du projet.

Le présent rapport détaille la procédure suivie et les résultats associés.

1. LOCALISATION DU PROJET

Le projet est localisé sur le barrage de Saint Christau. La retenue est située à l'Est du département des Landes au Sud de Mont de Marsan, dans la commune de Benquet.

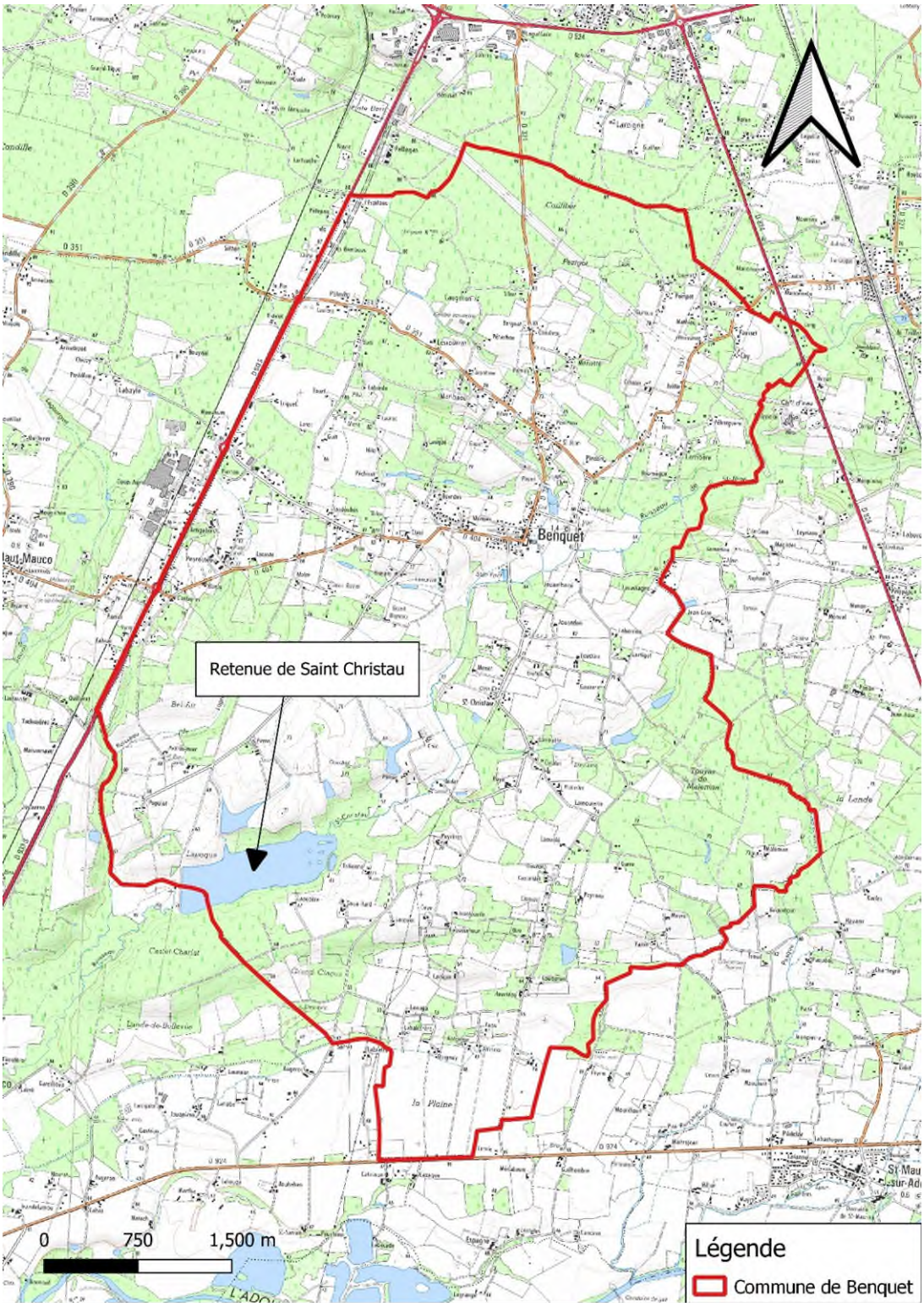


Figure 1 – Localisation du projet de parc photovoltaïque

2. COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES

2.1. COLLECTE DES DONNEES

En début de prestation, l'ensemble des éléments existants sur le secteur d'étude ont été recueillis et analysés. Le tableau présenté ci-après récapitule les principales données utilisées dans le cadre de l'étude.

Réf.	Intitulé	Auteurs	Date
	Etudes hydrauliques		
/1/	Consignes écrites – Retenu au lieudit La Poque – Benquet (40)	CACG	Février 2015
/2/	Barrage de Saint Christau – Révision de l'étude hydraulique	CACG	Mars 2016
/3/	Barrage de Saint Christau – Réhabilitation de l'ouvrage	CACG	Mai 2017
/4/	Bathymétrie du réservoir de Benquet	3DSI	Février 2025
	Description du projet de mise en conformité du barrage		
/5/	Avant-Projet pour la mise en conformité du Barrage de Saint Christau	Rives et Eaux du Sud-Ouest	Juillet 2025
	Description du projet photovoltaïque		
/6/	Implantation centrale photovoltaïque	Laketricity	

L'ensemble des données listées ci-avant a été analysé et exploité pour la mission.

2.2. ANALYSE DU PROJET DE LA MISE EN CONFORMITE DU BARRAGE

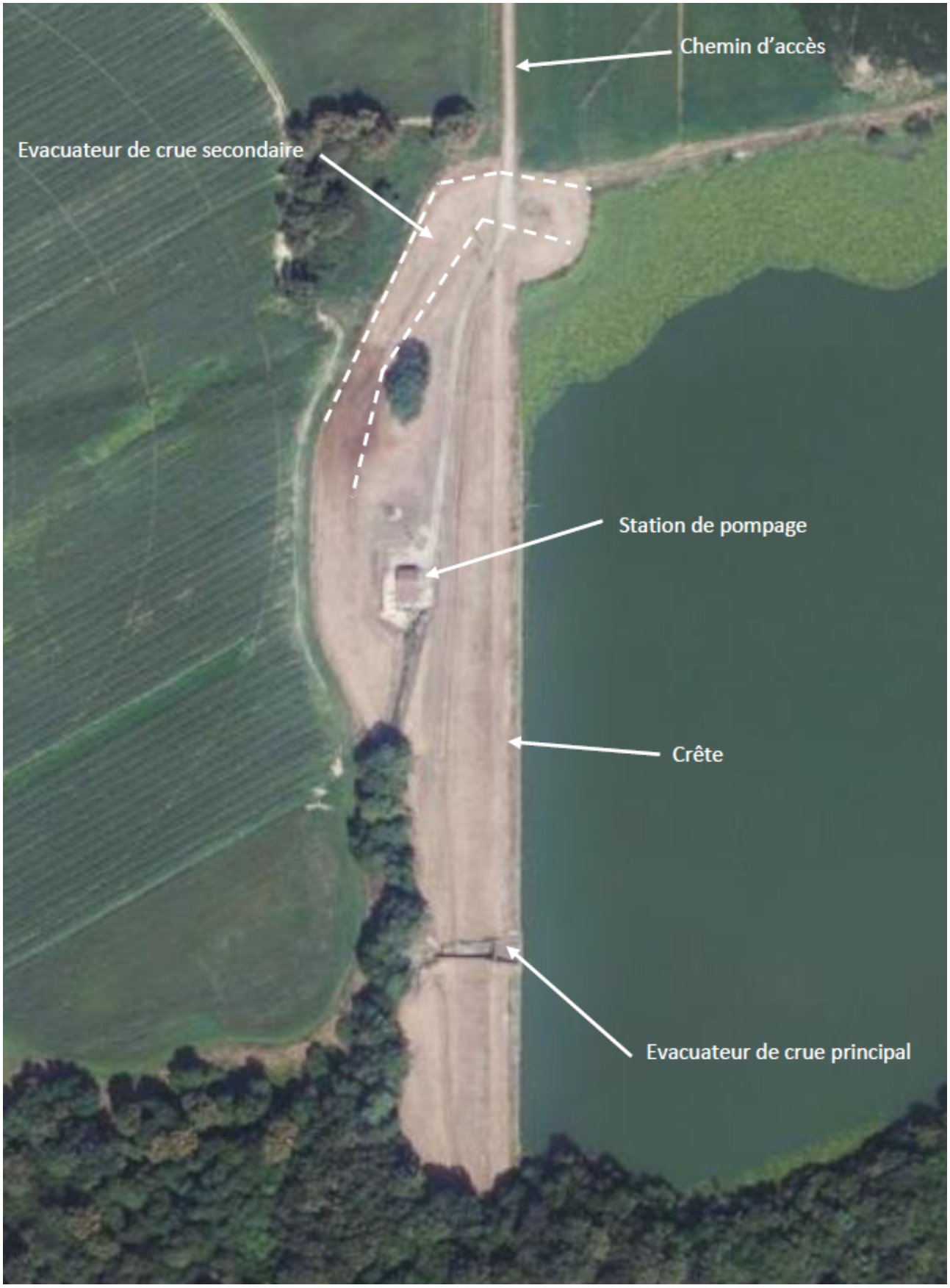
L'étude hydraulique réalisée en 2016 a conclu à un barrage sous-dimensionné par rapport aux Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrage du CFBR (juin 2013).

L'étude de faisabilité de Mai 2017 a décrit les principes à suivre pour la mise en conformité de ce barrage. Ces préconisations ont été validées par l'Arrêté préfectoral n°40-2022-00124 autorisant la mise en place d'une rehausse sur le déversoir du réservoir d'irrigation au lieu-dit « Saint-Christau » à Bas-Mauco et Benquet et portant modification de l'arrêté préfectoral du 20 Novembre 1985.

Le rapport d'Avant-Projet de Juillet 2025 a défini l'ensemble des travaux nécessaire à la mise en conformité du barrage.

Ouvrages	Caractéristiques	Caractéristiques du barrage avant travaux	Caractéristiques du barrage après travaux
Barrage	Cote de la crête	56,40 mNGF	56,55 mNGF
	Longueur en crête	340 m	340 m
	Largeur en crête	3 m	2,7 m
	Fruit des parements	Amont : 3/1 Aval : 2,5/1	Amont : 3/1 Aval : 2,5/1
Evacuateur de crue principal	Longueur du seuil	10 m	10 m
	Cote de déversement	54,67 mNGF	54,67 mNGF
	Cote du mur du bassin de dissipation	51,25 mNGF	52,35 m NGF
Evacuateur de crue secondaire	Longueur du seuil	30 m	40 m
	Cote de déversement	55,73 mNGF	55,58 mNGF

Dans la suite de l'étude nous considérerons l'état actuel de la retenue avec les caractéristiques après travaux. En effet, le projet photovoltaïque sera mis en place après les travaux.


Chemin d'accès
Evacuateur de crue secondaire
Station de pompage
Crête
Evacuateur de crue principal

A. CARACTERISATION DES CONDITIONS D'ECOULEMENT A L'ETAT INITIAL

L'objectif est de caractériser le fonctionnement hydraulique du ruisseau de Saint Christau et des affluents dans la configuration topographique actuelle. Cela constituera un état de référence pour quantifier ensuite l'impact du projet photovoltaïque.

Le modèle hydraulique a été réalisé à l'aide du logiciel HEC-RAS 2D.

1. ANALYSE HYDROLOGIQUE

1.1. CARACTERISTIQUE DU BASSIN VERSANT AU DROIT DU PROJET

Les caractéristiques du bassin versant au droit de la digue de la retenue sont résumées dans le tableau qui suit.

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants sur la zone d'étude

	Surface (km²)	Longueur (km)	Pente (%)	CR	Tc (h)
BV total	50.0	17.4	0.4	0.27	10

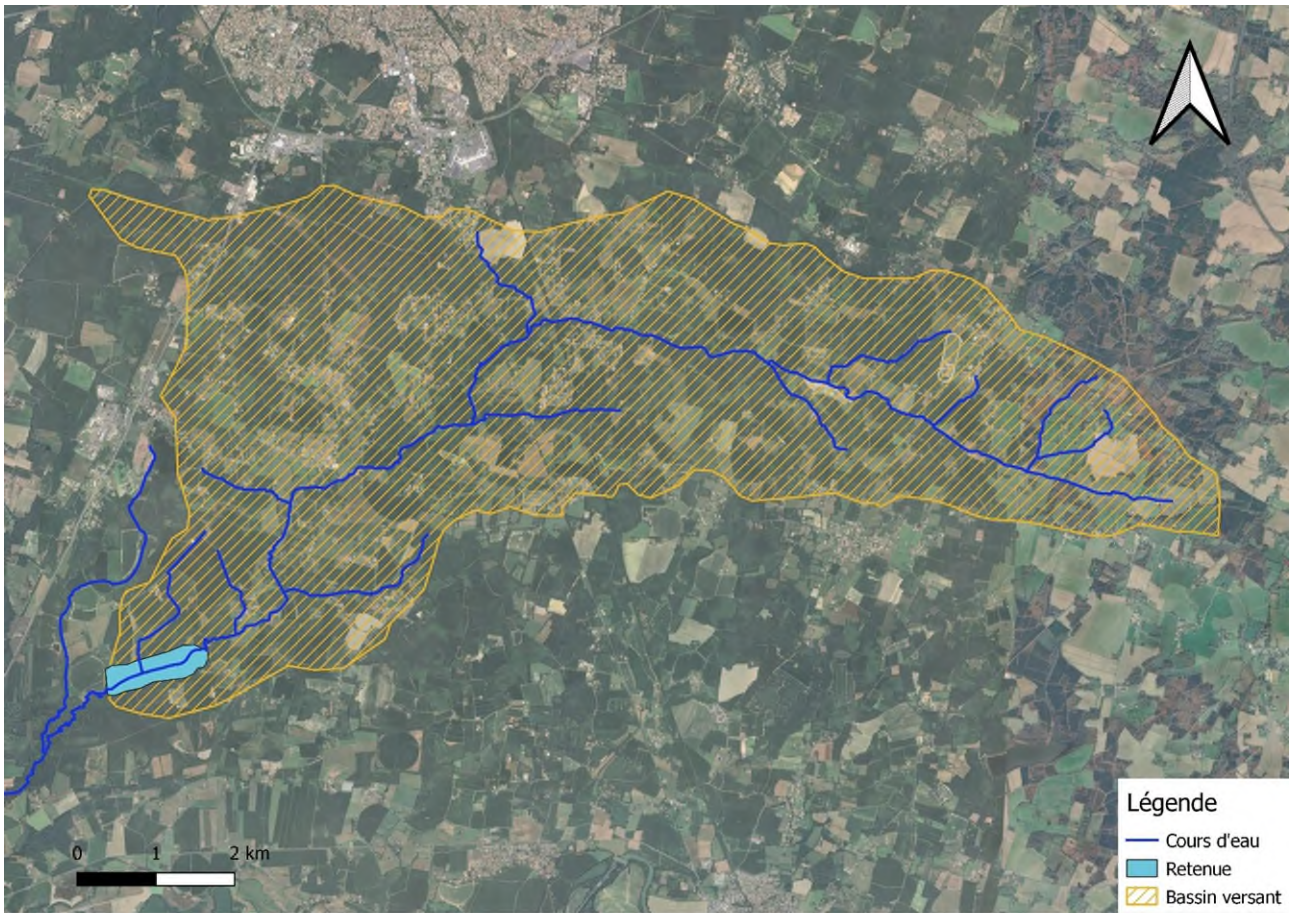


Figure 2 - Bassin versant au droit de la retenue

1.2. ESTIMATION DES DEBITS DE REFERENCE

1.2.1. Rappel des débits disponibles

Le tableau ci-après résume les données existantes sur l'hydrologie de Saint-Christau, pour différentes surfaces du bassin versant considérées.

Tableau 2 : Débits du Gabas issus des études existantes

Source	Superficie bassin versant (km²)	$Q_{1/10}$ (m³/s)	$Q_{1/100}$ (m³/s)	$Q_{1/1000}$ (m³/s)
CACG 1985	50	25	35	50
CACG 2017	50	30	47.7	65.1
Shyreg	45.4	11.4	21.6	41.9
Shyreg	50.1	12.6	24.0	46.6

1.2.2. Pluviométrie

La station de Mont-de-Marsan est située à une altitude de 59 m et est en état de fonctionnement depuis 1931.

La pluie journalière décennale à Mont-de-Marsan est de $P_{j10\_ans\ MONT\text{-}DE\text{-}MARSAN}$ = 55.9 mm

Les paramètres de Montana a et b utilisés pour caractériser la pluviométrie de la zone d'étude sont ceux de la station de Mont-de-Marsan (données disponibles sur la période de 1982 à 2023 de Météo France).

Les paramètres de Montana décrits dans le tableau suivant sont valables pour la formule :

$$h(t) = a * t^{1-b}$$

Tableau 3 : Paramètres de Montana à la station de Mont-de-Marsan (Météo France)

Durée de retour (ans)	6min< t <1h		1h<t<6h		6h<t<24h	
	a	b	a	b	a	b
5	4.402	0.538	10.746	0.778	7.630	0.723
10	5.231	0.538	13.401	0.789	10.450	0.751
20	6.110	0.541	16.177	0.798	14.201	0.781
30	6.513	0.538	17.750	0.801	17.170	0.801
50	7.133	0.539	19.671	0.803		
100	7.934	0.537	22.398	0.805		

Tableau 4 : Cumuls de précipitation (en mm) en fonction de la durée de la pluie et de sa période de retour à Mont-de-Marsan

	Durée de la pluie												
Période de retour	6 min	15 min	30 min	45 min	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	9h	12 h	24 h
5 ans	10.1	17.6	21.2	25.6	29.2	31.1	34.0	36.3	38.1	39.7	43.6	47.2	57.2
10 ans	12.0	20.9	25.2	30.4	34.7	36.8	40.1	42.6	44.6	46.4	50.1	53.8	63.9
20 ans	13.9	24.2	29.1	35.1	40.0	42.5	46.2	48.9	51.2	53.1	56.3	60.0	69.8
30 ans	14.9	26.0	31.3	37.8	43.2	46.0	49.9	52.8	55.2	57.3	60.1	63.6	73.0
50 ans	16.3	28.4	34.2	41.2	47.1	50.5	54.7	57.9	60.5	62.7	0.0	0.0	0.0
100 ans	18.2	31.8	38.3	46.2	52.8	57.0	61.7	65.2	68.1	70.6	0.0	0.0	0.0

Sur la base des données issues des coefficients de Montana, les pluies 24h non centrées sont les suivantes :

- P24h 10 ans : 63,9 mm
- P24h 20 ans : 69,8 mm
- P24h 30 ans : 73,0 mm

Ces données nous permettent également de déterminer le Gradex des pluies 24h, correspondant à la droite d'ajustement sur un graphique de Gumbel, celui-ci est de 10,3 mm/24h.

1.2.3. Détermination du débit décennal

Dans un premier temps, nous estimons le débit de pointe décennal suivant plusieurs méthodes classiques de l'hydrologie car il servira de base à la détermination des débits de crue plus rare. Le principe de ces différentes méthodes est rappelé ci-dessous.

- **Méthode CRUPEDIX :**

La formule Crupédix a été obtenue par approche statistique multivariable testée dans un premier temps sur 187 bassins versants puis étendue à plus de 400 autres. Elle est valable pour des bassins versants de superficie comprises entre 10 et 100 km². Elle s'écrit de la façon suivante :

$Q_{10} = S^{0.8} . (P_{10}/80)^2 . R$

avec :

- S = surface du bassin versant en km² ;
- P10 = pluie journalière décennale en mm ;
- R = coefficient régional (1.75 ici).

- **Méthode rationnelle :**

Elle est valable pour des bassins versants de superficie inférieure à 1 km² et ne s'applique donc pas directement ici. Elle s'écrit de la façon suivante :

$Q_{10} = Cr . i(tc) . A / 3.6$

avec :

- A = surface du bassin versant en ha ;
- I(tc) = l'intensité moyenne de la pluie décennale pendant le temps de concentration ;
- Cr = le coefficient de ruissellement.

- **Méthode de transition :**

La formule de transition est une méthode liée aux méthodes rationnelle et CRUPEDIX, destinée aux bassins dont la surface est comprise entre 1 et 10 km² et ne s'applique donc pas directement ici.

$Q_{10} = M \cdot Q_{R10} \cdot + N \cdot Q_{C10}$

Avec, Q_{R10} le débit estimé par la méthode rationnelle, Q_{C10} le débit estimé par la méthode CRUPEDIX, M et N des coefficients de pondération tels que $M = \frac{10-S}{N}$ et N = 1 – M (S étant la superficie du bassin).

- **Méthode SOCOSE :**

La méthode Socose a été ajustée sur 5 000 crues survenues dans 187 bassins-versants de 2 à 200 km^2. Cette méthode permet de prendre en compte la part des précipitations qui s'infiltre ou qui est interceptée par la végétation.

Les paramètres pour utiliser cette méthode sont les suivants :

- S = surface du bassin versant en km^2 ;
- P10 = pluie journalière décennale en m ;
- Pa = pluie moyenne annuelle sur le bassin versant ;
- Ta = température moyenne annuelle : 14 °C.

- **Méthode CEMAGREF 2011**

Il s'agit d'une méthode développée par le CEMAGREF et l'ONEMA dont l'objectif est de spatialiser les valeurs de débit de crue observées aux stations hydrométriques pour obtenir une vision complète du régime des crues à l'échelle de la France. La France a ainsi été découpée en 26 régions hydrographiques et 20 hydro-écorégions sur lesquelles ont été déterminées des formules empiriques ajustées pour la détermination du débit de pointe décennal. Ces dernières utilisent comme paramètre de base la pluviométrie journalière décennale.

Le domaine de validité de cette formule n'est pas clairement indiqué mais il apparaît toutefois que les surfaces drainées aux stations hydrométriques considérées sont comprises entre 3,05 et 2240 km².

Le bassin du ruisseau de Saint-Christau se situe dans la région hydrographique Q « Adour » et l'hydro-écorégion 14 « Coteaux aquitains ». Le débit de pointe décennal peut y être calculé par les formules suivantes :

$$Q_{10} = 6{,}59.10^{-4} \times S_{BV}^{0.78} \times Pj_{10}^{1.76} \text{ (Adour)}$$

$$Q_{10} = 8{,}43.10^{-2} \times S_{BV}^{0.7} \times Pj_{10}^{0.69} \text{ (Coteaux aquitains)}$$

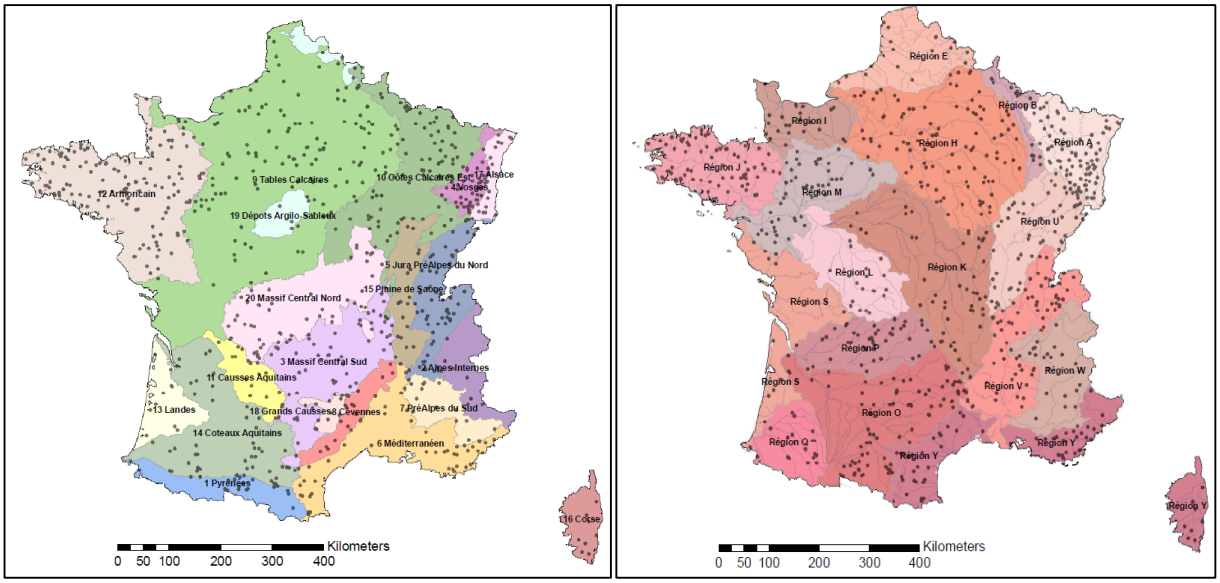


Figure 3 – Eco région (gauche) et région Hydro (droite)

- **Méthode SHYREG :**

La méthode SHYREG est une méthode d'estimation de l'aléa hydrologique développée par l'INRAE, elle est basée sur la régionalisation (prise en compte homogénéisée des caractéristiques locales) de paramètres de modèles (générateur de pluie et modélisation hydrologique). Cette régionalisation implique la prise en compte de variables locales pouvant influencer le régime hydrologique naturel de surface et consécutif à une précipitation.

Les données SHYREG incluent notamment l'estimation des quantiles de débits de pointe pour différentes périodes de retour comprises entre 2 et 1 000 ans ainsi que les bornes de l'intervalle de confiance à 80%. Les données SHYREG ont été pré-calculées sur plus de 130 000 exutoires contrôlant une surface de bassin versant comprise entre 5 et 5000 km². Deux points de calcul sont disponibles sur le ruisseau de Saint-Christau.

- **Méthode Myer :**

La méthode Myer consiste à calculer le débit décennal à partir de celui des cours d'eau proches du bassin versant considéré et jaugé à l'aide de la formule de Myer :

$$Q_{10\ Gabas} = \left(\frac{S_{\text{Saint-Christau}}}{S_{\ Station}}\right)^{0.75} \cdot Q_{10\ Station}$$

Une estimation du débit par analogie des surfaces a été réalisée à partir des données d'Hydroportail et de la CACG sur le ruisseau de Saint-Christau.

- **Bilan des méthodes :**

Le tableau suivant donne les résultats des débits décennaux obtenus pour chacune des méthodes présentées précédemment :

Méthodes appliquées	Q10 Saint-Christau (m^3/s) (S_{BV} = 50 km^2)
Crupedix	19,6
CEMAGREF Région Hydrographique	16,6
CEMAGREF Hydro Eco-Région	20,9
Shyreg	12,6
Myer Hydroportail	19,7
Débit CACG	30
Valeur retenue	**30**

1.2.4. Détermination du débit centennal

1.2.4.1. Méthode du Gradex

Le débit de pointe Q100 peut être estimé avec la méthode du Gradex en considérant :

- Le gradex des pluies 24h
- Le point pivot : le débit de pointe Q10 (valeur retenue du chapitre 1.2.3.)
- Un coefficient de pointe de 1.5

1.2.4.2. Formule de Myer

Les données Shyreg et de la CACG nous permettent aussi de calculer le débit centennal grâce à la formule de Myer expliqué dans le paragraphe 1.2.3.

1.2.4.3. Ratios SHYREG

On peut déterminer Q100 à partir de Q10 avec la formule :

$$Q_{100} = k * Q_{10}$$

Avec k généralement compris entre 1.5 et 3. Ici, nous prenons 2.

1.2.4.4. Synthèse

Voici ci-après le tableau synthétisant les valeurs estimées du débit de pointe centennal par les différentes méthodes explicitées précédemment.

Tableau 5 : Débits centennaux retenus

Méthodes appliquées	Q100 Saint-Christau (m^3/s) (S_{BV} = 50 km^2)
Gradex	50,0
Myer	45,0
CACG	47,7
Shyreg	24,0
Valeur retenue	**47,7**

1.2.5. Détermination du débit millenial

Le débit millénal a été estimé à partir des méthodes utilisées pour le débit centennal, c'est-à-dire :

- Méthode du Gradex
- Formule de Myer
- Ratios SHYREG

Voici ci-après le tableau synthétisant les valeurs estimées du débit de pointe centennal par les différentes méthodes explicitées précédemment.

Tableau 6 : Débits millénaux retenus

Méthodes appliquées	Q1000 Saint-Christau (m^3/s) (S_{BV} = 50 km^2)
Gradex	70,0
Myer	71,6
CACG	65,1
Shyreg	46,6
Valeur retenue	**65,1**

1.2.6. Déterminations des débits pour les affluents

1.2.6.1. Caractéristiques des bassins versants

Plusieurs affluents se jettent dans la retenue de Saint Christau. La cartographie ci-dessous présente les bassins versants de ces affluents.

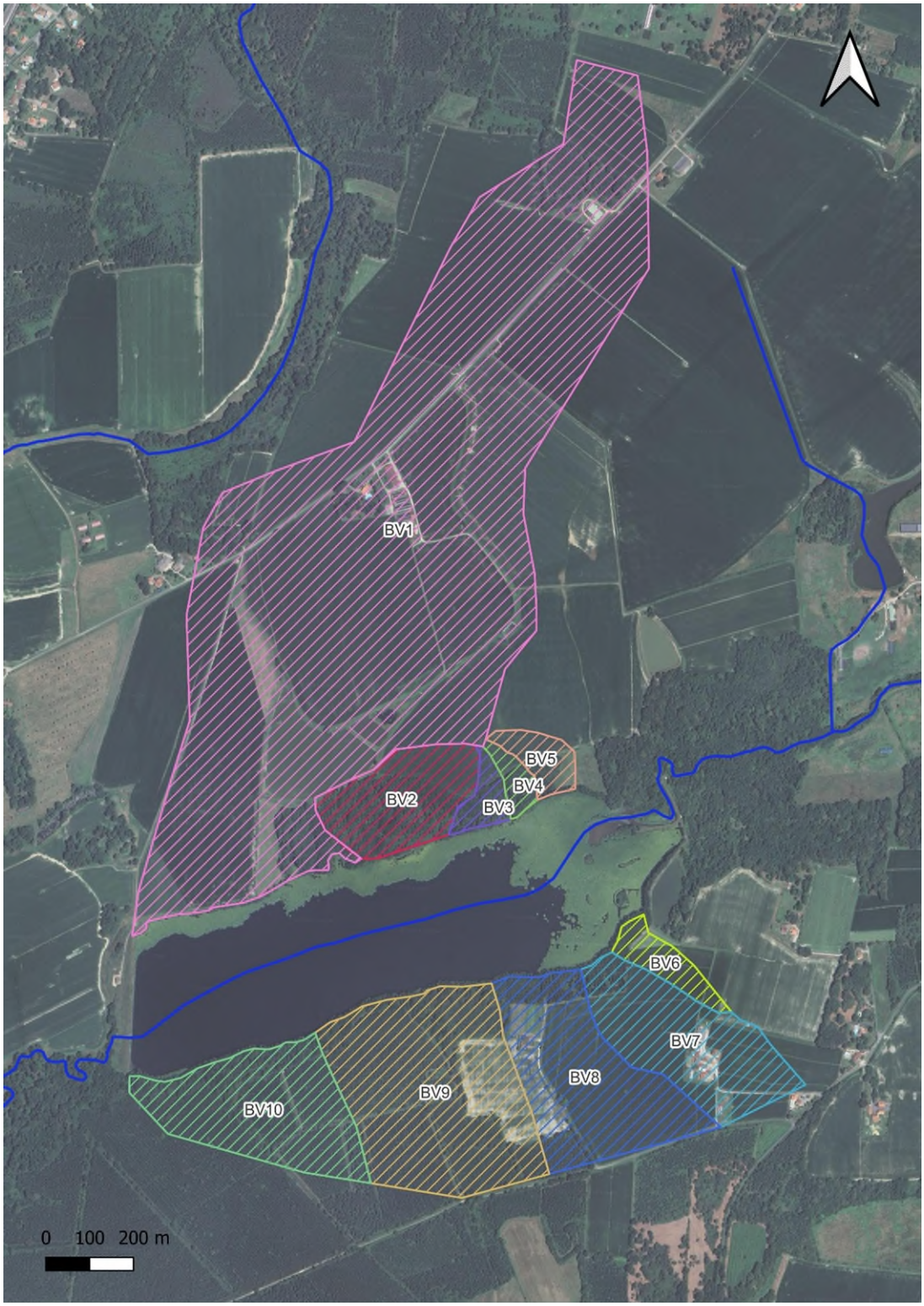


Figure 4 - Bassins versants des affluents

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des sous bassins versants :

Tableau 7 : Caractéristiques des bassins versants sur la zone d'étude

	Surface (km²)	Longueur (km)	Pente (%)	CR	Tc (h)
BV1	0.95	2.20	1.1	0.30	1.2
BV2	0.07	0.35	4.0	0.30	0.2
BV3	0.01	0.18	7.7	0.30	0.1
BV4	0.01	0.20	6.9	0.30	0.1
BV5	0.02	0.21	7.2	0.30	0.1
BV6	0.02	0.32	4.4	0.30	0.1
BV7	0.10	0.57	2.3	0.30	0.4
BV8	0.12	0.46	2.9	0.30	0.3
BV9	0.18	0.51	2.7	0.20	0.4
BV10	0.11	0.48	2.9	0.15	0.3

1.2.6.2. Détermination du débit décennal

Les formules présentées dans la partie 1.2.3. ont été utilisées pour estimer le débit décennal des affluents.

Le tableau suivant donne les résultats des débits décennaux obtenus pour chacune des méthodes présentées précédemment :

	Méthode rationnelle (m³/s)	SOCOSE (m³/s)	SHYREG (m³/s)	Hydroportail (m³/s)	CACG (m³/)	Valeur retenue (m³/s)
BV1	2.19	1.33	0.49	1.01	1.54	1.5
BV2	0.42	0.14	0.07	0.14	0.21	0.2
BV3	0.13	0.16	0.02	0.04	0.06	0.1
BV4	0.10	5.69	0.02	0.03	0.05	0.1
BV5	0.16	0.14	0.02	0.05	0.08	0.1
BV6	0.16	0.31	0.03	0.05	0.08	0.1
BV7	0.49	0.21	0.09	0.18	0.28	0.3
BV8	0.62	0.17	0.10	0.21	0.32	0.3
BV9	0.56	0.20	0.14	0.29	0.44	0.4
BV10	0.27	0.18	0.09	0.19	0.30	0.2

1.2.6.3. Détermination du débit centennal

Les formules présentées dans la partie 1.2.4. ont été utilisées pour estimer le débit centennal des affluents.

Le tableau suivant donne les résultats des débits centennaux obtenus pour chacune des méthodes présentées précédemment :

	SHYREG (m^3/s)	Ratios (m^3/s)	CACG(m^3/s)	Gradex (m^3/s)	Valeur retenue (m^3/s)
BV1	1.01	2.73	2.45	1.92	2.37
BV2	0.14	0.40	0.33	0.25	0.33
BV3	0.04	0.17	0.10	0.10	0.12
BV4	0.03	0.11	0.08	0.06	0.08
BV5	0.05	0.18	0.12	0.11	0.14
BV6	0.05	0.25	0.13	0.15	0.18
BV7	0.18	0.51	0.44	0.33	0.43
BV8	0.21	0.59	0.52	0.39	0.50
BV9	0.29	0.68	0.70	0.47	0.62
BV10	0.19	0.44	0.47	0.29	0.40

1.2.6.4. Détermination du débit millennial

Les formules présentées dans la partie 1.2.5. ont été utilisées pour estimer le débit centennal des affluents.

Le tableau suivant donne les résultats des débits centennaux obtenus pour chacune des méthodes présentées précédemment :

	SHYREG (m^3/s)	Ratios (m^3/s)	CACG(m^3/s)	Gradex (m^3/s)	Valeur retenue (m^3/s)
BV1	2.39	3.55	3.34	2.36	2.91
BV2	0.32	0.49	0.45	0.28	0.39
BV3	0.10	0.18	0.14	0.10	0.13
BV4	0.08	0.12	0.11	0.07	0.09
BV5	0.12	0.21	0.17	0.12	0.15
BV6	0.13	0.27	0.18	0.15	0.18
BV7	0.43	0.64	0.60	0.33	0.50
BV8	0.50	0.75	0.71	0.39	0.59
BV9	0.69	0.93	0.96	0.47	0.76
BV10	0.46	0.60	0.64	0.29	0.50

2. MODELISATION HYDRAULIQUE

2.1. PRESENTATION DU LOGICIEL HEC-RAS

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) est un logiciel de modélisation hydraulique fluvial à licence gratuite développé par HEC, un département de l'US Army Corps of Engineers (USACE). RAS constitue un logiciel de modélisation hydraulique complet dans la mesure où il permet de modéliser des crues stationnaires, quasi-stationnaires, instationnaires, des simulations de transports de sédiments et également de qualité d'eau, et ce à partir d'une unique géométrie. La valeur de ce logiciel est largement reconnue au sein de la communauté scientifique.

RAS résout les équations de Barré Saint-Venant, sous forme simplifiées ou complètes selon le besoin et le choix de l'utilisateur. Il utilise une discrétisation sous forme de schéma de différence finie implicite et a recours à la triangulation de Delaunay pour créer son maillage. Les mailles de RAS ont la particularité de prendre en compte les variations d'altitude du terrain qu'elles contiennent ce qui conduit globalement à des temps de calculs plus court, à précision égale, que les logiciels de modélisation dont la maille représente une unique altitude. Le logiciel permet de modéliser les cours d'eau ou canaux de plusieurs manières :

- En 1D
- En 1D à casiers
- En couplage 1D-2D
- En 2D seul

Ras peut modéliser des ouvrages tels que ponts, barrages, digues, réservoirs, pompes… Il dispose également d'un module de rupture de barrages et de digues.

La force de l'approche bidimensionnelle réside dans la caractérisation complète des grandeurs principales de l'écoulement – hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement – s'appuyant sur une représentation du terrain naturel fidèle aux données topographiques disponibles. En effet, ce type de modèle se construit comme une maquette virtuelle du terrain à l'aide d'un maillage non structuré, constitué de facettes triangulaires 3D de taille et de forme variables.

Chaque sommet de triangle constitue un point de calcul et est caractérisé par son référencement planimétrique (X, Y) et altimétrique (Z), par un coefficient de rugosité traduisant l'état de surface du terrain et un coefficient de ruissellement caractérisant la capacité de « non-absorption » du sol. Ces coefficients sont affinés lors du calage du modèle numérique.

Cette approche présente 2 avantages :

- le maillage s'adapte aux géométries complexes en présence (bâtiments, merlons, murets, routes, cours d'eau, fossés ...) ;
- elle permet de densifier le maillage (et donc d'affiner les résultats fournis par le modèle) dans les zones d'intérêt.

Les équations décrivant la dynamique des écoulements (équations de Barré de Saint Venant) dans le lit mineur, dans la plaine inondable ou dans les secteurs urbanisés permettent de calculer en tout point du maillage, les évolutions au cours du temps du niveau d'eau et de la vitesse de l'écoulement, à la fois en direction et en intensité.

La précision spatiale des résultats obtenus est fixée par la taille des mailles du modèle bidimensionnel. Le maillage peut être affiné dans les secteurs d'hydrauliques complexes ou au niveau des zones d'intérêt.

Cette approche est donc parfaitement adaptée à la présente mission, aussi bien pour avoir les hauteurs d'eau et vitesses en tout point de la retenue que pour apprécier les impacts hydrauliques associés au projet.

2.2. PRESENTATION DU MODELE HYDRAULIQUE

2.2.1. Emprise de la modélisation bidimensionnelle

Dans le cadre de l'étude pour la protection du hameau de Dreuilh, Artelia a développé un modèle bidimensionnel sur une surface de 63.7 ha, qui s'arrête à la limite aval du site étudié.

La limite amont est au droit de la retenue. L'objectif est que tout le débit du bassin versant amont aille dans la retenue.

L'emprise globale du modèle est illustrée sur la figure ci-dessous.

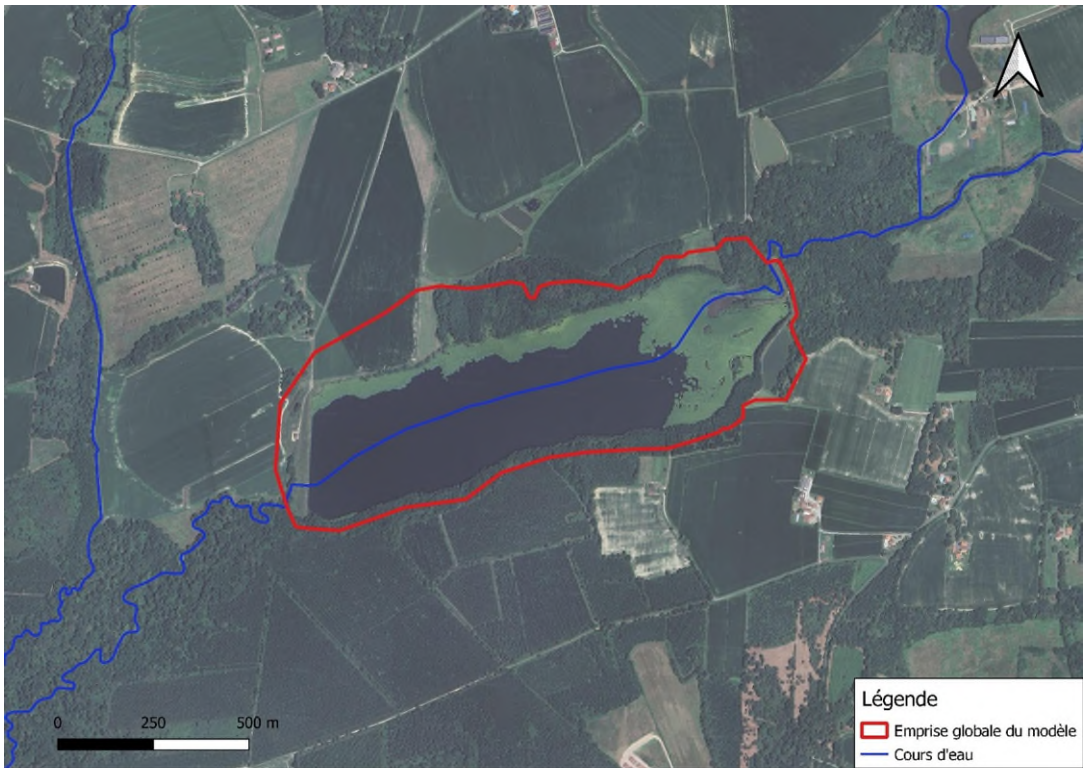


Figure 5 – Emprise du modèle hydraulique

2.2.2. Maillage

La construction du modèle a été précédée d'une reconnaissance du secteur modélisé, permettant d'identifier l'ensemble des éléments structurants pouvant jouer un rôle sur le comportement hydraulique des écoulements. Une fois identifiés, ces éléments sont ensuite pris en compte dans le modèle mis en œuvre.

- Taille des mailles et présentation du maillage

La précision spatiale des résultats obtenus est fixée par la taille des mailles du modèle bidimensionnel.

Les tailles de mailles retenues lors de la construction du modèle sont les suivantes :

- 5 m dans les zones sans contraintes hydrauliques particulières ;
- 1 m pour les ouvrages et zone à enjeux.

Le maillage mis en œuvre *in fine* représente ainsi l'ensemble des éléments structurants du secteur d'étude pouvant conditionner localement le fonctionnement hydraulique du secteur. Il comprend plus de 43 000 nœuds de calcul. Des breaklines (lignes de forçage du maillage) ont été mises en place pour représenter le plus finement possible les infrastructures linéaires principales (digue,routes, …) ayant un possible impact sur les écoulements.



Figure 6 – Vue 2D du maillage du modèle

2.2.3. Données topographiques sur la zone d'étude

L'outil de modélisation 2D mis en œuvre permet de représenter fidèlement la topographie des terrains et d'identifier avec précision les caractéristiques locales des écoulements.

Plusieurs sources de données ont été utilisées :

- Le Lidar HD pour la représentation du lit majeur en 2D ;
- Un semis de points a été levé sur le lac pour permettre de représenter précisément sa bathymétrie dans le modèle (bathymétrie fournie par 3DSI).

2.2.4. Coefficients de rugosité

Le coefficient de Strickler est un coefficient qui permet de rendre compte dans la modélisation de la rugosité d'un sol. En effet, les contraintes de propagation ne sont pas les mêmes suivant que les eaux s'écoulent sur un sol en béton, enherbé ou dans un sous-bois très fourni. Afin de prendre en compte les différents types de sols rencontrés, des coefficients différents sont appliqués.

Dans le modèle numérique de la présente étude, les coefficients suivants ont été retenus :

Tableau 8 : Coefficients de Strickler pris en compte dans le modèle

Occupation	Strickler
Prairies	25
Forêts	10
Béton	70

Ces valeurs, relativement classiques et en adéquation avec les ordres de grandeur généralement retenus sur des secteurs similaires, ont été ajustées au travers de la phase de calage du modèle sur les événements historiques connus.

2.2.5. Conditions aux limites

La condition limite de sortie du modèle est une hauteur normale pour une pente correspondant à la pente observée sur l'aval.

Les débits injectés en entrée du modèle sont localisés sur la figure en page suivante :

- Hydrogramme BVtotal en amont,
- Hydrogramme BV1 affluent 1,
- Hydrogramme BV2 affluent 2,
- Hydrogramme BV3 affluent 3,
- Hydrogramme BV4 affluent 4,
- Hydrogramme BV5 affluent 5,
- Hydrogramme BV6 affluent 6,
- Hydrogramme BV7 affluent 7,
- Hydrogramme BV5 affluent 8,
- Hydrogramme BV6 affluent 9,
- Hydrogramme BV7 affluent 10.

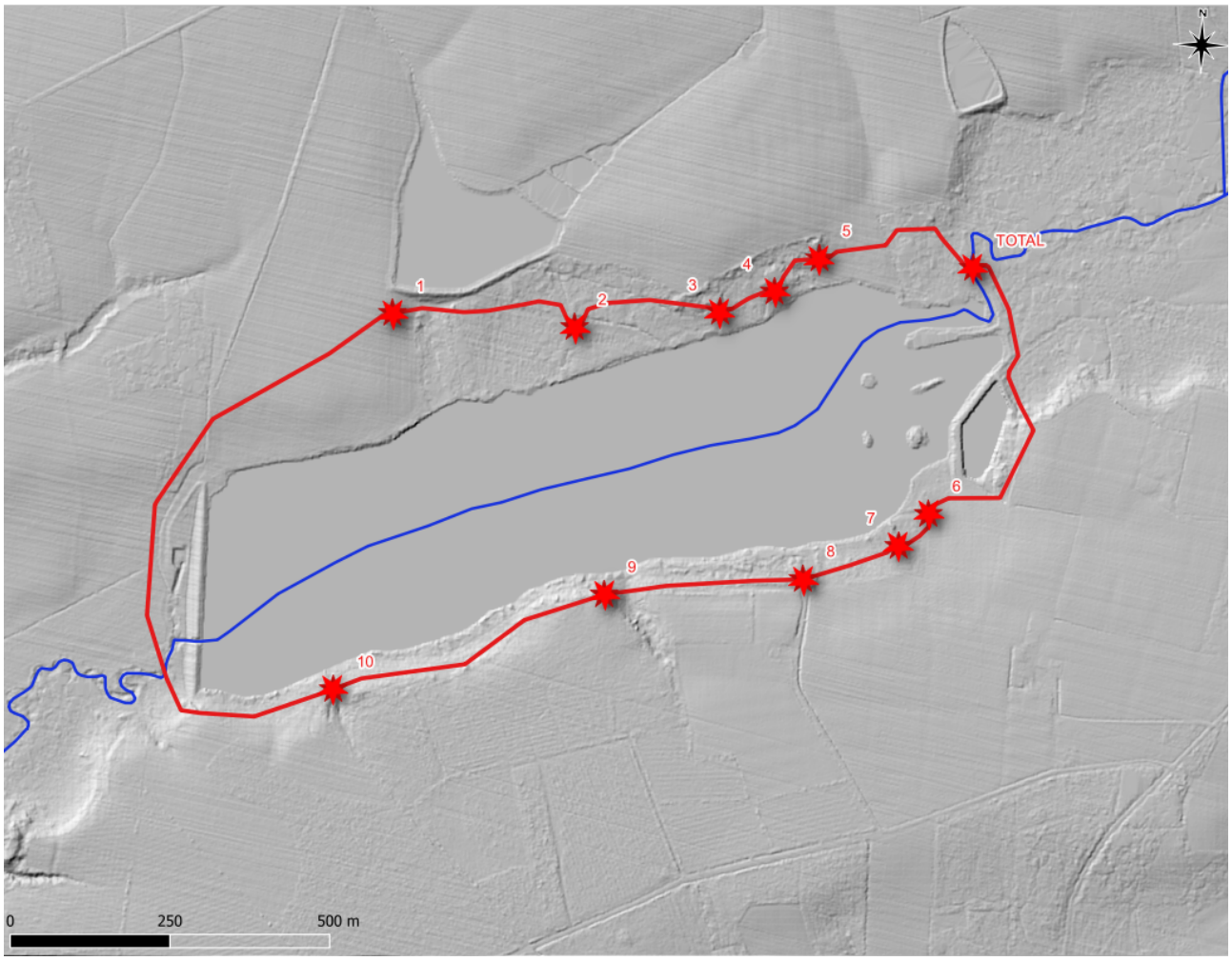


Figure 7 - Points d'injection des débits dans le modèle

2.3. CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE

Le calage du modèle hydraulique a été réalisé à partir de la crue centennale (Q100), en s'appuyant sur les résultats issus de l'étude de mai 2017 conduite par la CACG. Cette étude fournissait les principales données de référence nécessaires à l'ajustement du modèle, notamment :

- la cote maximale atteinte lors de la crue centennale ;
- le débit de sortie correspondant à cet événement.

Dans un premier temps, la crue centennale a été simulée dans le modèle en appliquant l'hydrogramme amont. Les paramètres hydrauliques sensibles ont ensuite été ajustés progressivement, en particulier :

- les coefficients de rugosité (Manning/Strickler) ;
- les pertes de charge spécifiques ;
- les caractéristiques des ouvrages éventuellement présents.

Le calage a été considéré satisfaisant lorsque :

- les hydrogrammes simulés présentaient une cohérence en termes de débits de pointe, de volume écoulé et de synchronisation du pic par rapport à l'hydrogramme de référence ;

- la cote maximale simulée reproduisait fidèlement la valeur issue de l'étude CACG, avec un écart jugé acceptable pour ce type de modélisation.

Dans l'étude la CACG, avec la prise en compte des embâcles (réduction de 30% de la débitance des évacuateurs), le débit de pointe laminé était de 44,4 m³/s pour une cote maximale de la retenue de 56,12 mNGF.

Le modèle hydraulique a donné un résultat de débit de pointe laminé de 44,2 m³/s pour une cote maximale de la retenue de 56,13 mNGF. Le calage est donc considéré comme bon.

Il a été décidé de garder la prise en compte des embâcles pour avoir la hauteur d'eau maximale sur la retenue pour ensuite dimensionner les ancrages.

2.4. CARACTERISATION DES CONDITIONS D'ECOULEMENT A L'ETAT ACTUEL

Le modèle ainsi calé a été dès lors exploité pour dans la configuration topographique actuelle pour deux types de crues :

- crue centennale ;
- crue millénale.

Les figures suivantes présentent les hauteurs et les vitesses d'écoulement attendues sur la zone d'étude pour chacune des deux crues.

2.4.1. Crue centennale

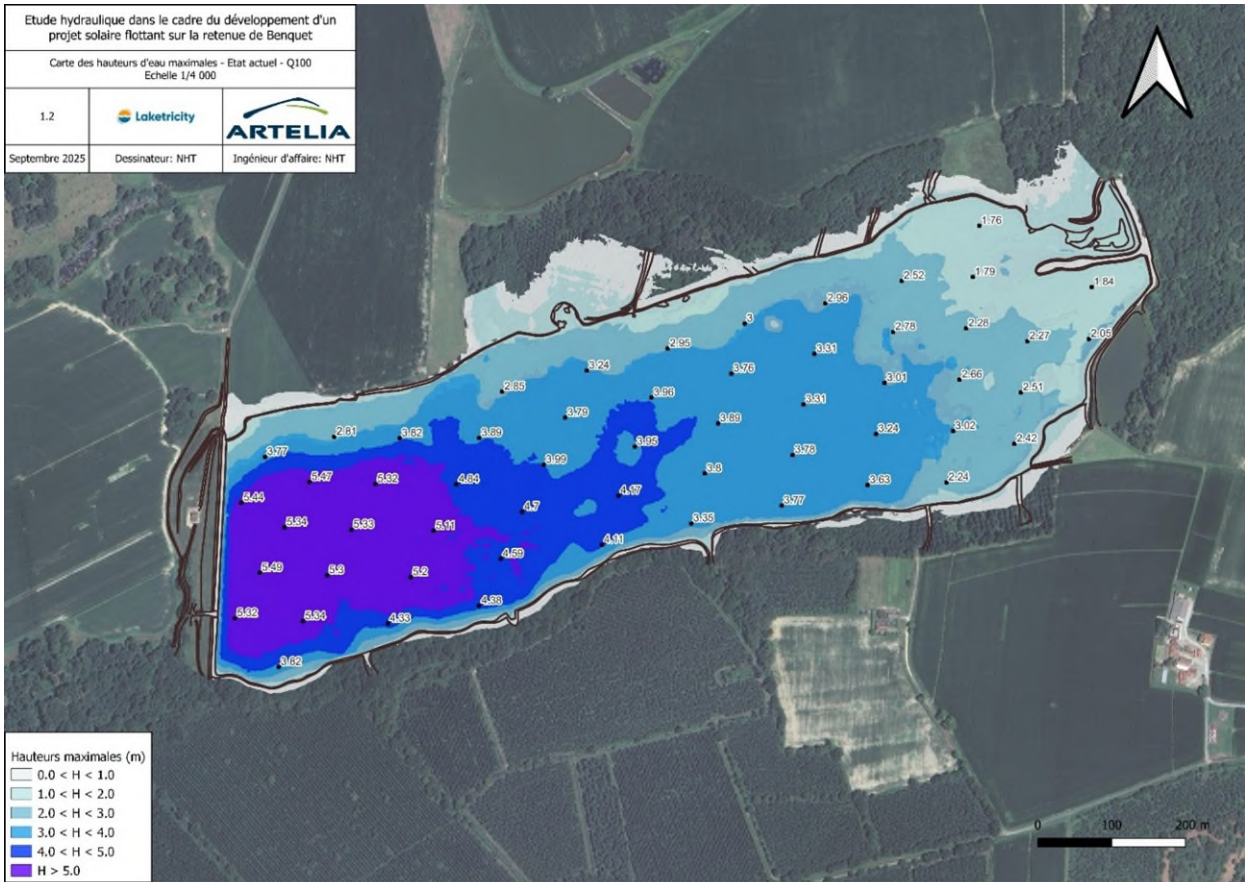


Figure 8 – Hauteurs maximales au droit du site en état actuel – Crue centennale

A l'état initial, pour la crue centennale de Saint-Christau, les hauteurs d'eau observées sur la retenue varient entre 1,8 et 5,5 m. Le niveau d'eau est à 56,13 m NGF.

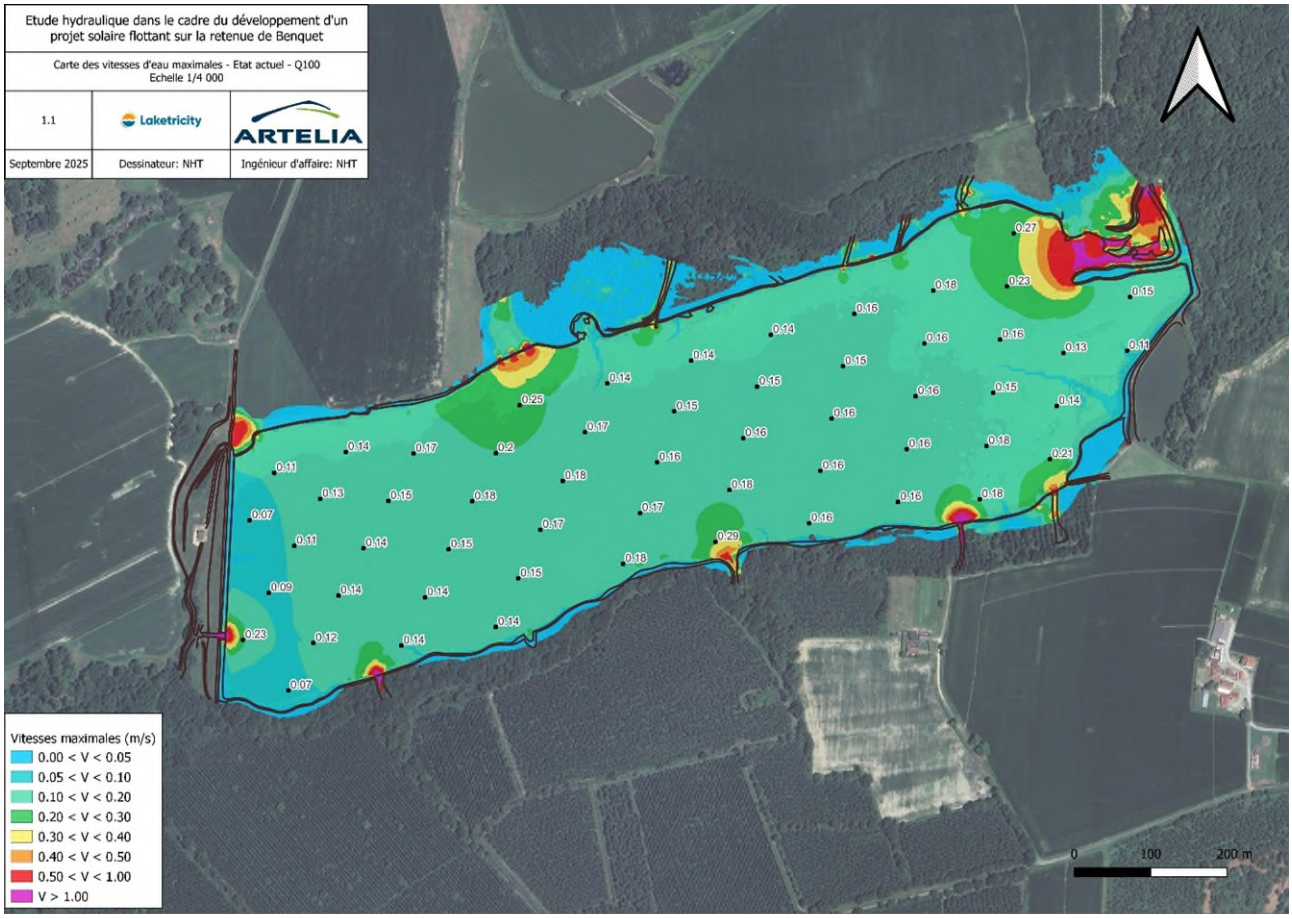


Figure 9 – Vitesses maximales au droit du site en état actuel – Crue centennale

En ce qui concerne les vitesses, les vitesses sont très faibles sur la retenue, compris entre 0,10 et 0,20 m/s. Des vitesses plus importantes peuvent être localisées au droit des affluents et des entrées d'eau qui très vite s'estompent dans la retenue.

2.4.2. Crue millénale

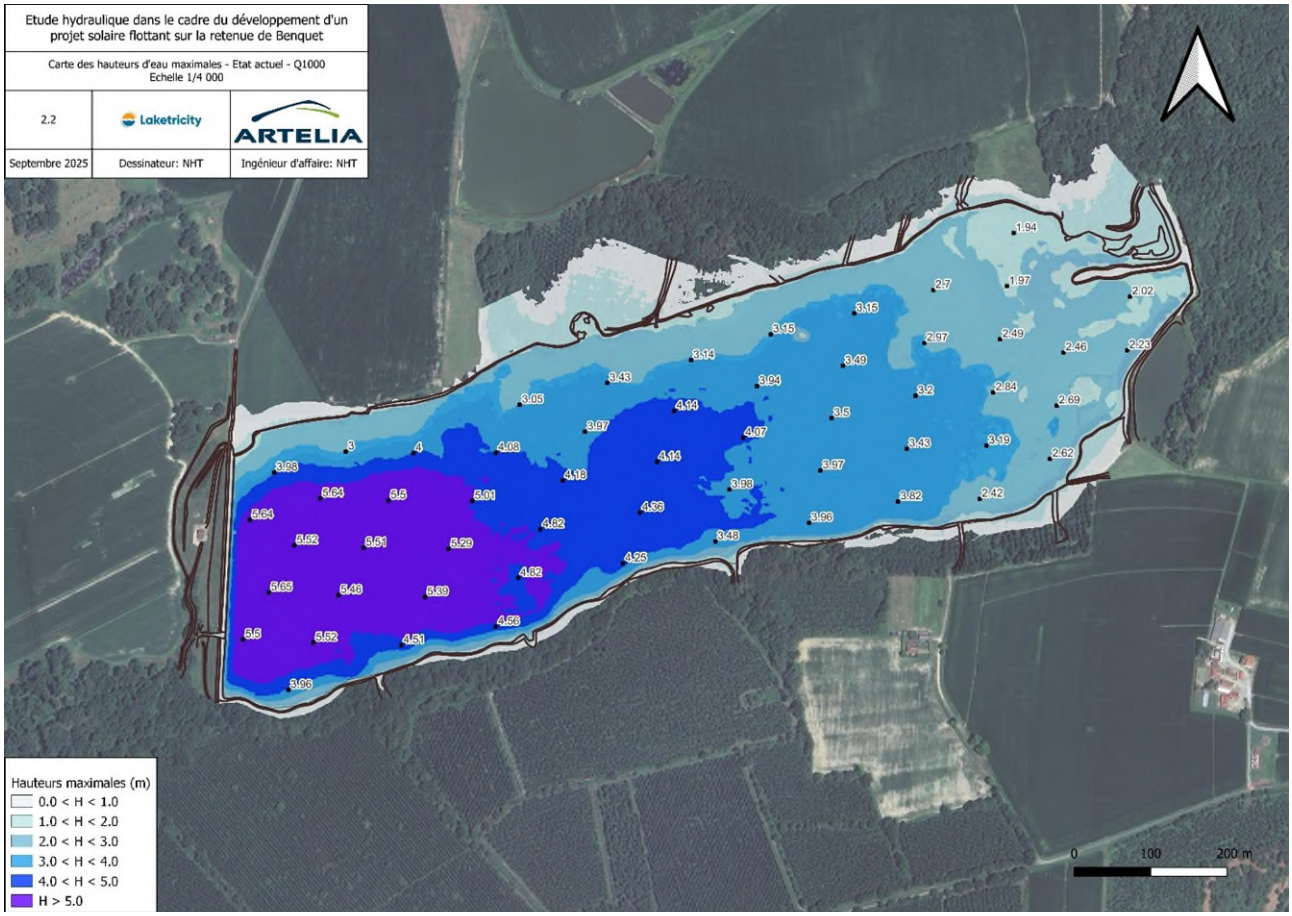


Figure 10 – Hauteurs maximales au droit du site en état actuel – Crue millénale

A l'état initial, pour la crue millénale de Saint-Christau, les hauteurs d'eau observées sur la retenue varient entre 1,9 et 5,65 m. Le niveau d'eau est à 56,31 m NGF.

Il est important de noter que ces résultats prennent en compte le risque embâcle. Ainsi, le débit à l'aval est diminué et les hauteurs augmentent un peu plus.

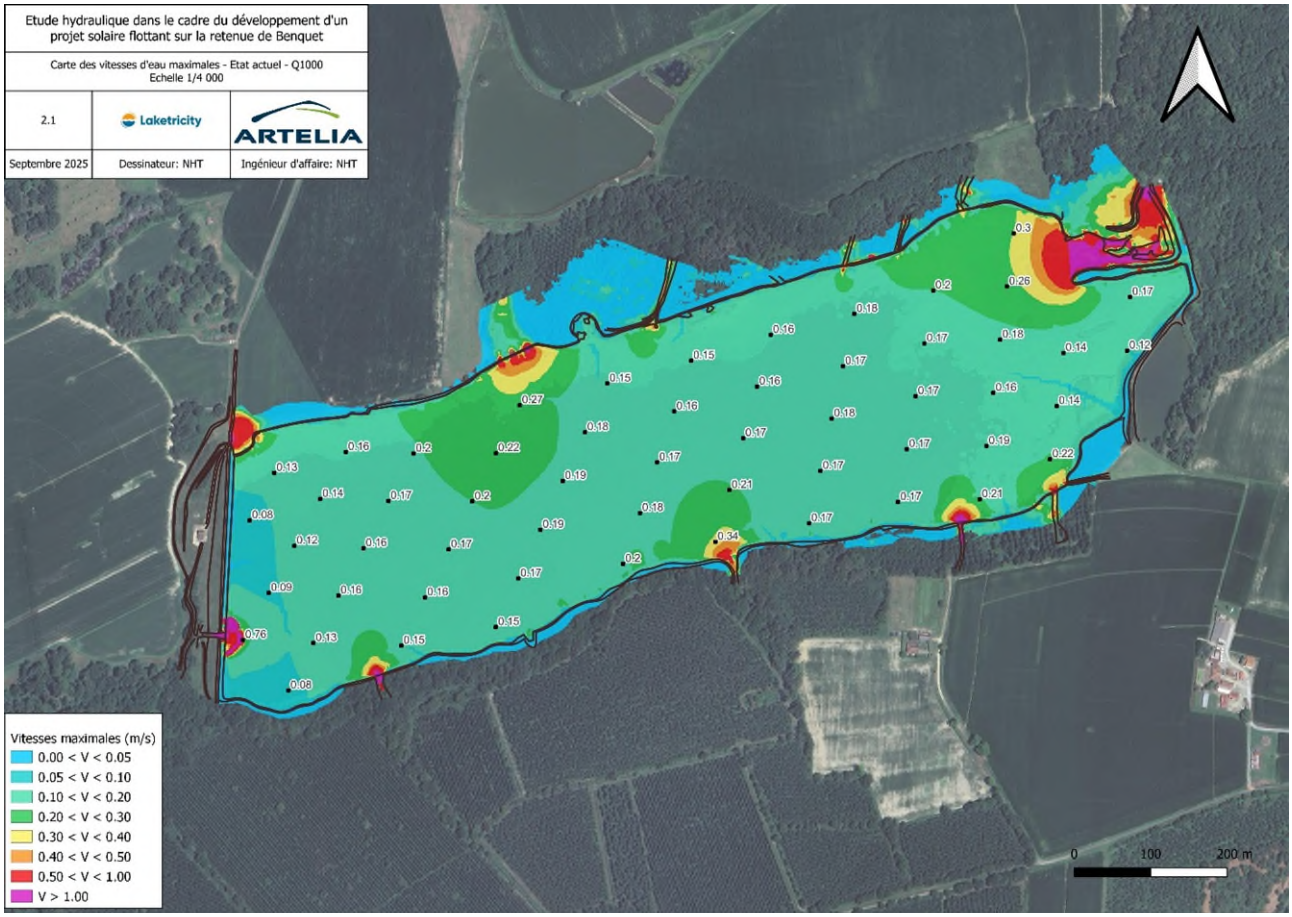


Figure 11 – Vitesses maximales au droit du site en état actuel – Crue millénale

En ce qui concerne les vitesses, les vitesses sont très faibles sur la retenue, compris entre 0,10 et 0,20 m/s. Des vitesses plus importantes peuvent être localisées au droit des affluents et des entrées d'eau qui très vite s'estompent dans la retenue.

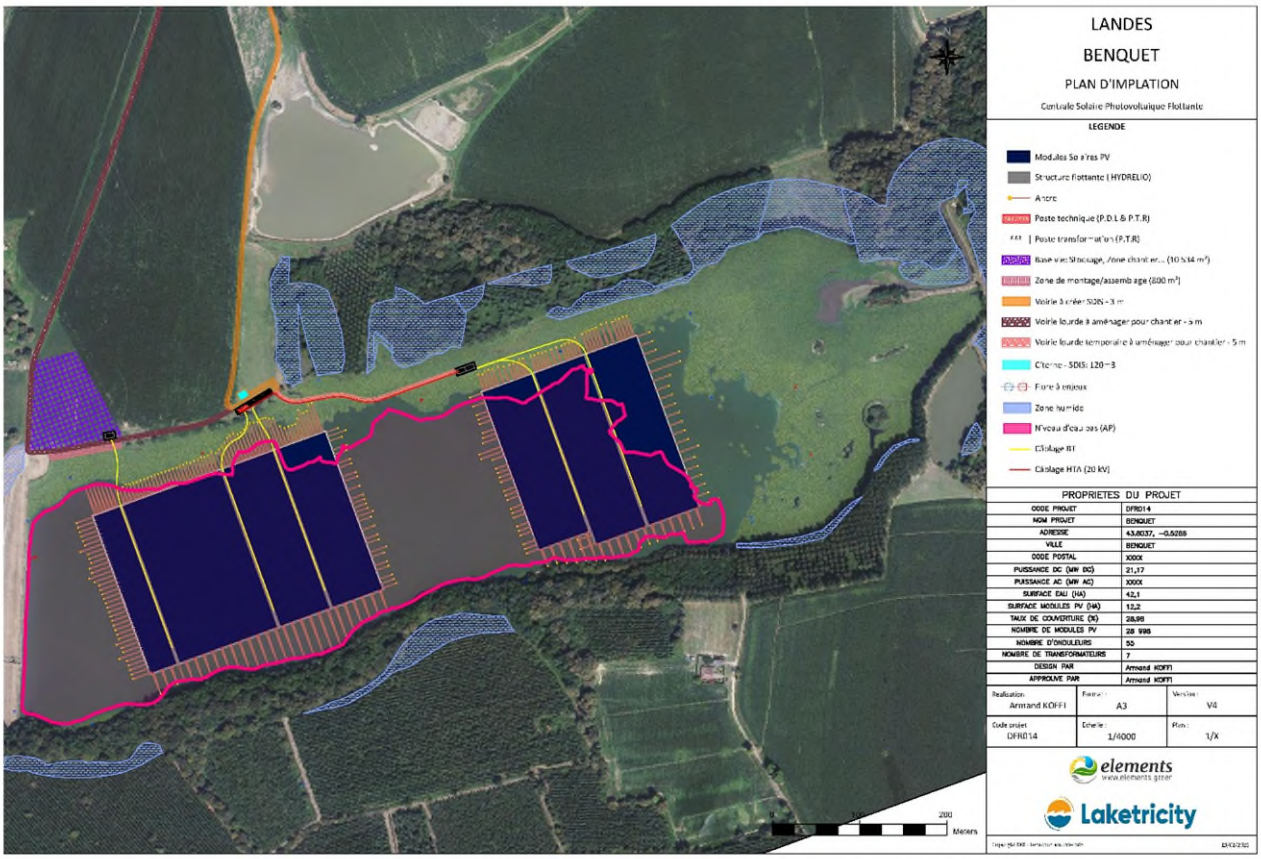


B. CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE A L'ETAT PROJET

1. CONFIGURATION DU PROJET

Le modèle a été modifié pour intégrer l'état projet.

Ci-dessous l'implantation du projet.



Dans la modélisation de l'état projet, les paramètres de rugosité ont été adaptés afin de représenter les aménagements prévus (voies d'accès et panneaux photovoltaïques flottants).

La prise en compte du projet repose sur une modification des coefficients de Strickler (Ks) sur les emprises concernées :

- Voies d'accès : Ks = 77 $m^{1/3}/s$
  (équivalent à un Manning n = 0,013), correspondant à une surface relativement lisse et structurée ;

- Zones occupées par les panneaux photovoltaïques : Ks = 1 $m^{1/3}/s$, traduisant une très forte augmentation de la résistance hydraulique liée à la présence des structures flottantes.

L'abaissement du coefficient de Strickler sous les panneaux permet de représenter :

- l'augmentation des frottements ;
- les pertes de charge locales induites ;
- le ralentissement des vitesses sous les emprises ;
- la redistribution latérale des écoulements.

Le choix d'un coefficient Ks très faible pour les zones couvertes constitue une hypothèse volontairement pénalisante et sécuritaire, visant à majorer les effets hydrauliques potentiels du projet. Cette approche garantit que les impacts sur les hauteurs d'eau et les vitesses ne sont pas sous-estimés.

L'installation comprend également 6 postes de transformation (PTR) et un poste de livraison (PDL) modélisés. La hauteur des postes est de 3,1m. Tous les bâtis ont été intégrés à la modélisation exceptés les deux postes de transformation situés au droit de la retenue.

En effet, ces postes seront sur pilotis à 58 mNGF pour être au-dessus des Plus Hautes Eaux.

De plus, en état projet, les postes sont représentés comme des structures pleines insubmersibles.

Les changements de maillage sur le secteur du projet sont présentés ci-après.

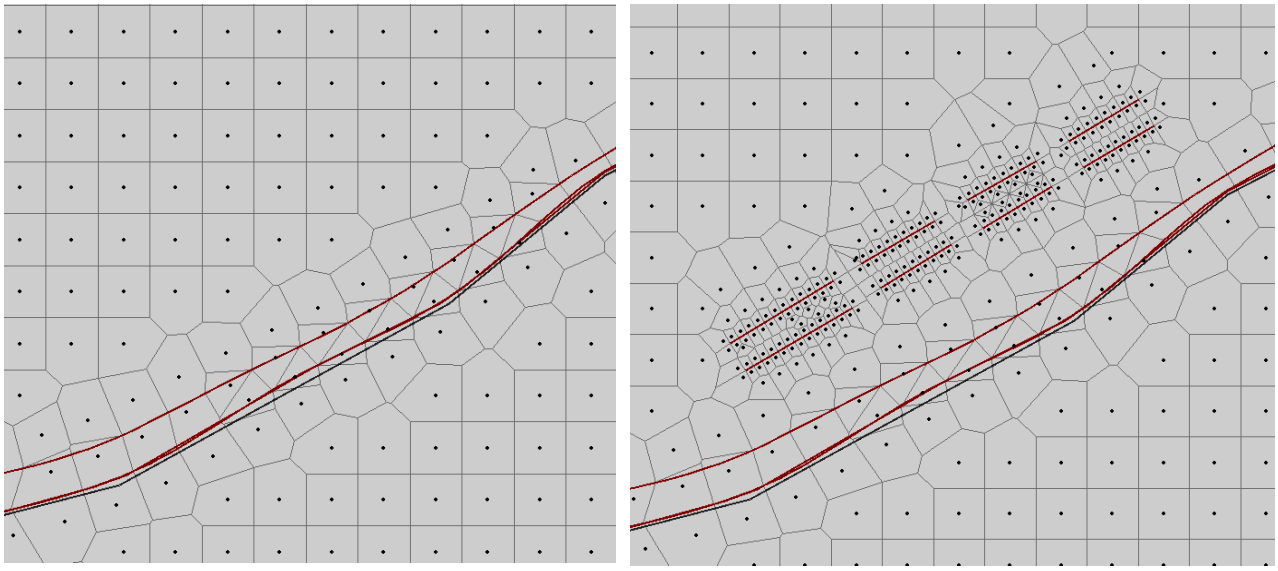


Figure 12 – Maillage des locaux techniques (état actuel à gauche et état projet à droite)

2. DETERMINATION DES IMPACTS ASSOCIES AU PROJET PHOTOVOLTAÏQUE

2.1. CARACTERISATION DES CONDITIONS D'ECOULEMENT A L'ETAT PROJET

Le modèle a ensuite été exploité pour la crue centennale de Saint-Christau, ainsi que la crue millenniale dans la configuration topographique actuelle.

Les figures suivantes présentent les hauteurs et les vitesses d'écoulement attendues au droit du site.

2.1.1. Crue centennale

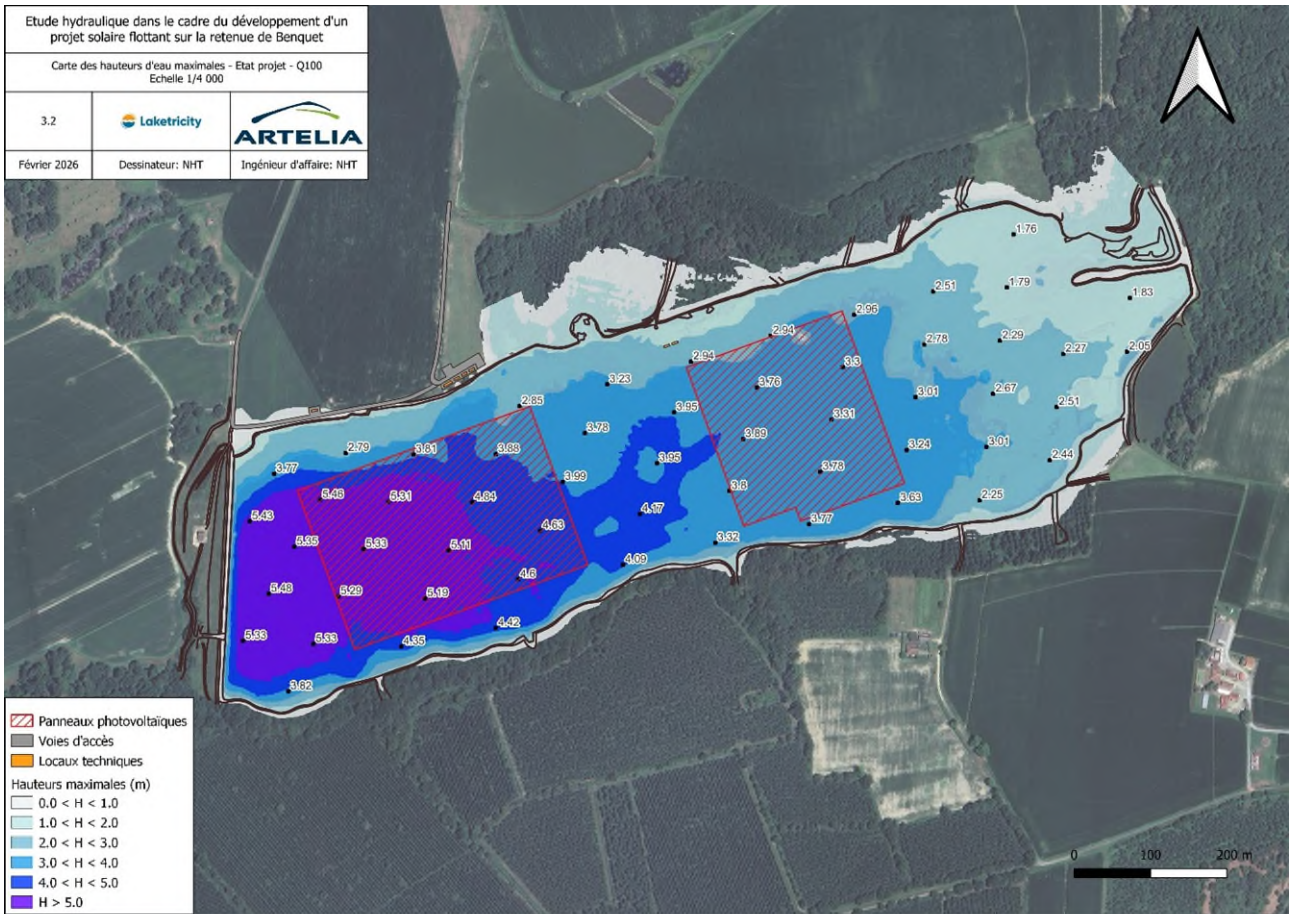


Figure 13 – Hauteurs maximales au droit du site en état projet – Crue centennale

En état projet, nous retrouvons une emprise inondée similaire à celle de la configuration en état actuel. Le niveau d'eau est maintenu à 56,13 m NGF.

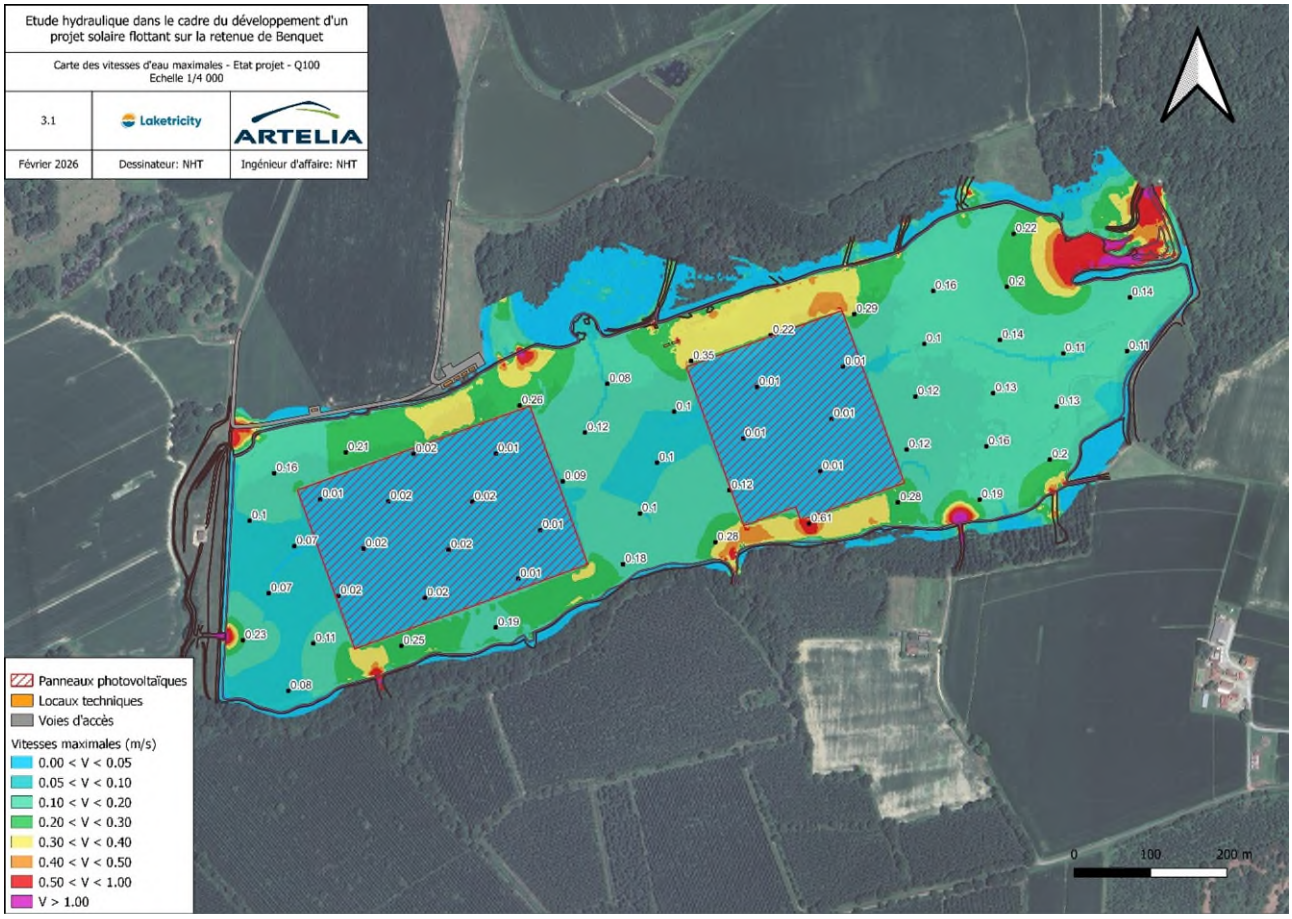


Figure 14 – Vitesses maximales au droit du site en état projet – Crue centennale

A la lecture de cette carte, nous retrouvons les mêmes ordres de grandeur de vitesses qu'en état actuel en dehors de l'emprise des panneaux photovoltaïques. Au droit des panneaux photovoltaïques les vitesses diminuent sans impacter d'enjeux.

2.1.2. Crue millénale

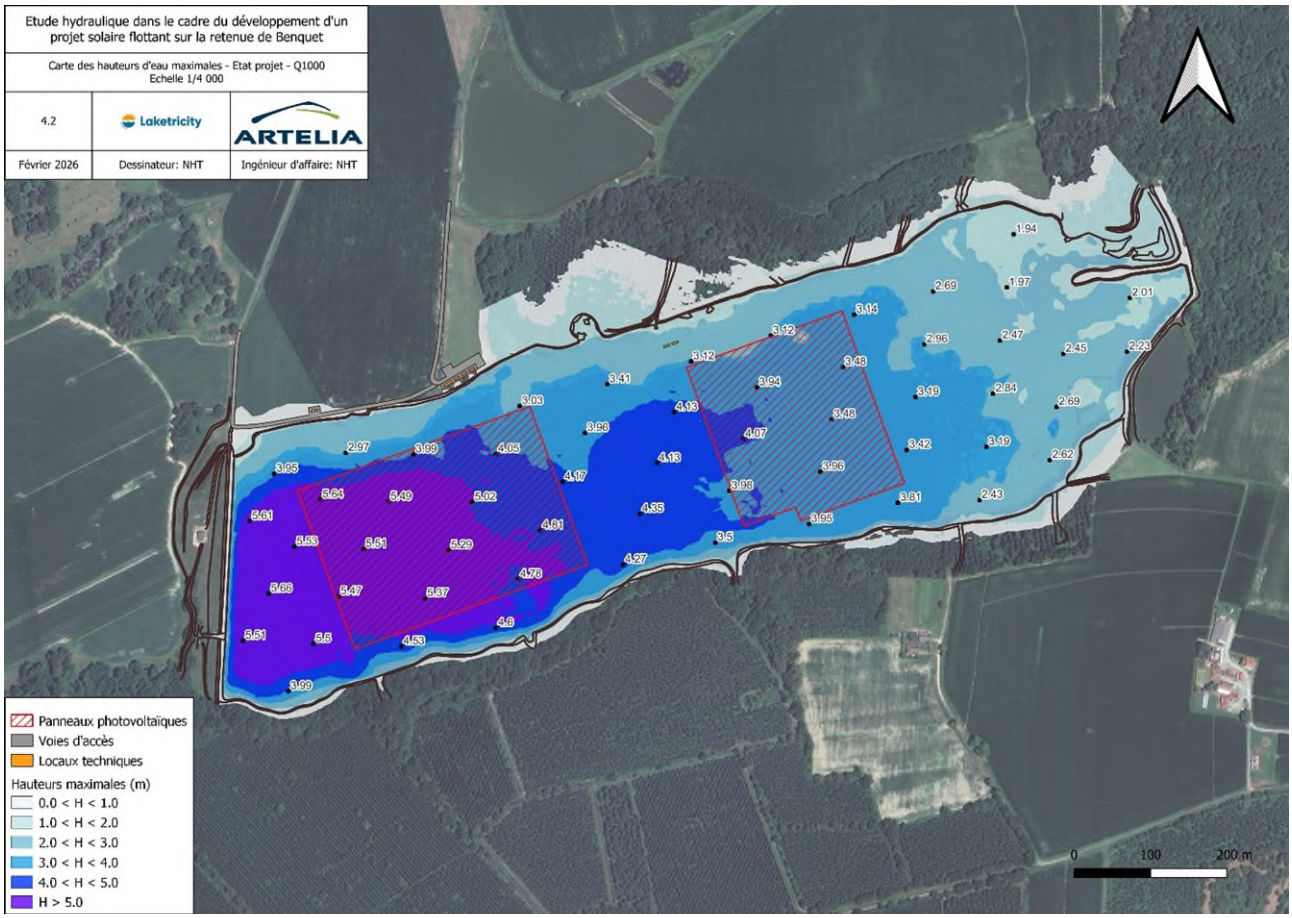


Figure 15 – Hauteurs maximales au droit du site en état projet – Crue millénale

Le niveau du lac est maintenu à 56,31 m NGF en état projet, l'emprise inondée est similaire à celle de l'état actuel.

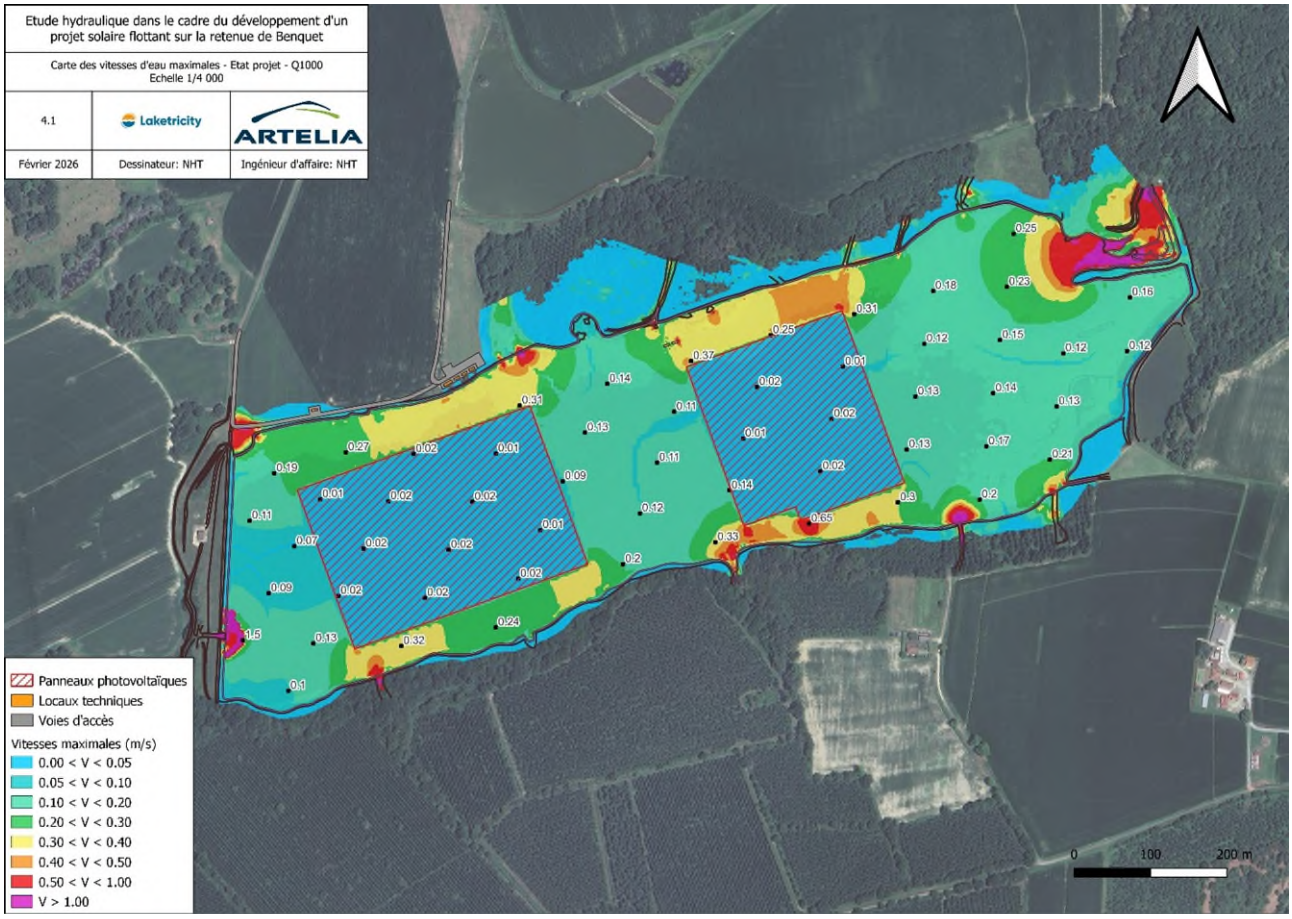


Figure 16 – Vitesses maximales au droit du site en état projet – Crue millénale

A la lecture de cette carte, nous retrouvons les mêmes ordres de grandeur de vitesses qu'en état actuel en dehors de l'emprise des panneaux photovoltaïques. Au droit des panneaux photovoltaïques les vitesses diminuent sans impacter d'enjeux.

2.2. ANALYSE DES INCIDENCES ATTENDUES LIEES AU PROJET

La comparaison entre l'état actuel et l'état projet a été effectuée afin d'apprécier plus précisément l'impact de l'implantation du parc photovoltaïque.

Les figures ci-après présentent les différences de hauteurs d'eau et vitesses attendues sur la zone d'étude.

2.2.1. Crue centennale

La carte suivante présente l'impact sur les hauteurs.

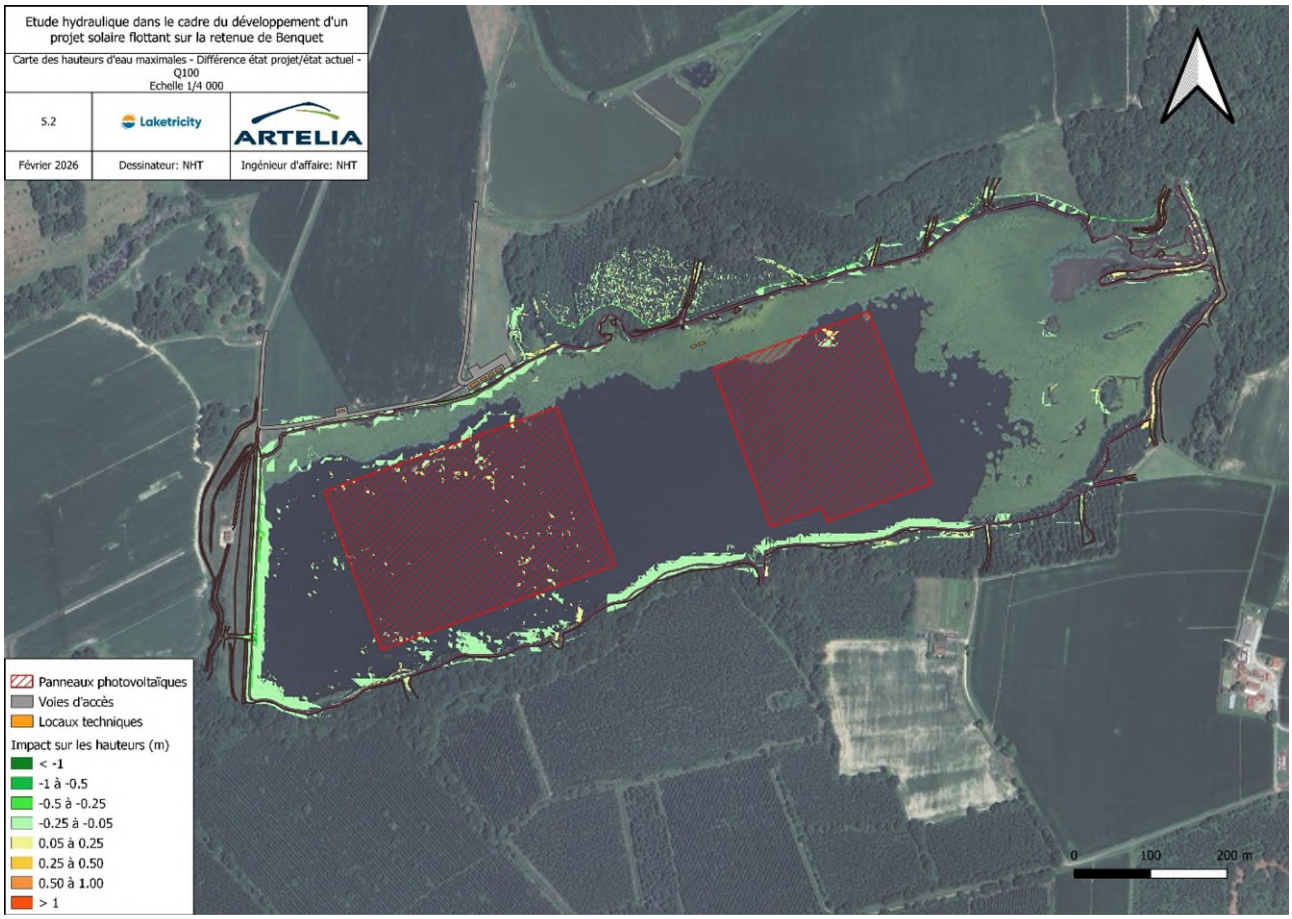


Figure 17 – Impacts du projet sur les hauteurs maximale – Crue centennale

La carte des hauteurs d'eau met en évidence de légères diminutions localisées, principalement en bordure de la retenue, à proximité des zones où les vitesses augmentent.

Ces variations restent limitées et ne concernent que des secteurs ponctuels situés en périphérie des emprises de panneaux.

L'implantation des panneaux photovoltaïques modifie la répartition des écoulements car un ralentissement est observé sous les zones couvertes et une accélération compensatoire apparaît dans les zones autours.

Dans les secteurs où les vitesses augmentent (voir impact vitesse), il y a une diminution locale des hauteurs d'eau.

Il est important de souligner que ces diminutions restent de faibles et qu'elles n'entraînent aucune modification significative de la cote globale de la retenue.

La carte suivante présente l'impact sur les vitesses.

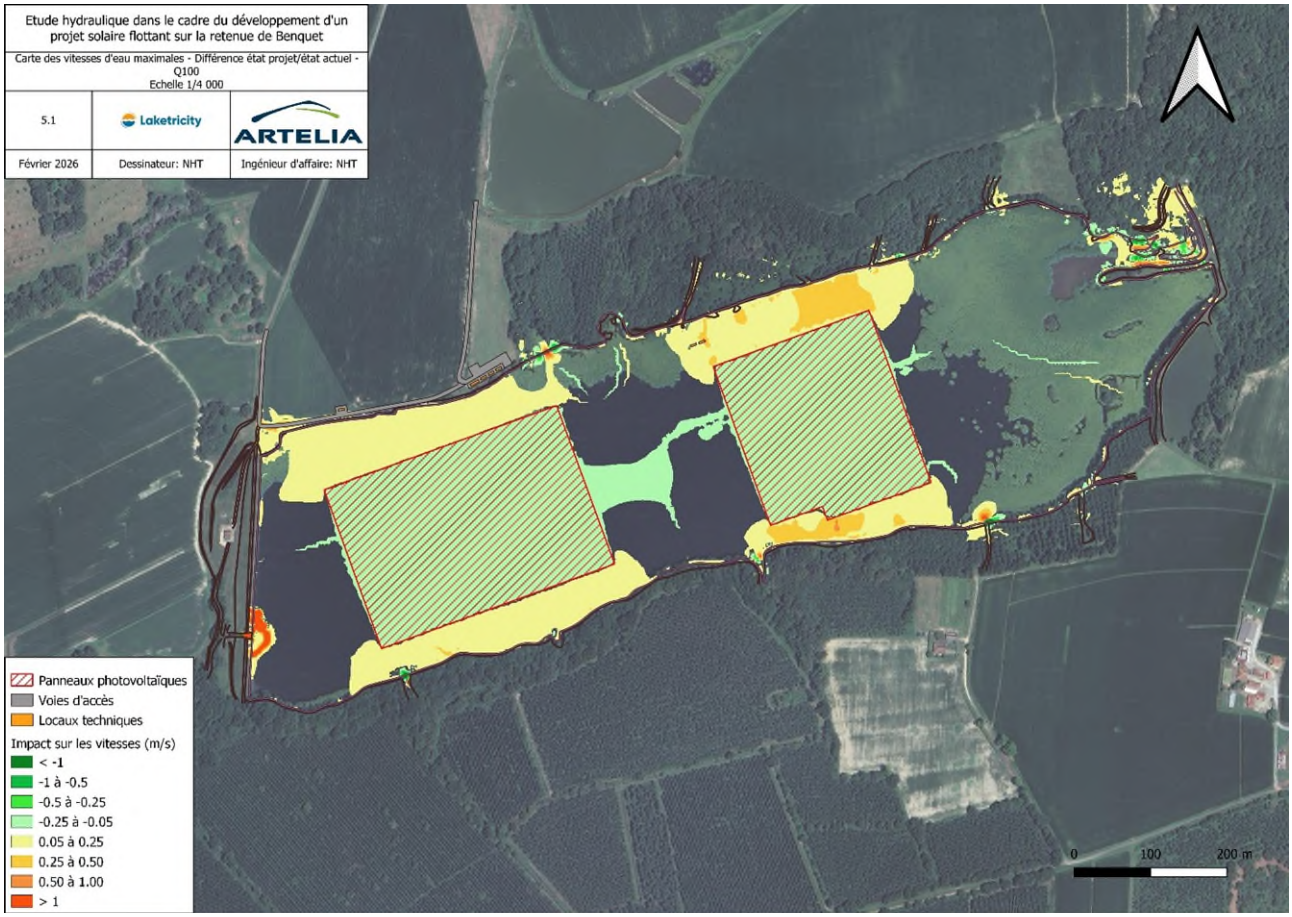


Figure 18 – Impacts du projet sur les vitesses maximales – Crue centennale

Une modification des vitesses peut être observée sur la cartographie.

On observe une diminution des vitesses sous les emprises des panneaux, dû à l'augmentation locale des frottements en surface et des pertes de charge. Les structures flottantes génèrent un ralentissement de l'écoulement dans les zones couvertes.

De plus, des augmentations de vitesses apparaissent en périphérie et dans les zones non couvertes. En effet, le débit global de la retenue restant inchangé, l'écoulement se redistribue naturellement vers les secteurs avec moins de résistance hydraulique. Afin d'assurer la conservation du débit, le ralentissement observé sous les panneaux conduit à une accélération dans les zones non couvertes. Les vitesses sont donc plus fortes en dehors des panneaux photovoltaïques.

Il est important de noter que les amplitudes de vitesses restent tout de même assez faibles.

2.2.2. Crue millénale

La carte suivante présente l'impact sur les hauteurs.

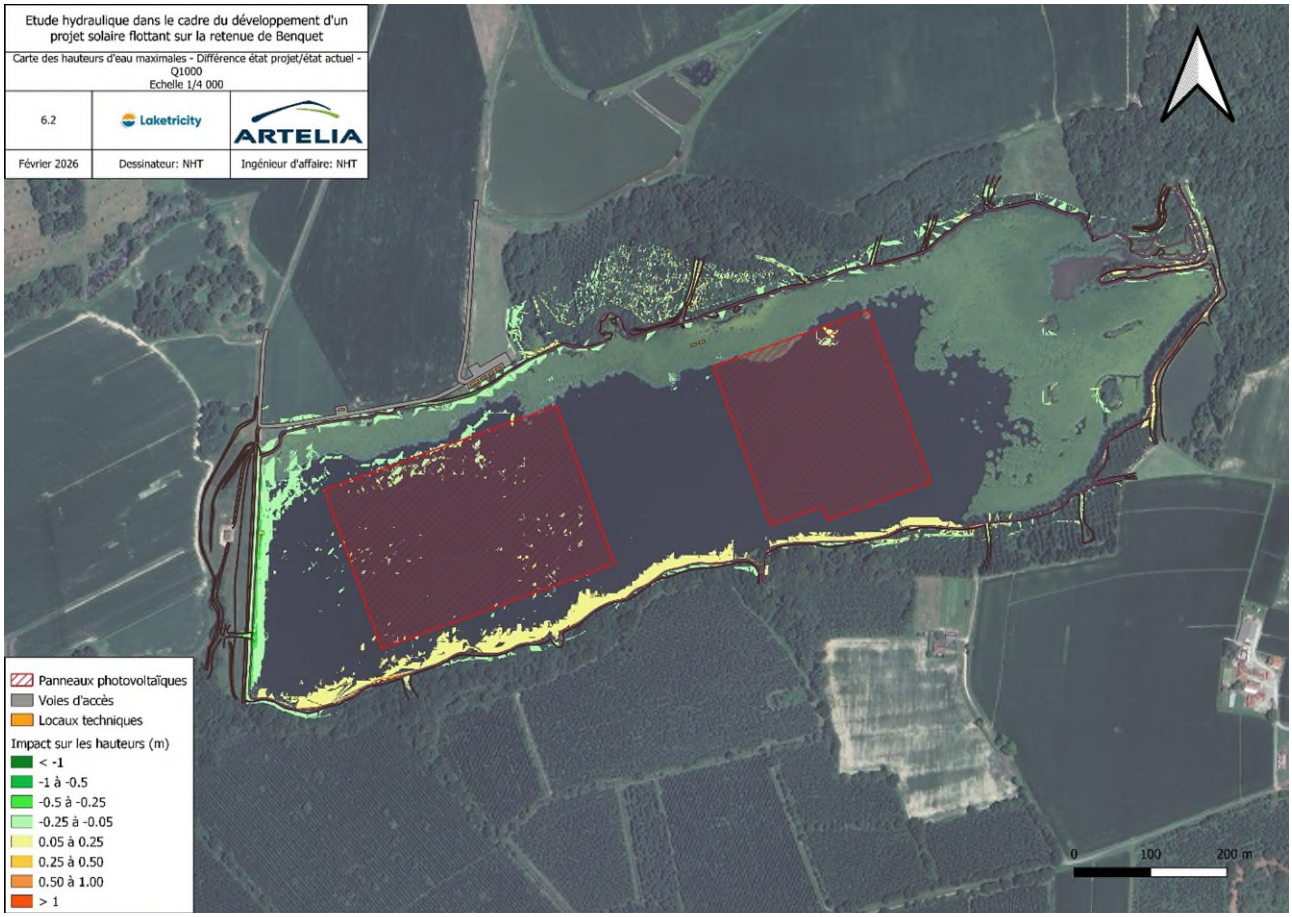


Figure 19 – Impacts du projet sur les hauteurs d'eau maximales – Crue millénale

Les impacts induits par le projet se concentrent sur les bords de la retenue. La diminution des hauteurs d'eau en bordure s'explique par le ralentissement des vitesses sous les panneaux photovoltaïques. Afin de conserver le débit global, l'écoulement se redistribue latéralement, ce qui modifie le profil transversal des vitesses et entraîne une légère adaptation de la ligne d'eau.

La carte suivante présente l'impact sur les vitesses.

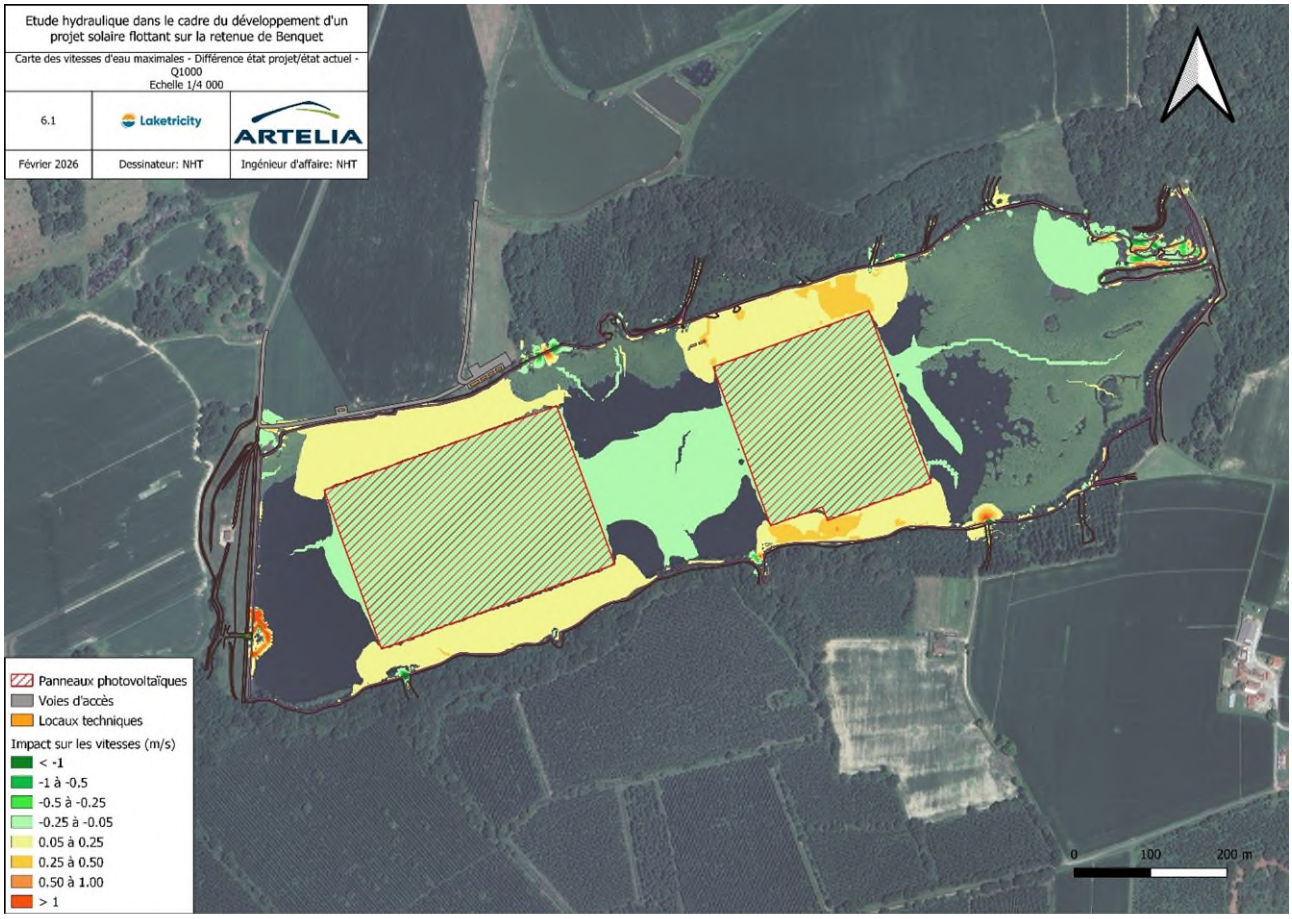


Figure 20 – Impacts du projet sur les vitesses maximales – Crue millénale

Une modification des vitesses peut être observée sur la cartographie.

On observe une diminution des vitesses sous les emprises des panneaux, dû à l'augmentation locale des frottements en surface et des pertes de charge. Les structures flottantes génèrent un ralentissement de l'écoulement dans les zones couvertes.

De plus, des augmentations de vitesses apparaissent en périphérie et dans les zones non couvertes. En effet, le débit global de la retenue restant inchangé, l'écoulement se redistribue naturellement vers les secteurs avec moins de résistance hydraulique. Afin d'assurer la conservation du débit, le ralentissement observé sous les panneaux conduit à une accélération dans les zones non couvertes. Les vitesses sont donc plus fortes en dehors des panneaux photovoltaïques.

Il est important de noter que les amplitudes de vitesses restent tout de même assez faibles.

SYNTHESE ET CONCLUSIONS SUR L'IMPACT HYRAULIQUE DU PROJET

L'étude hydraulique réalisée afin d'évaluer l'incidence de l'implantation de panneaux photovoltaïques flottants sur la retenue met en évidence des modifications localisées du champ d'écoulement, sans impact significatif sur le fonctionnement global du système.

Les résultats montrent :

- une redistribution des vitesses, caractérisée par un ralentissement sous les emprises des panneaux et une accélération compensatoire en périphérie ;
- des variations de hauteurs d'eau faibles et strictement localisées, principalement en bordure.

Ces évolutions correspondent à un ajustement hydraulique normal lié à l'introduction d'une rugosité partielle dans la section d'écoulement. Elles traduisent une réorganisation interne des vitesses et des pertes de charge, sans modification du régime hydraulique général.

Il est particulièrement important de souligner que :

- **la cote maximale de la retenue n'est pas modifiée ;**
- **le niveau d'eau global demeure inchangé ;**
- **aucune aggravation des conditions hydrauliques à l'échelle du site n'est observée.**

Les écarts de hauteurs identifiés restent ponctuels et ne remettent pas en cause la capacité hydraulique de la retenue.

Par ailleurs, l'étude intègre des hypothèses sécuritaires, notamment la prise en compte des embâcles dans la modélisation. Cette approche majorante garantit que les résultats obtenus se placent dans une configuration prudente vis-à-vis des conditions d'écoulement réelles.

En conclusion, l'implantation des panneaux photovoltaïques flottants n'engendre pas d'impact hydraulique significatif sur la retenue. Les modifications observées demeurent locales, maîtrisées et compatibles avec le fonctionnement actuel de l'ouvrage.