

LIFE Terra Musiva

Conservation of threatened habitats and species which form the Garrigues Gardoises' Mediterranean ecological mosaic

Diagnostic de la végétation et du fonctionnement hydrologique des mares - Etude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes SITE NATURA 2000 : Étang et mares de la Capelle

MICA Environnement / PERMALAB
pour le CEN Occitanie



Coordinateur Partenaires associés



Financier principal

Co-financiers



Référence Dossier : Rn°23.090

Pétitionnaire : CEN OCCITANIE

Coordination : Jean-Charles MONTAUFIER – MICA Environnement

Approbations

Rôle	Nom - Fonction	Visa et Date
Rédacteur(s)	MICA Environnement : Jean-Charles MONTAUFIER (Hydrologue/Hydrogéologue), Nicolas STEINMETZ (Botaniste/Phytosociologue/Pédologue), Julien PERRET (Géologue) PERMALAB : PERMALAB : Simon RICARD (Hydrologue) & Félix GRIPPON (Hydrologue)	X
Vérificateur(s)	Jean-Charles MONTAUFIER	X

Dernière mise à jour

Indice	Date	Evolution
00	08/2023	1 ^{ère} Version
01	10/2023	2 ^{ème} version après relecture

Résumé

Le site NATURA 2000 : Etang et mares de la Capelle s'inscrit géologiquement au sein d'un synclinal qui affecte les formations sédimentaires en place. L'Etang de la Capelle occupe le cœur de ce synclinal tapissé par des alluvions



quaternaires limoneuses peu perméables. Il s'est mis en place au sein d'une vaste dépression qui reçoit les eaux d'un bassin versant endoréique d'environ 13 Km².

L'Etang concentre de nombreux enjeux faunistiques (avifaune, amphibiens, ...) et floristiques (habitat 3170 : Gazons amphibies annuels méditerranéens).

Plus à l'Ouest, un petit plateau surplombe l'étang. Ce dernier, formé par des formations principalement sablo-gréseuses et argileuses a fait l'objet de nombreuses extractions de matériaux (sables, argiles, kaolin, ...) durant la majeure partie du siècle dernier. Des carrières sont encore en exploitation sur ce secteur.

Les excavations résiduelles issues de ces multiples extractions ont conduit à la formation d'un important réseau de mares aux dimensions variées (de quelques m² à plusieurs milliers de m²).

Ce réseau de mares abrite d'importantes populations de Triton crêtés, à très fort enjeu de conservation d'autant plus que le secteur constitue la zone la plus méridionale de son aire de répartition. Par ailleurs, ces mares sont également propices au développement des herbiers à Characées, habitat d'intérêt communautaire 3140 (Végétation aquatique à Characées) qui y est très bien représenté.

La présente étude vise à améliorer la compréhension du fonctionnement hydrologique de ces mares ainsi que de l'étang de la Capelle. Dans un second temps l'amélioration de la compréhension du fonctionnement de ces mares a conduit à proposer des mesures de restauration de plusieurs mares du plateau (15 classées comme prioritaires) et à proposer des secteurs favorables à la création de nouvelles mares (5 secteurs identifiés).

L'objectif prioritaire de ces travaux de restauration et création de mares est de favoriser le maintien et le développement des populations de Triton crêté et de façon secondaire de favoriser la présence des habitats 3170 et 3140.

Des préconisations pour la mise en œuvre des chantiers de restauration et création de mares sont données à travers des fiches descriptives et tableaux récapitulatifs. Par ailleurs, des pistes pour la gestion et le suivi du site NATURA 2000 ont été proposées.

Abstract

The NATURA 2000 site: « Etang et mares de la Capelle » is geologically located within a syncline which affects the sedimentary formations in place. The pond of La Capelle occupies the heart of this syncline lined by silty Quaternary alluvium with low permeability. It was established within a vast depression which receives water from an endorheic watershed of approximately 13 km².

The pond concentrates numerous faunal issues (avifauna, amphibians, etc.) and flora (habitat 3170: Mediterranean temporary ponds).

Further west, a small plateau overlooks the pond, formed by mainly sandy-sandstone and clay formations. It was the subject of numerous extractions of materials (sand, clay, kaolin, etc.) during most of the last century. Quarries are still in operation in this sector.

These multiple extractions led to the formation of a large network of ponds of varying sizes (from a few m² to several thousand m²).

This network of ponds is home to large populations of Great Crested Newts, with a very high conservation stake, especially since the sector constitutes the southernmost zone of its distribution area. Furthermore, these ponds are also conducive to the development of Characeae meadows, habitat 3140 (Hard oligo-mesotrophic waters with benthic vegetation of *Chara spp.*) which is very well represented there.

This study aims to improve understanding of the hydrological functioning of these ponds as well as the pond of La Capelle. Secondly, improving the understanding of the functioning of these ponds led to proposing measures to restore several ponds on the plateau (15 classified as priorities) and to proposing sectors favorable to the creation of new ponds (5 sectors identified).

The priority objective of this restoration work and creation of ponds is to promote the maintenance and development of Great Crested Newt populations and, secondarily, to promote the presence of habitats 3170 and 3140.

Recommendations for the implementation of restoration projects and creation of ponds are given through descriptive sheets and summary tables. Furthermore, avenues for the management and monitoring of the NATURA 2000 site have been proposed.

Le contenu de cette publication relève de la seule responsabilité de son auteur. Il ne reflète pas directement l'opinion de l'Union européenne ni des autres co-financeurs du projet LIFE Terra Musiva.

Sommaire

1	CADRE DE L'ETUDE	10
1.1	Contexte	10
1.2	Objectifs.....	10
1.3	Zone d'étude	11
2	MISSION 01 : Etude du fonctionnement hydrologique des mares existantes et programme de restauration	13
2.1	Collecte et analyse de la base de données existante.....	13
2.1.1	Contexte topographique.....	13
2.1.2	Contexte climatique.....	17
2.1.3	Contexte hydrologique.....	20
2.1.4	Contexte pédologique.....	24
2.1.5	Contexte géologique.....	26
2.1.6	Contexte hydrogéologique	29
2.1.7	Contexte écologique	38
2.2	Reconnaissances de terrain.....	49
2.2.1	Campagnes de terrain réalisées	49
2.2.2	Campagne de terrain 01 : installation de sondes de mesure des niveaux d'eau sur 3 mares du plateau	49
2.2.4	Campagne de terrain 02 : investigations détaillées sur 15 pièces d'eau	56
2.2.5	Campagne de terrain 03 : Validation des mares à créer et restaurer et prélèvements d'eau 73	
2.2.6	Synthèse des reconnaissances de terrain.....	87
2.3	Synthèse du fonctionnement hydrologique des pièces d'eau	91
2.3.1	Caractéristiques principales des pièces d'eau.....	91
2.3.2	Conditions d'alimentation des mares	92
2.3.3	Bilan hydrique de l'étang et des mares investiguées.....	95
2.3.4	Influence des paramètres biotiques et abiotiques sur la faune et la flore des mares 108	
2.3.5	Définition d'une typologie des mares	116
2.4	Préconisations de restauration des mares du plateau.....	116
2.4.1	Critères de sélection des mares à restaurer	116
2.5	Perspectives d'évolution et de restauration de l'habitat 3170	119
2.5.1	Perspectives d'évolution sur l'étang	119
2.5.2	Perspectives de restauration sur les mares du plateau	122
3	MISSION 02 : Détermination des secteurs et préconisations pour la création de nouvelles mares	123
3.1	Identification des secteurs propices à la création de mares.....	123

3.2	Préconisations pour la création des mares	125
3.2.1	Caractéristiques des mares à créer	125
4	Préconisations pour la gestion et le suivi des mares du plateau et de l'étang de la Capelle	127
4.1	Préconisations de gestion et d'entretien des mares du plateau	127
4.2	Préconisations de gestion et de suivi de l'Etang de la Capelle	130
5	Conclusions	132
6	Bibliographie	133
7	Annexes	137

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Diagramme Ombro-thermique de la Commune de la Capelle-Masmolène (Données Météo France)	17
Figure 2 : Rose des vents, station de Nîmes-Courbessac - (Données Windfinder).....	19
Figure 3 : Photographies de gauche : argile rouge et grise marquant la transition entre le Cénomanién inférieur et moyen (partie Ouest du plateau) ; Photographie de droite : affleurement de grès du Cénomanién inférieur (Nord-Est du plateau)	27
Figure 4 : Log géologique du forage (09392X0034) situé à Saint Victor des Oules (partie Ouest du plateau) – (source : Agence de l'Eau RMC).....	28
Figure 5 : Coupe hydrogéologique schématique Nord Sud de la zone d'étude	33
Figure 6 : Répartition du Triton crêté (<i>Triturus cristatus</i>) (A) Répartition européenne ; (B) Répartition nationale Source : EDGAR P. & BIRD D R., 2006 / ONEMA & MNHN, 2015	45
Figure 7 : Phénologie de l'espèce en fonction des phases (Source : OFB)	45
Figure 8 : Photographie des sondes mises en place sur les mares du plateau De haut en bas : LACA47, LACA63 et VICTOU08	50
Figure 9 : Evolution des niveaux d'eau, de la température et de la conductivité – VICTOU08	53
Figure 10 : Evolution des niveaux d'eau et de la température – LACA63	54
Figure 11 : Evolution des niveaux d'eau et de la température – LACA47	55
Figure 12 : Photographie du recoupement de nappe utilisé pour l'irrigation (ETAN01), dont le niveau était particulièrement bas en janvier 2023	64
Figure 13 : Bâti béton de la source de Barbion recueillant les eaux de deux galeries drainantes.....	65
Figure 14 : Photographie du perméamètre à simple anneau utilisé pour réaliser les essais (essai EI03, proche mare LACA10)	71
Figure 15 : Diagramme de Schoeller-Barkaloff et de Stiff des eaux échantillonnées	86
Figure 16 : Schéma de principe du bilan hydrique des pièces d'eau.....	95
Figure 17 : Pluviométrie et ETP des années complètes considérées en entrée du modèle	96
Figure 18 : Graphiques du calage du modèle sur les 3 mares du plateau	100
Figure 19 : Graphiques du calage du modèle sur l'Etang de la Capelle	101
Figure 20 : Simulation de l'évolution des niveaux d'eau dans la mare VICTOU08 2010 à 2023.....	102
Figure 21 : Simulation de l'évolution des niveaux d'eau dans la mare LACA63 de 2010 à 2023.....	104
Figure 22 : Simulation de l'évolution des niveaux d'eau dans la mare LACA47 de 2010 à 2023.....	105
Figure 23 : Simulation de l'évolution des niveaux d'eau de l'Etang de la Capelle de 2010 à 2023.....	106

Figure 24 : Dynamique de végétation et rotation de gestion temporelle et/ou spatial.	115
Figure 25 : Évolution de la fréquence des pluies extrêmes (Cumul > 150 mm ou > 200 mm) sur les régions méditerranéennes de la France à partir de 1961	120
Figure 26 : de gauche à droite : variation moyenne de la recharge (en %) minimale, moyenne et maximale à l'horizon 2045 - 2065 par rapport à la période 1961 - 1990 (AUBE D., 2016)	121
Figure 27 : Design d'une mare à restaurer ou créer. Source : Syndicat des Rivières Dombes Chalaronne Bords de Saône, 2020.	125
Figure 28 : Schématisation d'une restauration d'une mare, avec intérêt porté sur la pente de celle-ci. Source : Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et d'Environnement de l'Eure (CAUE27), 2013.	126
Figure 29 : Proposition des sites de suivi des eaux souterraines et de surface au niveau de l'Étang de la Capelle	131

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation de la zone d'étude	12
Carte 2 : Restitution LIDAR HD Etang de la Capelle	14
Carte 3 : Restitution du LIDAR HD et détection des dépressions – zone du plateau.....	16
Carte 4 : Contexte hydrologique général	21
Carte 5 : Contexte hydrologique local	23
Carte 6 : Référentiel pédologique.....	25
Carte 7 : Synthèse des données géologiques et hydrogéologiques.....	32
Carte 8 : Carte piézométrique de la nappe des alluvions quaternaires - 18/10/1996	35
Carte 9 : Répartitions et état de conservation des végétations « Mares temporaires méditerranéennes 3170 »	40
Carte 10 : Répartition des espèces et des herbiers à Characées (3140)	44
Carte 11 : Répartition du Triton crêté et de l'écrevisse de Louisiane	48
Les pièces d'eau qui ont été retenues pour cette mission sont reportées sur la Carte 12.	
Carte 12 : Mares avec investigations détaillées.....	56
Carte 13 : Mesures effectuées autour de l'Étang de la Capelle – Janvier 2023	63
Carte 14 : Relevés hydrogéologiques - Janvier 2023	70
Carte 15 : Localisation des essais d'infiltration	72
Carte 16 : Localisation des prélèvements d'eau	75
Carte 17 : Synthèse du mode d'alimentation des mares du plateau et de l'Étang de la Capelle.....	94
Carte 18 : Proposition de mares à restaurer.....	118
Carte 19 : Proposition de mares à restaurer et à créer	124

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Température moyenne mensuelle à la station de Cavillargues (Données METEO France).....	18
Tableau 2 : Précipitation mensuelles à la station de Cavillargues (Données METEO France).....	18
Tableau 3 : Débits caractéristiques de l’Alzon à Uzès 1996 à 2008 (source Hydroportail)	20
Tableau 4 : Résultats des analyses d’eau sur les forages AEP de la Capelle et sources de la zone NATURA 2000	37
Tableau 5 : Caractéristiques morphologiques des mares du plateau investiguées	61
Tableau 6 : Synthèse des sondages pédologiques effectués en janvier 2023 – MICA Environnement.....	68
Tableau 7 : Classes de qualité de l’eau issue du SEQ-EAU V2	74
Tableau 8 : Résultats des analyses d’eau effectuées sur 15 pièces d’eau	78
Tableau 9 : Statut trophique selon Wetzel (2001), Wollenweider et Korekes (1982).....	81
Tableau 10 : Statut trophique des mares en fonction des teneurs en phosphore, chlorophylle A et transparence au disque de secchi	82
Tableau 11 : Synthèse des investigations de terrain	90
Tableau 12 : Bilan des débits entrant et sortants de l’étang en moyenne mensuelle	97
Tableau 13 : Valeurs des principaux paramètres de calage du modèle pour les différentes pièces d’eau	98
Tableau 14 : Résultats des indicateurs de validité du calage du modèle	100
Tableau 15 : Synthèse des assesscs simulés sur la mare VICTOU08.....	103
Tableau 16 : Synthèse des assesscs simulés sur la mare LACA63.....	104
Tableau 17 : Code de priorisation de restauration des mares	117
Tableau 18 : Principaux paramètres de détermination de l’état des mares et actions de gestion associées.....	129

1 CADRE DE L'ETUDE

1.1 Contexte

Le projet LIFE Terra Musiva initié par le Syndicat mixte des gorges du Gardon et qui associe 8 autres partenaires, dont le Conservatoire d'Espaces Naturels (CEN) Occitanie a démarré en janvier 2022.

Un volet du projet, consacré aux « milieux humides » se décline selon deux axes principaux :

- Axe Continuité du réseau de mares,
- Axe Lutte contre la fragmentation.

Ce premier axe s'inscrit dans la continuité du projet Newt'on Corridors et prévoit la mise en œuvre de deux études :

- Une première étude visant à définir le fonctionnement hydrologique des mares, objet de la présente étude,
- Une seconde étude de diagnostic floristique de ces mares réalisée en 2022 par le CEN Occitanie (Action A7 : SUIVIS SCIENTIFIQUES SITE NATURA 2000 « ÉTANG ET MARES DE LA CAPELLE » Suivis des « *Gazons amphibies annuels méditerranéens » (3170*) et des « Végétations aquatiques à Characées » (3140)), Année 2022.

Ces études donneront lieux à une phase de travaux visant respectivement à la restauration et à la création de 15 et 5 mares au sein du site NATURA 2000 « Etang et mares de La Capelle (FR9101402) » avec actions de suivi des impacts des travaux.

Un des enjeux principaux de ces études est la préservation du Triton crêté, espace rare et menacée par la dégradation des milieux (mares temporaires méditerranéennes, notamment) et par le changement climatique.

Le CEN Occitanie, en tant que commanditaire a confié cette étude hydrologique à un groupement constitué des sociétés MICA Environnement et PERMALAB. La réalisation de cette étude a été scindée en deux missions :

- Mission 01 : Etude du fonctionnement hydrologique des mares existantes,
- Mission 02 : Détermination de secteurs pertinents pour la création de nouvelles mares.

1.2 Objectifs

L'étude vise à la caractérisation hydrologique d'un cortège de mares méditerranéennes situé au sein et en périphérie du site NATURA 2000 de l'Etang et mares de la Capelle.

Plus spécifiquement, cette étude qui s'inscrit dans le programme de conservation LIFE *Terra Musiva*, a pour objectifs :

- De réaliser un diagnostic des mares du point de vue hydrologique et notamment de définir leur modalité d'alimentation (superficielle, souterraine, etc.) et leur cycle hydrologique (période en eau, période d'assèchement),
- D'évaluer les paramètres favorisant le développement et le maintien des habitats d'intérêt communautaire H3170* et H3140 et de définir les caractéristiques du milieu physique des mares favorables à la présence du Triton crêté,

- De définir, à partir des éléments de compréhension du fonctionnement de ces mares, les préconisations techniques à prendre en considération pour la restauration de mares existantes et la création de nouvelles.

1.3 Zone d'étude

La zone d'étude concerne l'étang de la Capelle et son cortège de mares associées, objet du site NATURA 2000 d'une superficie de 314 ha.

L'étang de la Capelle correspond à un plan d'eau formé en fond d'une vaste dépression topographique. Il est alimenté par un bassin versant endoréique d'une superficie d'environ 13 Km² dont l'étang constitue le point bas.

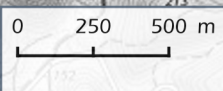
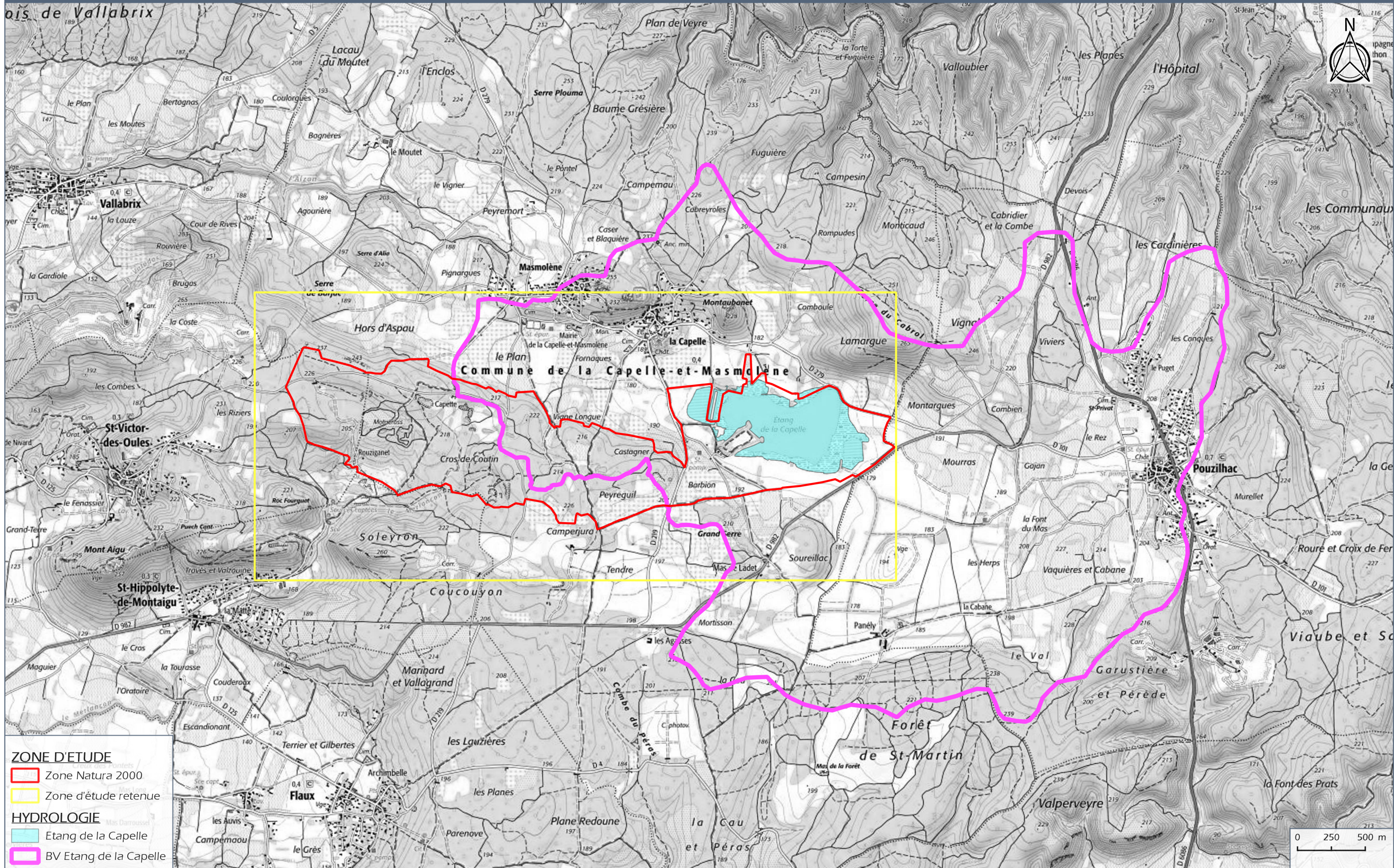
La partie Ouest du site NATURA 2000 n'est pas incluse dans le bassin versant de l'étang, mais constitue la partie amont du bassin versant de l'Alzon, affluent du Gard.

Géologiquement, ce site s'inscrit dans un synclinal d'axe Est-Ouest qui se développe au sein des formations sédimentaires du Crétacé (grès, argiles, marnes et calcaires). Les bordures du synclinal sont armées par les calcaires massifs à faciès urgonien. Le cœur du synclinal est rempli par les formations alluviales récentes à actuelles de basses à très basses terrasses. Ils correspondent à des alluvions fines mêlés de sédiments palustres. C'est au sein de ces formations peu perméables que se développe l'étang de la Capelle.

La zone d'étude retenue correspond à un périmètre étendu autour de la zone NATURA 2000 (cf document en page suivante). La partie contextuelle (analyse de la base de données) inclut également le bassin versant de l'Etang de la Capelle.

Carte 1 : Localisation de la zone d'étude

Échelle
1:25 000



2 MISSION 01 : Etude du fonctionnement hydrologique des mares existantes et programme de restauration

2.1 Collecte et analyse de la base de données existante

2.1.1 Contexte topographique

2.1.1.1 Généralités

Le site étudié correspond à la zone NATURA 2000 de l'Etang et mares de la Capelle. Il se trouve sur les communes de la-Capelle-et-Masmolène (majoritairement) et de Saint-Victor-des-Oules (dans sa partie Ouest), dans le département du Gard (30). Situé à 10 km au nord-est d'Uzès, le village de la Capelle-et-Masmolène se trouve à une altitude moyenne de 195 m NGF alors que l'étang de la Capelle s'étend à une altitude de 175 m NGF plus au Sud-Est, marquant une dépression globalement orientée Ouest Nord-Ouest – Est Sud-Est. Un « plateau » orienté selon la même direction, et avec une légère concavité, forme la partie Ouest du secteur, pour une altitude comprise entre 180 et 240 m NGF. Les mares temporaires se concentrent linéairement dans le « creux » de ce plateau.

L'étang a une superficie variable, selon la saison et la pluviométrie. Il ne subsiste notamment que des laisses d'eaux artificielles connectées à des creusements appelés « gours » à l'étiage tandis que la plaine est majoritairement noyée en période de hautes eaux. L'imperméabilité des gours est assurée par un substratum argileux alors que les chenaux les reliant sont creusés plus superficiellement dans les niveaux tourbeux et sablo-argileux (limoneux).

Toute la zone d'étude a fait l'objet d'un levé LIDAR Haute Définition par l'IGN. Ce dernier mis à disposition sur le site de l'IGN a été traité dans le cadre de l'étude afin de disposer de données topographiques de grandes précisions sur l'ensemble de la zone NATURA 2000. La mission aéroportée ayant permis l'acquisition des données date de la fin mai 2021.

Les données ont été converties au format raster (geotiff), avec une maille carrée de 50cm x 50 cm.

Ces données présentes un fort intérêt pour la description morphologique de l'étang et du plateau et a également permis par traitement SIG une détection des dépressions sur le plateau, constituant d'éventuelles mares.

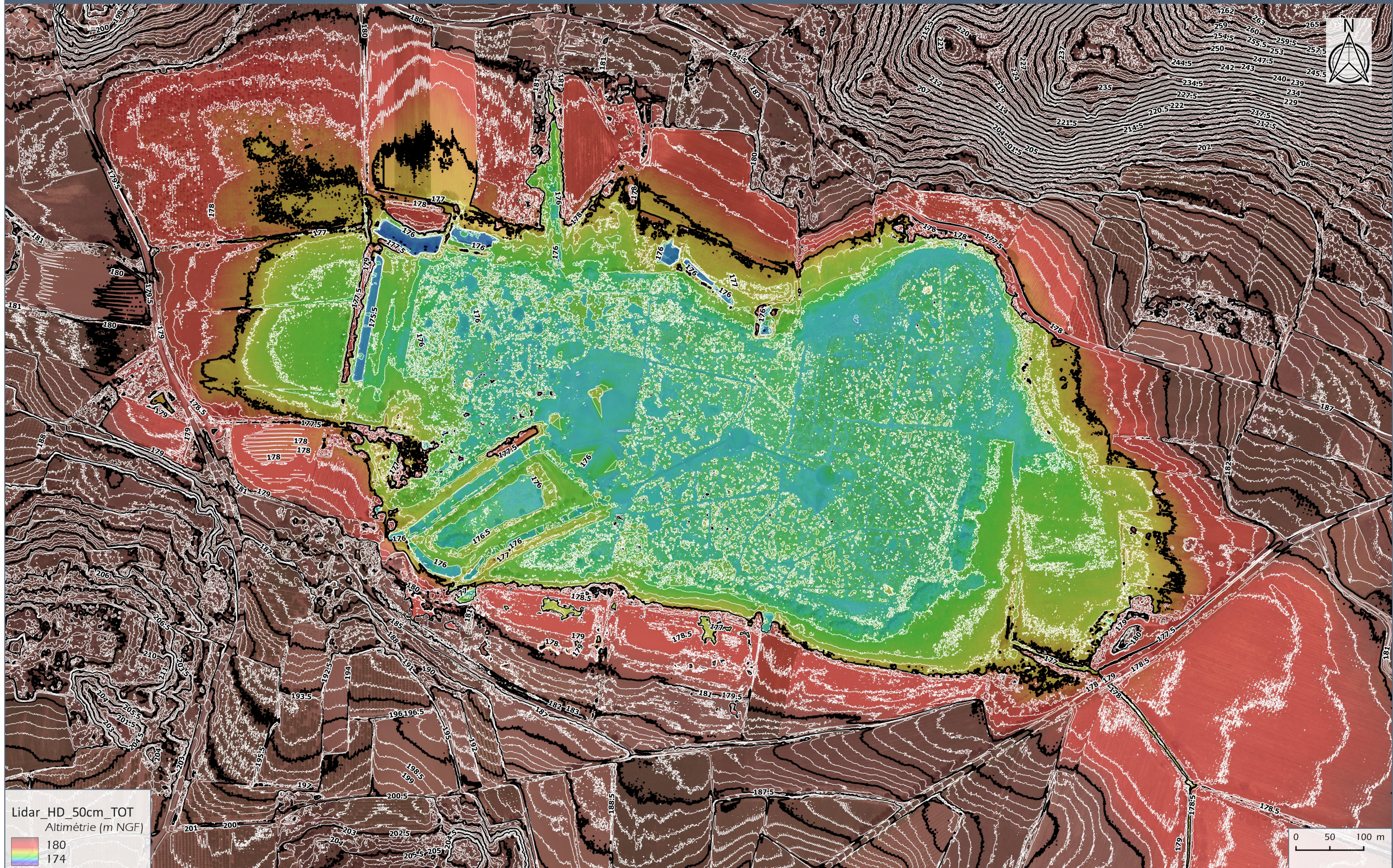
2.1.1.2 Morphologie de l'étang de la Capelle

Les courbes de niveaux issues du traitement LIDAR mettent en évidence que l'étang présente une extension comprise généralement entre 177 m NGF et un point bas autour de 174,5 m NGF au niveau de plusieurs petites zones de dépressions au centre de l'étang.

Les différents surcreusements réalisés autour de l'étang permettant de recouper la nappe, ainsi que les gours, sont bien mis en évidence sur les données LIDAR. Ces mares surcreusées sont parmi les secteurs les plus bas de l'étang.

Carte 2 : Restitution LIDAR HD Etang de la Capelle

Échelle
1:5 000



Lidar_HD_50cm_TOT
Altimétrie (m NGF)



0 50 100 m



CEN OCCITANIE

Étude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes, étang et mares de la Capelle, Capelle-et-Masmolène (30)

Sources : SCAN25® & LIDAR HD
©IGN

2.1.1.3 Morphologie du plateau

La zone nommée « plateau » correspond en réalité à deux éperons topographiques entrecoupés par une vallée d'orientation Nord-Sud, située au centre de ce secteur, au niveau du lieu-dit « Cros Coutin », qui correspond à la partie amont du ruisseau du Merlançon.

A l'Ouest de la vallée, l'éperon principal culmine à une altitude d'environ 240 m NGF. Il présente une orientation Ouest Nord-Ouest – Est Sud-Est. Sa crête est parcourue par la route reliant les villages de la Capelle et de Saint-Victor-des-Oules.

A l'Est de la vallée, l'éperon culmine à environ 230 m NGF. Il présente une orientation plutôt Nord-Ouest Sud-Est.

Ses pentes sont plus douces que l'éperon Ouest et elles tendent à diminuer en allant vers le Sud et l'Est vers le secteur du Camperjura.

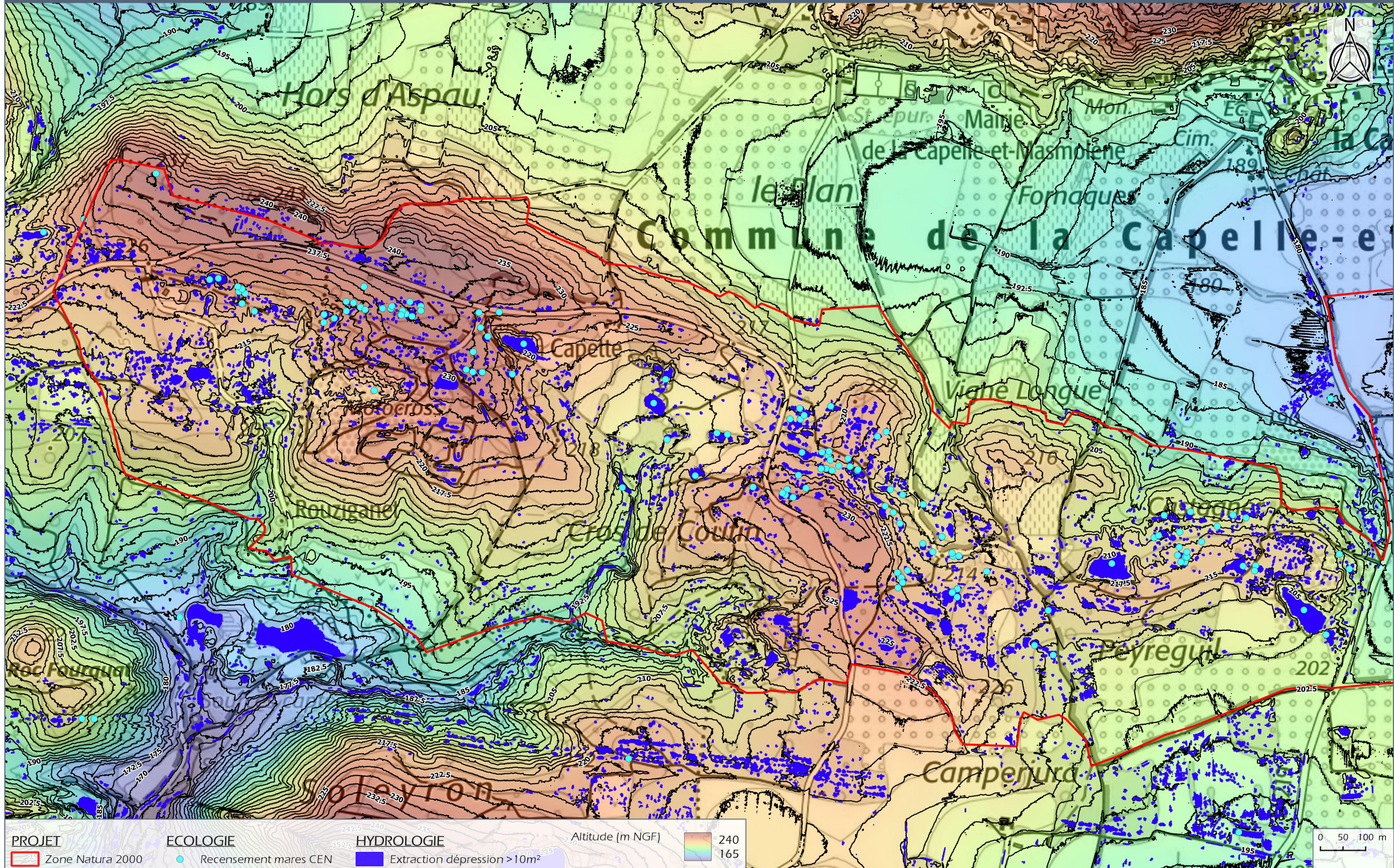
Plusieurs talwegs d'orientation principalement Nord-Sud viennent entaillés le plateau. Ils s'écoulent principalement vers le Sud. Les pentes du versant au Nord-Ouest de la zone NATURA 2000 sont globalement plus fortes que les autres versants. Une importante rupture de pente est visible dans ce versant, qui correspond à l'affleurement d'une barre de grès/quartzite.

Les données LIDAR ont été traitées afin d'isoler les dépressions de plus de 10 m² de superficie.

On constate qu'une multitude de dépressions lardent la surface du plateau, mais également les versants. Certaines de ces dépressions coïncident avec les mares issues du recensement du CEN Occitanie.

Carte 3 : Restitution du LIDAR HD et détection des dépressions – zone du plateau

Échelle
1:7 500



PROJET

Zone Natura 2000

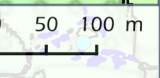
ÉCOLOGIE

Recensement mares CEN

HYDROLOGIE

Extraction dépression > 10m²

Altitude (m NGF)



CEN OCCITANIE

Étude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes, étang et mares de la Capelle, Capelle-et-Masmolène (30)

Sources : ©IGN

2.1.2 Contexte climatique

Le site d'étude est présent dans l'arrière-pays méditerranéen sur les plateaux précédents les Cévennes et bordant la basse-vallée du Rhône. Ainsi, bien que dans un contexte de climat méditerranéen franc, le site d'étude se situe dans une poche d'un climat méditerranéen altéré. En effet, les températures annuelles sont un peu moins élevées (moyenne $\approx 13^{\circ}\text{C}$), avec une amplitude thermique moins forte (maximum 17°C) et quelques jours de gel par an. Les pluies sont un peu plus abondantes ($\approx 800\text{mm/an}$) avec une répartition similaire principalement centrée sur l'automne et l'hiver.

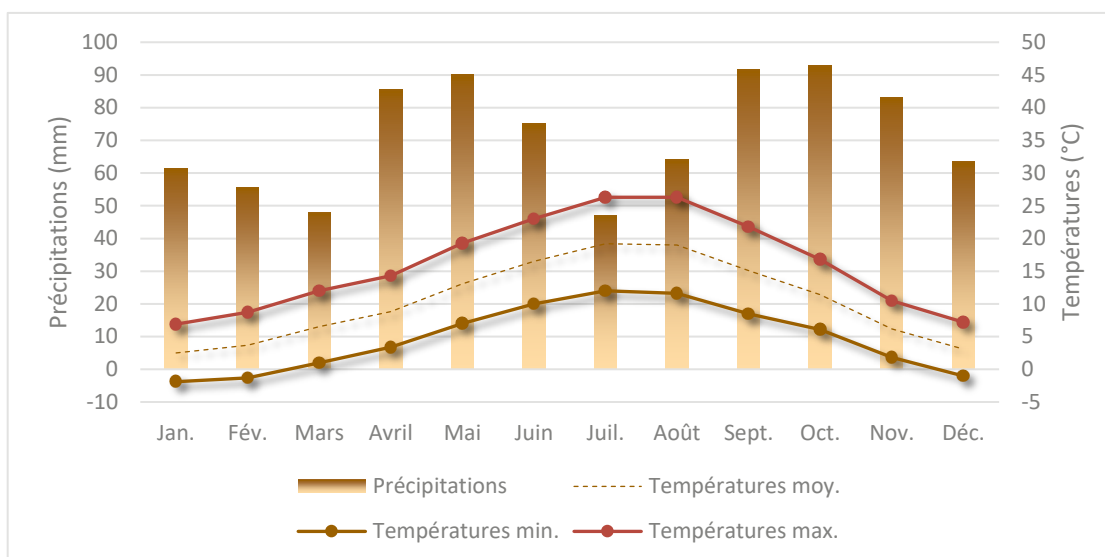


Figure 1 : Diagramme Ombro-thermique de la Commune de la Capelle-Masmolène (Données METEO France)

Le climat est caractérisé par des étés secs et chauds et des automnes doux, durant lesquels se succèdent des périodes encore bien ensoleillées et des périodes de pluies abondantes, notamment en octobre.

Les données utilisées pour la présentation climatologique du site proviennent de la station météorologique de Cavillargues (station METEO France la plus proche du site d'étude), située à 8 km au Nord du site d'étude (lat. : $44^{\circ}06'47''\text{N}$, lon : $4^{\circ}31'07''\text{E}$). Par extrapolation, on estimera que le climat de la zone d'étude se rapproche de celui de Cavillargues.

Exceptionnellement on prendra en compte les données relatives à l'ensoleillement et au vent de la station météorologique de Nîmes-Courbessac située à environ 29km au sud du site d'étude.

2.1.2.1 Températures

Au cours de l'année 2017, les températures moyennes minimales et maximales varient entre 5,2°C (janvier) à 22,9°C (juillet).

Le tableau suivant présente les températures mensuelles moyennes :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
Température moyenne en °C	5.2	6.3	9.6	12.2	16.4	20.1	22.9	22.8	18.7	14.4	9	5.9	13.7

Tableau 1 : Température moyenne mensuelle à la station de Cavillargues (Données METEO France)

2.1.2.2 Pluviométrie

Le régime pluviométrique est modéré avec une pluviométrie annuelle moyenne de 825,1 mm (station météorologique de Cavillargues). Ces précipitations sont par contre généralement violentes, concentrées sur un nombre de jours relativement faible (67 jours de pluie en moyenne par an), essentiellement en automne et au printemps. En été, les précipitations sont faibles mais concentrées sur des épisodes orageux brefs et souvent violents. La pluviométrie est plus faible entre juin et août.

Le tableau suivant présente les cumuls mensuels moyens de précipitation :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cumul annuel en mm
Cumul mensuel des précipitations en mm	68.8	48.2	48.9	73.8	70.7	45.2	35.3	44.4	102.5	126.6	92.6	68.1	825.1

Tableau 2 : Précipitation mensuelles à la station de Cavillargues (Données METEO France)

Les mois les plus pluvieux sont observés en période automnale principalement de septembre à novembre, et sont généralement associés avec les événements cévenols qui se caractérisent certaines années par des précipitations et des vents exceptionnels.

2.1.2.3 Vents

Les données concernant les vents sont issues de la station de mesure des vents de Nîmes-Courbessac et sont mises à disposition sur le site internet Wind Finder.

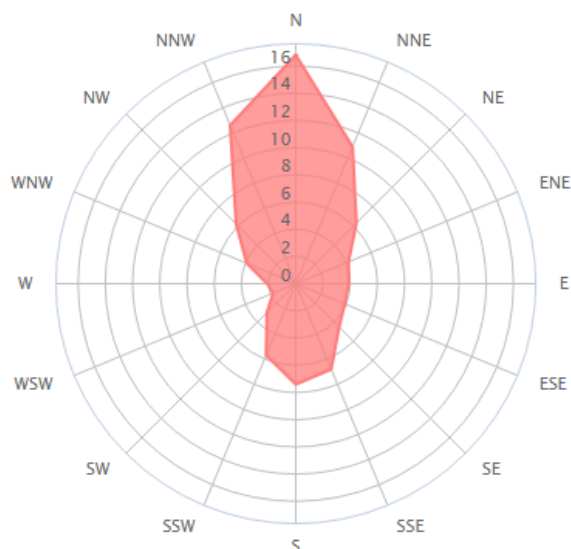


Figure 2 : Rose des vents, station de Nîmes-Courbessac - (Données Windfinder)

La région est sous l'influence du Mistral à partir du couloir rhodanien. C'est un vent catabatique et de couloir provenant du Nord/Nord-ouest, très fort en hiver et souvent violent puisqu'il peut souffler au-delà de 120km/h en plaine. Ce vent assèche l'atmosphère, contribuant ainsi à l'augmentation du risque d'incendie de forêt. Il est un constituant majeur du climat local et façonne le paysage (haies brise-vent, orientation des habitations, etc.). Il souffle entre 120 et 160 jours par an avec une vitesse de 90km/h par rafale en moyenne.

Le secteur fortement exposé aux vents, du fait de la proximité de la Vallée du Rhône et à l'effet de couloir créée par les reliefs ceinturant la plaine de l'Uzège.

La station de Nîmes-Courbessac enregistre une vitesse moyenne des vents de 3,3 m/s (Source : MétéoFrance)

2.1.2.4 Evapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration correspond à l'eau utilisée par la croissance de la végétation pour sa transpiration et la constitution de ses tissus et de l'eau évaporée du sol, de la neige, de la pluie retenue par le feuillage et cela dans un temps donné (H. Schoeller, 1962).

L'évapotranspiration potentielle est la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée sous un climat donné par un couvert végétal abondant, en pleine croissance et bien alimenté en eau. Elle s'exprime en hauteur d'eau. L'ETP est, au point de vue agronomique, d'importance primordiale puisqu'elle correspond au régime hydrique optimal des plantes (son calcul est utilisé pour évaluer les besoins en eau d'irrigation). Par ailleurs, intégrant plusieurs facteurs tels que la température, l'insolation, le vent, l'hygrométrie, etc., l'ETP, surtout comparée à la pluviométrie, permet de caractériser valablement un climat.

Les données suivantes sont issues de la station météorologique de Nîmes-Courbessac :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Evapo-transpiration	26	37.5	81.2	109.2	144.4	176.4	198.1	169	105.5	58.8	30.3	25.4	1161.8

potentielle
moyenne

Le bilan hydrique global dans le département (Pluviométrie - ETP) est généralement déficitaire.

2.1.3 Contexte hydrologique

2.1.3.1 Contexte hydrologique général

Le site d'étude appartient au bassin hydrographique Rhône Méditerranée (RM), dans le sous-bassin versant du Gardon.

La zone NATURA 2000 de l'Etang et mares de la Capelle se situe en tête de 3 bassins versants :

- La partie Ouest est drainée par le ruisseau du Merlançon et ces affluents. Ce ruisseau est un affluent rive gauche de l'Alzon. L'Alzon quant à lui conflue avec le Gardon au niveau du village de Collias. Sa superficie au niveau de la confluence avec le Gardon est de 204 Km².
- La partie centrale et Est, rejoint l'étang de la Capelle. Ce dernier présente un bassin versant endoréique d'environ 13,3 Km². L'étang constituant le point bas du bassin versant. Ce dernier n'a pas d'exutoire superficiel et les eaux s'accumulent dans la dépression topographique occupée par l'étang,
- Enfin, la partie Sud de la zone centrale se draine vers le Sud en direction de la Combe de Péras dont la continuité Sud finie par rejoindre la Valliguière (affluent rive gauche du Gardon).

Une station de mesure des débits est présente sur la rivière de l'Alzon au niveau d'Uzès (code station : V718 5010). Les données sont disponibles sur le site de l'Hydroportail.

Le bassin versant de l'Alzon au droit de la station de mesure présente une superficie de 71 Km². La station a été fonctionnelle entre 1996 et 2008

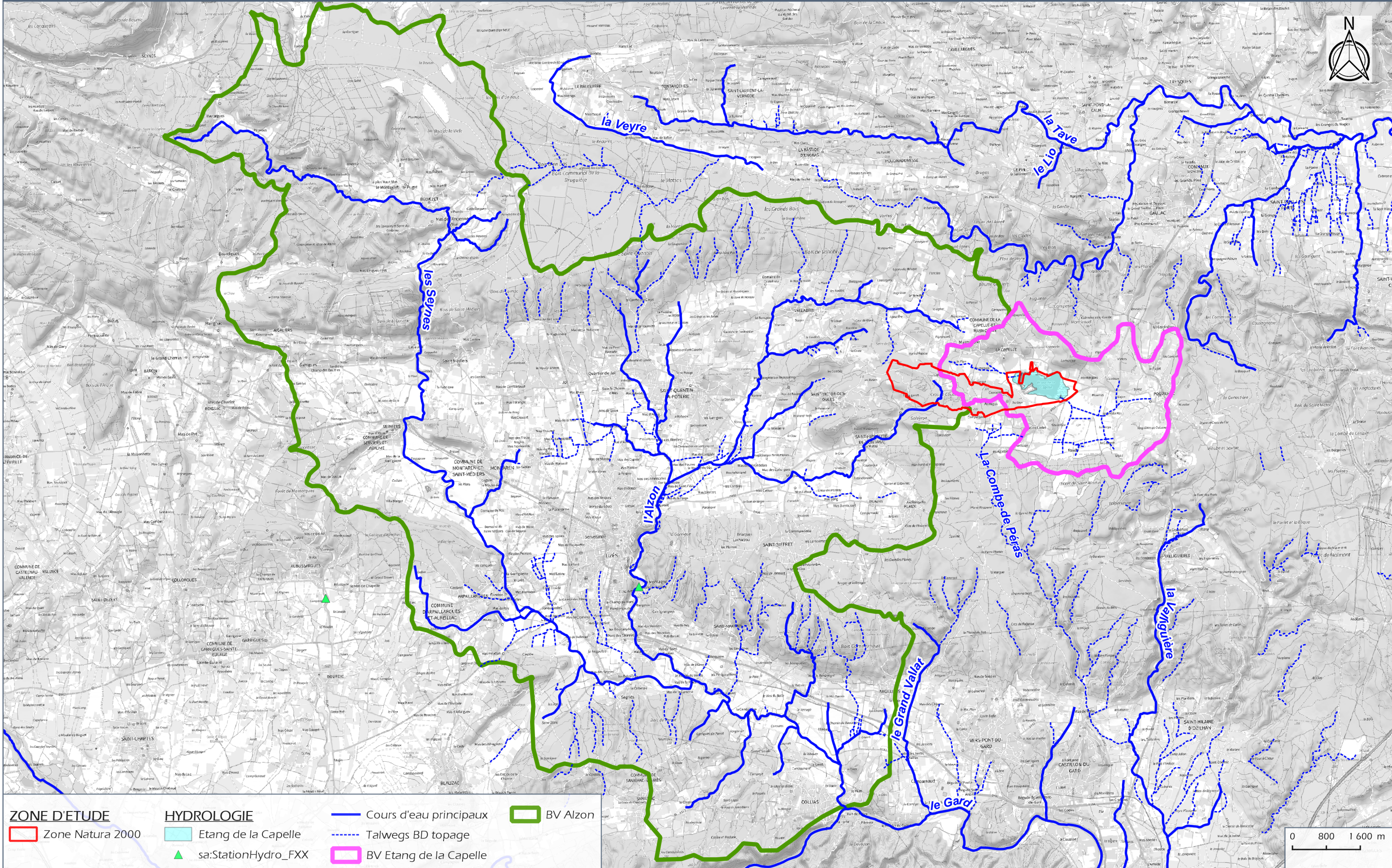
Débit caractéristique	Débit (L/s)	Débit spécifique (L/s/Km ²)
Débit moyen journalier (L/s)	536	7.5
Débit d'étiage : QMNA5* (L/s)	70	1.0
Débit de pointe de crue (L/s)	Q2	10768
	Q10	20243
	Q20	23864

* : QMNA5 : Débit moyen mensuel minimal de période de retour 5 ans

Tableau 3 : Débits caractéristiques de l'Alzon à Uzès 1996 à 2008 (source Hydroportail)

Carte 4 : Contexte hydrologique général

Échelle
1:80 000



ZONE D'ETUDE	HYDROLOGIE	— Cours d'eau principaux	— BV Alzon
▭ Zone Natura 2000	▭ Etang de la Capelle	⋯ Talwegs BD topage	▭ BV Etang de la Capelle
	▲ sa:StationHydro_FXX		

Le débit d'étiage de la rivière Alzon est relativement faible, puisque son QMNA5 spécifique est d'environ 1 L/s/Km². Le débit moyen journalier annuel est de l'ordre de 500 L/s

Les débits de crue ont été évalués uniquement sur une période de retour de 20 ans maximum étant donné la faible durée de la série de mesure (environ 12 ans). Les débits de pointe de période de retour 10 ans sont de l'ordre de 2 m³/s, soit un débit spécifique de crue décennal d'environ 285 L/s/Km².

2.1.3.2 Contexte hydrologique local

Les sous-bassins versants du plateau ont été tracés en considérant des exutoires proches des limites de la zone NATURA 2000 de la Capelle. Comme explicité précédemment, on constate la présence d'une ligne de partage des eaux qui sépare les écoulements superficiels :

- Au Nord, les écoulements des sous-bassins versants rejoignent l'Etang de la Capelle. Au total 6 sous-bassins versants sont concernés,
- Au Sud, les écoulements des sous-bassins versants se répartissent entre :
 - Les 8 sous-bassins versants les plus à l'Ouest qui correspondent à la tête de bassin versant de l'Alzon, dont notamment la partie amont du Merlançon,
 - Les 2 sous-bassins versants de la partie Est du plateau qui se drainent vers la Combe de Péras qui partent ensuite plein Sud.

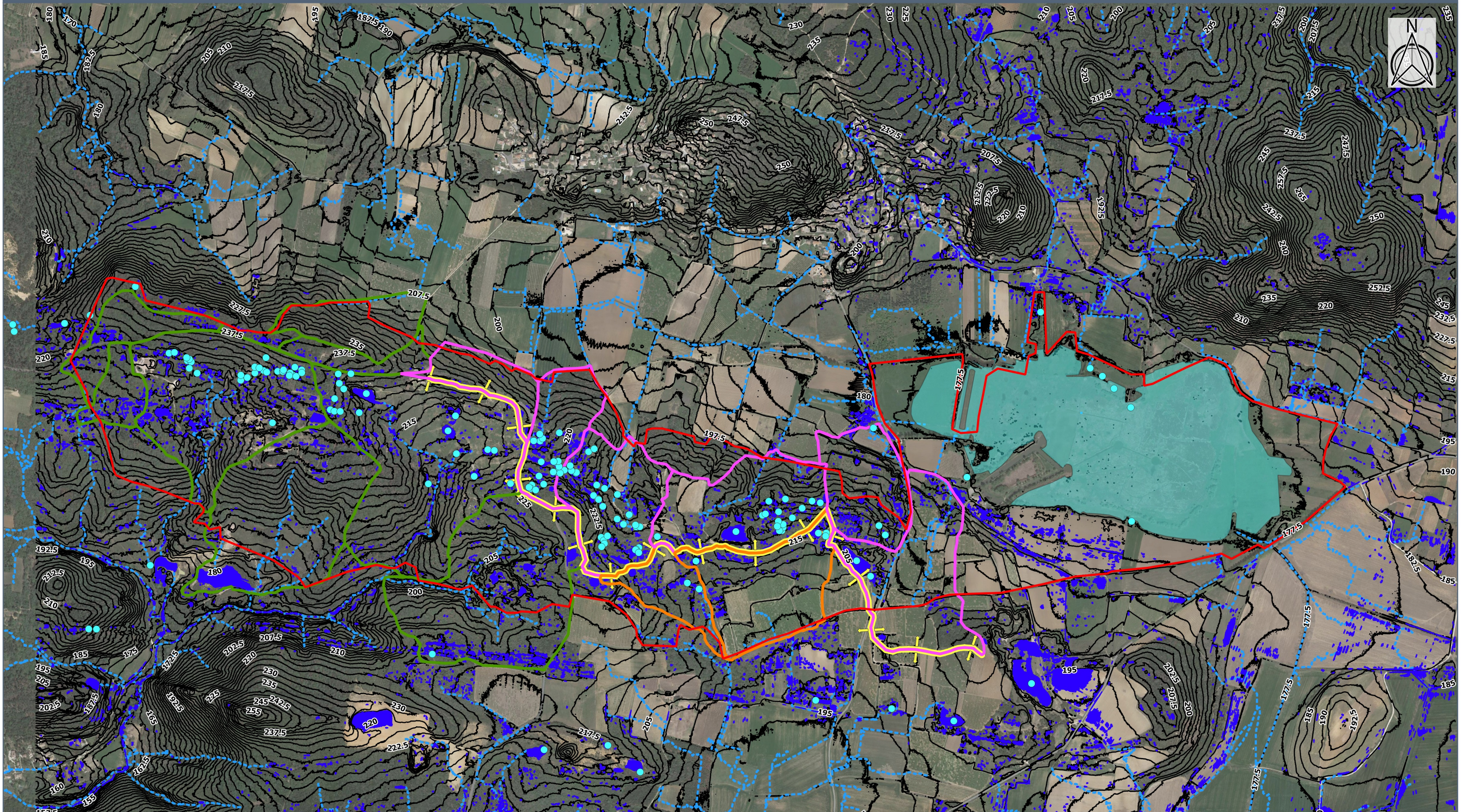
On constate que les bassins versants du plateau sont caractérisés par une occupation des sols dominés par des boisements.

L'essentiel des mares du plateau est situé au sein de ces sous-bassins-versants dans une configuration de tête de bassin versant forestier. Ceci correspond à un contexte favorable vis-à-vis de la qualité de l'eau (faible pression anthropique amont). Ceci est moins évident sur l'extrémité Est du plateau, où des cultures (fruitiers, vignobles) caractérisent une partie non négligeable de l'occupation des sols des sous-bassins versants.

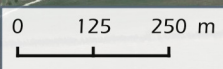
Les mares du plateau présentent des zones d'alimentation de faible superficie rarement supérieure à quelques hectares et généralement inférieure à 1 ha.

Carte 5 : Contexte hydrologique local

Échelle
1:12 500



ZONE D'ETUDE [Red outline] Zone Natura 2000	HYDROLOGIE [Blue dashed line] Talwegs principaux	[Orange line] Vers BV Combe de Péras	[Cyan area] Etang de la Capelle
ECOLOGIE [Blue dot] Recensement mares CEN	Sous-bassins versants Plateau [Green line] vers BV Alzon	[Pink line] vers BV Etang de la Capelle	[Yellow line] Ligne partage des eaux Nord-Sud
		[Blue area] Extraction dépression >10m²	



2.1.4 Contexte pédologique

Les données traitées dans cette partie sont principalement issues des informations fournies par le référentiel pédologique de Languedoc-Roussillon (FALIPOU P., *et al*, 1999).

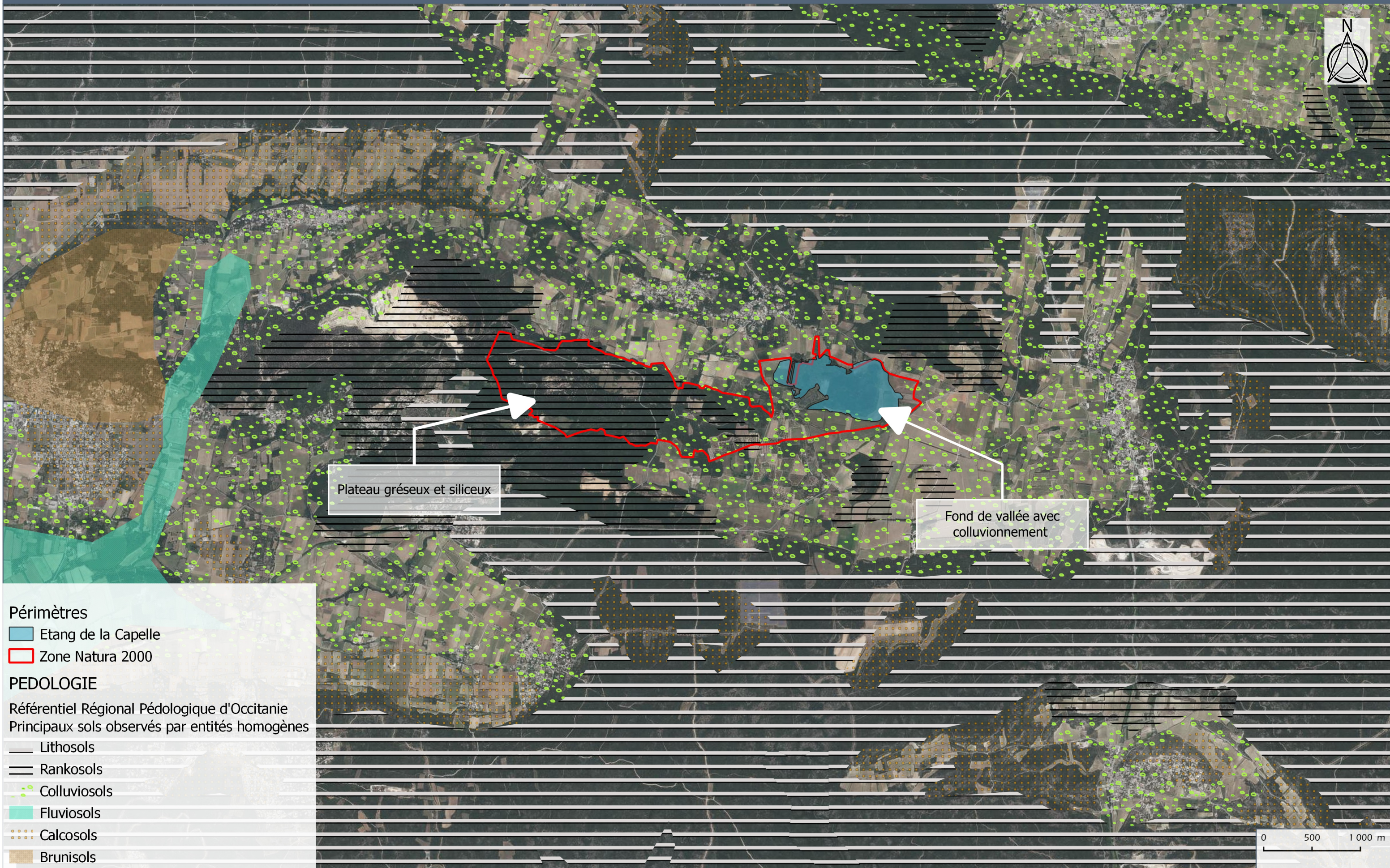
Deux ensembles pédologiques plus ou moins homogènes se distinguent :

- **Les plateaux gréseux siliceux à glauconieux.** La typologie des sols est complexe en relation avec la texture des sols et la configuration topographique (*i.e.* la profondeur des sols) :
 - **ARENOLS** : Sols profonds (>100cm) à horizons peu différenciés et texture sableuse, leur conférant une grande perméabilité,
 - **BRUNISOLS** : Sols évolués moyennement profonds (>50cm) à texture argileuse à argilo-sableuse avec des horizons assez différenciés plus ou moins chargés en matière organique,
 - **LUVISOLS** : sols évolués profonds où des processus importants de lessivage vertical des argiles et du fer ont lieu, avec une accumulation en profondeur. Ce type de sol est sujet à des saturations en eau localisées et superficielles.
 - **RANKOSOLS** : Sols peu évolués et peu profonds (<35cm) ayant une charge graveleuse forte. Ces sols ont pour origine des roches non-calcaires. En conséquence, le pH est acide et leur texture est argilo-sableuse. On retrouve ce type de sol en sommet de butte.

- **Les fonds de vallon avec des colluvionnements provenant de loess et d'altération des plateaux gréseux** (localement mélangés par des apports de cônes de déjection et de reprises alluviales). La typologie de sols est simple avec un seul type de sol représenté : les **COLLUVIOSOLS**. Issus de matériaux arrachés aux plateaux alentours et des apports éoliens de limons, ces sols se situent toujours en bas de pente et en fond de vallon. Ils présentent toujours une charge graveleuse plus ou moins forte avec beaucoup d'éléments grossiers, ainsi qu'une profondeur assez importante (>70cm).

Carte 6 : Référentiel pédologique

Échelle
1:35 000



Périmètres

Etang de la Capelle

Zone Natura 2000

PEDOLOGIE

Référentiel Régional Pédologique d'Occitanie
Principaux sols observés par entités homogènes

Lithosols

Rankosols

Colluviosols

Fluviosols

Calcosols

Brunisols

0 500 1 000 m



CEN OCCITANIE

Étude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes, étang et mares de la Capelle, Capelle-et-Masmolène (30)

Sources : RRP Harmonisé Occitanie, Google Earth

2.1.5 Contexte géologique

Le site d'étude est centré sur le flanc nord du synclinal de la Capelle (ou de Saint-Victor-des-Oules), d'orientation ouest-nord-ouest – est-sud-est et à faible plongement vers l'ouest-nord-ouest. L'étang de la Capelle est localisé au droit d'un bassin endoréique relativement étanche formé par le cœur du synclinal à prédominance argileuse. L'ensemble des informations géologiques et hydrogéologiques concernant le site d'étude sont synthétisées sous forme d'une carte (Carte 7) et d'une coupe schématique à l'échelle du synclinal de la Capelle et du bassin de l'étang de la Capelle (Figure 5).

Différents sondages, forages d'eau (irrigation ou A.E.P) et sondages piézométriques recoupent les lithologies formant le substratum de la zone étudiée. Des profils de résistivité électrique ont également été réalisés dans le cadre d'un projet d'aménagement de l'évacuation du trop-plein de l'étang de la Capelle au début des années 1970. Ces informations permettent la caractérisation des unités et lithologies formant le substratum de la zone d'étude. Les formations géologiques affleurant et les structures affectant l'ensemble ou partie du substratum sont décrites par la suite. Notons qu'elles se succèdent selon un pendage d'environ 17° vers le sud dans le flanc nord du synclinal de la Capelle, constituant la majeure partie du site d'étude.

2.1.5.1 Description des formations géologiques de la zone d'étude

Les alluvions récentes fluviales de fond de vallée et de l'étang (Fz) reposent en discordance sur la base érosive affectant les terrains crétacés sous-jacents affectés par le plissement (2,7 à 10 m d'épaisseur). Les passées argileuses versicolores (grises, noires ou jaunes) sont prédominantes et forment la base de la formation (jusqu'à 7 m). Ce sont elles qui imperméabilisent, entre autres, la base de l'étang de la Capelle et des gours creusés lors de son aménagement. Elles sont recouvertes et alternent avec des niveaux sablo-argileux ou limoneux, comportant des cailloutis mal roulés et des niveaux tourbeux, avec de probables variations latérales de faciès, sur 1,5 à 1,7 m de hauteur.

Une faille normale est certainement à l'origine de la dépression dans laquelle s'établit l'étang. Cette dépression comblée partiellement par les terrains quaternaires est marquée dans le paysage par l'épaulement visible au sud de ce bassin. L'intervention de cette faille accommodant un rejet vertical d'environ 100 m est d'ailleurs nécessaire à expliquer la succession et la géométrie des formations sous-jacentes visibles au niveau des forages AEP et du forage agricole dit forage Saorin. Cette structure est probablement recouverte par les formations quaternaires, ce qui expliquerait pourquoi elle n'est pas indiquée sur la carte géologique au 1 : 50 000^{ème} de la région. Ces failles peuvent correspondre à des structures héritées jouant au Quaternaire.

Auparavant, l'ensemble des terrains crétacés sous-jacents affleurant dans le secteur a été affecté par un plissement grossièrement sud-sud-ouest – nord-nord-est à l'origine du synclinal de la Capelle. D'autres synclinaux similaires affectent la région et forment notamment le bassin de la Tave au nord qui débouche sur la vallée du Rhône, ou encore le bassin de Serviers-Gattigues. Le plissement de ces terrains est probablement lié aux mouvements compressifs nord-sud lors de l'orogénèse alpine, actifs jusqu'à l'Eocène (Bartonien). Les terrains éocènes visibles à l'extrême ouest du secteur (e7aCM = Priabonien, qui suit immédiatement le Bartonien) reposent d'ailleurs en discordance sur l'ensemble crétacé plissé.

Le cœur du synclinal de la Capelle est occupé par les **calcaires argileux du Cénomanién supérieur (c1ch)**. Ils alternent avec des niveaux de cherts à *Exogyra*

Columba, un foraminifère benthique à test siliceux. Ces niveaux de cherts (roche biogéochimique formée par précipitation d'un fluide hyper-siliceux *sensu stricto*) correspondent certainement aux niveaux de spongolite (roche biodétritique formée par l'accumulation de tests siliceux, d'opale et de calcédoine) décrits localement et ayant été exploités pour la capacité de ce matériau à fixer la chaux et son abrasivité (cimenterie, briques réfractaires, peintures et abrasifs).

Le **Cénomaniens moyen (c1arg)** est formé par l'alternance de niveaux à dominance argileuse, gréseuse, voire marneuse, avec de probables variations latérales de faciès. Il est donc difficile de définir une colonne lithostratigraphique « standard » de cette formation pour la zone d'étude. Cependant, les informations de forage et la présence d'exploitations anciennes de sables, argiles réfractaires et sables argileux au sein de cette formation permet d'interpréter sommairement les horizons séparant les unités à dominance argilo-marneuse ou gréseuse (Figure 4) :

- la partie supérieure de la formation puissante d'environ 20 m est à dominance gréseuse, malgré la présence de quelques lentilles argileuses ;
- le contact entre la partie supérieure gréseuse et la partie inférieure argilo-marneuse du Cénomaniens moyen est marquée par un niveau imperméable d'argiles noires et/ou de lignite d'épaisseur inconnue et certainement variable. Ce niveau assure l'indépendance hydraulique des systèmes aquifères développés dans chacune de ces parties (*cf* sous-partie suivante). De plus, la base érosive de l'étang de la Capelle est tangente à ce niveau d'argiles noires dans sa partie nord-nord-est : elle contribue donc à l'imperméabilisation locale du fond de l'étang ;
- la partie inférieure de la formation est à dominance argilo-marneuse. Des marnes et/ou argilites noires et bleu-grises se succèdent sur environ 100 m, bien que des passées sableuses puissent être intercalées. L'une d'entre elles affleure notamment dans la partie centrale du plateau. Les niveaux d'argilite pure sont fréquents puisqu'il existe de nombreuses traces d'exploitation d'argiles kaoliniques plastiques dans la région (puits et galeries). Elles représentaient un intérêt pour leur résistance pyroscopique et leur diversité de teinte utiles en poterie, faïencerie, en tant que matériau réfractaire et en céramique. Les sables argileux étaient quant à eux exploités pour la préparation de pisés, le moulage et le noyautage en poterie.

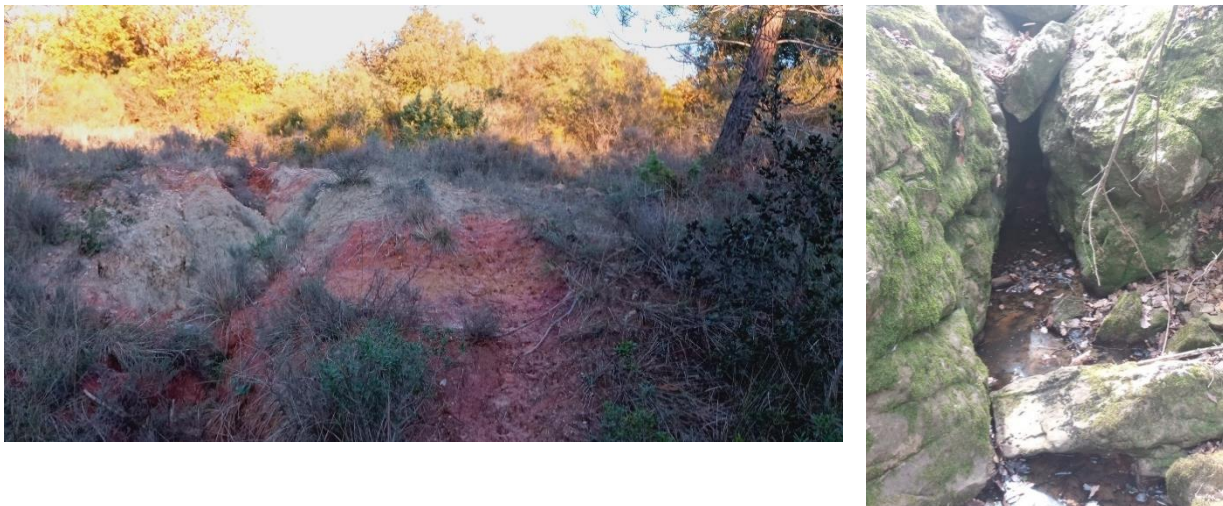


Figure 3 : Photographies de gauche : argile rouge et grise marquant la transition entre le Cénomaniens inférieur et moyen (partie Ouest du plateau) ; Photographie de droite : affleurement de grès du Cénomaniens inférieur (Nord-Est du plateau)

Le **Cénomaniens inférieur (c1q)**, puissant d'environ 200 m, s'exprime par des grès rougeâtres comprenant des bancs très riches en quartz (nommés « quartzite »). Ces sables purs ont été extraits pour l'industrie, notamment pour la fabrication de ferro-alliages et dérivés. Un niveau d'argiles noires marquerait le contact entre cette série détritique gréseuse et celle sus-jacente argilo-marno-gréseuse du Cénomaniens moyen. Cependant, il n'est pas évident que cette transition soit systématique et une confusion avec le niveau d'argiles à la transition entre les parties inférieure et supérieure du Cénomaniens moyen existe.

Le log du forage (09392X0034) situé à Saint Victor des Oules dans la partie Ouest du plateau permet une description de l'enchaînement des principales lithologies observées au sein des formations cénomaniennes.

Profondeur de	à	Système	Stratigraphie	Lithologie
0.0	12.0	556c3	Cénomaniens moyen	Argiles rouges, jaunes et rosées, sableuses à la base
12.0	21.0		Cénomaniens moyen	Sables argileux blancs beiges
21.0	24.0		Cénomaniens moyen	Lignites
24.0	42.0		Cénomaniens moyen	Argileuses sableuses noires avec des passages de sables blancs
42.0	47.0		Cénomaniens moyen	Sables grossiers roux
47.0	84.0		Cénomaniens moyen	Sables fins argileux blancs à beiges avec des lits argileux
84.0	157.6		Cénomaniens moyen	Argiles bleues et grises
157.0	165.7		Cénomaniens inférieur	Argiles jaunes et rouges, sables
165.7	214.0	Cénomaniens inférieur	Sables et grès hétérométriques avec passées argileuses à la base	

Figure 4 : Log géologique du forage (09392X0034) situé à Saint Victor des Oules (partie Ouest du plateau) – (source : Agence de l'Eau RMC)

La succession des lithologies au sein du Cénomaniens moyen montre la présence d'une importante épaisseur de sables au sein des argiles, qui met en évidence la présence d'une lentille sableuse au sein de de ces formations à dominante argileuse. La nature fluviatile de ces dépôts implique une configuration lenticulaire voir des variations latérales de faciès, qui ne sont pas cartographiés à l'échelle de la carte géologique à 1 : 50 000.

Il faut donc considérer que les formations argileuses du Cénomaniens moyen ne constituent pas un niveau argileux continu, mais bien une formation à dominante d'argile peu perméable jalonnée par des lentilles sablo-gréseuses. Certaines d'entre elles ont été esquissées sur la carte géologique, de même que le niveau supérieur sableux au sommet de cette unité stratigraphique.

Les terrains sous-jacents aux sables et grès du Cénomaniens inférieur correspondent aux **marnes grises de l'Albien supérieur et de l'Aptien (n6t, n5b2, n5b1)** puis aux **calcaires urgoniens (n4-5U)**. Ces derniers affleurent au niveau des plateaux en périphérie Nord et Sud de la dépression de la Capelle.

2.1.6 Contexte hydrogéologique

2.1.6.1 Description des principales formations aquifères de la zone d'étude

Trois à quatre systèmes aquifères sont reconnus sur le secteur, séparés par des couches de marnes ou argilites imperméables puissantes qui assurent leur **indépendance hydraulique** :

- **des aquifères lenticulaires existent dans les formations quaternaires limoneuses.** Ils sont directement liés au niveau d'eau de l'étang de la Capelle, avec un niveau statique proche de 175 m NGF, correspondant à la cote moyenne de l'étang ;
- **les « grès, calcaires et marnes du Cénomaniens moyen et supérieur du bassin d'Uzès »** forment une masse d'eau souterraine (code 643AD02 dans la BD LISA). Il s'agit d'un aquifère développé dans une unité semi-perméable, à parties libres et captives, avec une porosité matricielle et de fissures. Dans le détail, il faut distinguer deux aquifères dans ce système en milieu poreux :
 - **l'aquifère supérieur des grès du Cénomaniens moyen** : il est capté par le forage AEP (F1) de la commune de la Capelle-et-Masmolène. Les petits aquifères lenticulaires quaternaires sont en liaison avec cet aquifère en bordure sud de l'étang de la Capelle, là où le recouvrement argileux au fond de l'étang n'est pas continu. **Cette connexion hydraulique implique que l'aquifère supérieur des grès du Cénomaniens moyen est susceptible d'alimenter l'étang en période de hautes et moyennes eaux (niveau statique supérieur à celui de l'étang), mais également de le drainer à l'étiage en cas de rabattement de la nappe par prélèvements trop conséquents au niveau du forage AEP F1.** Ce phénomène d'inversion de charge n'a pour autant pas été vérifié à l'étiage. Le niveau statique du forage F1 est compris entre 175 et 177 m NGF. Le niveau dynamique (en pompage) atteint généralement 168 à 165 m NGF ;
 - **l'aquifère inférieur des grès du Cénomaniens inférieur** : bien qu'il ne soit pas évident de fixer précisément la limite entre les formations du Cénomaniens moyen et inférieur d'après les descriptions disponibles, cet aquifère est indépendant de celui précédemment décrit du fait de la présence d'une séquence marno-argileuse puissante d'environ 100 à 150 m entre les deux unités gréseuses impliquées. Cet aquifère est certainement multi-couches, du fait de la présence locale de niveaux argilo-marneux peu perméables au sein des grès, et est exploité par le **forage communal A.E.P. de la-Capelle-et-Masmolène (F2)**, ainsi que par des forages d'irrigation (**forage F6 Saorin et forage F3 Laugier**) au sud-est de la zone d'étude et le forage A.E.P. de Pouzilhac encore plus à l'est. Son niveau statique à l'étiage se situe aux alentours de 110 m NGF et diminue vers l'ouest du fait du drainage de l'aquifère en direction de la vallée de l'Alzon. Il pourrait fluctuer d'environ 20 m entre les hautes et basses eaux. Au cœur du synclinal, l'aquifère est donc captif puisque le toit de la formation gréseuse est situé sous le niveau piézométrique. En cas de connexion de cet aquifère avec les aquifères lenticulaires quaternaires à l'aplomb de la partie nord-nord-est de l'étang de la Capelle le long du flanc nord, l'étang pourrait potentiellement être drainé par celui-ci. Ce cas de figure semble néanmoins peu probable du fait de la continuité apparente de cette couche d'argiles noire le long du flanc nord de la base érosive délimitant le bassin alluvionnaire et par

conséquent le plan d'eau. Le creusement des gours a été dimensionné afin de préserver un substratum argileux suffisant lors de l'aménagement de l'étang et ainsi limiter l'éventualité (i) d'une alimentation ascendante dans la partie sud-sud-ouest et (ii) d'un drainage des gours dans la partie nord-nord-est par chacun de ces systèmes aquifères. La source de Barbion, située à proximité du forage F2, semble également drainer cet aquifère mais au Sud de la faille normale, là où la nappe est libre et à faible profondeur. La source est issue de deux galeries dont l'origine semble correspondre au passage de la grande faille normale qui pourrait constituer localement une limite étanche. Cette nappe au sein des grès du Cénomaniens inférieur semble également présente à faible profondeur au niveau du versant Nord du plateau ;

- **les calcaires urgoniens** forment une masse d'eau souterraine (534AN00 = « Calcaires urgoniens sous couverture de la vallée des Gardons » dans la BD LISA) correspondant à un aquifère karstique, à nappe captive, fissuré. Il est drainé par la source de Valliguière (La Grand Font) au sud-est et par la fontaine d'Eure au sud-ouest (Uzès). Cet aquifère est peu exploité localement (un forage d'eau industrielle pour une carrière de Pouzilhac à l'est et un forage pour alimentation d'eau d'un hôtel). Le niveau statique de la nappe dans cet aquifère est inconnu. Il n'intervient pas dans le fonctionnement hydrogéologique relatif à l'étang de la Capelle ni dans la formation des mares temporaires pour le secteur d'étude. Sa connexion à l'étang de la Capelle avait d'ailleurs été envisagée afin d'évacuer son trop plein si nécessaire.

2.1.6.2 Implications pour l'alimentation des mares temporaires du plateau

Les mares du plateau de la Capelle correspondent dans la grande majorité à d'anciennes excavations réalisées pour l'exploitation des divers matériaux tels que les sables et grès. Les dimensions de ces sites d'extraction pouvaient aller de quelques mètres carrés à de petites carrières de plusieurs milliers de mètres carrés.

Les mares temporaires référencées dans la base de données Newton sont majoritairement situées dans les terrains du Cénomaniens moyen à dominante argileuse, suivant un alignement proche du comportement de la stratification. Toutefois, en se basant sur la cartographie faite du contact entre les unités gréseuses et celles à dominance argileuses au sein du Cénomaniens moyen, plusieurs conditions d'alimentation des mares sont envisageables :

- les mares sont hébergées dans des passées imperméables argileuses de la partie inférieure du Cénomaniens moyen, à distance des lentilles gréseuses. Certaines dépressions sont d'ailleurs potentiellement liées à l'exploitation passée de ces argiles réfractaires. Il n'existe aucun lien avec l'aquifère cénomaniens et l'alimentation des mares se fait uniquement par accumulation du ruissellement des eaux météoriques au sein de leur bassin d'alimentation. L'eau s'accumule au sein des dépressions ne pouvant s'infiltrer dans le substratum argileux. La disparition de la mare se fait par évaporation de l'eau en période sèche ;
- les mares sont hébergées dans des passées imperméables argileuses de la partie inférieure du Cénomaniens moyen, à proximité immédiate de lentilles gréseuses ou de la partie supérieure de la formation à dominance gréseuse. Les apports par ruissellement sur leur bassin versant amont et les pertes par évaporation sont similaires au cas précédent. Cependant, s'ajoute la possible connexion directe

avec l'aquifère sablo-gréseux supérieur du Cénomaniens moyen : en période de hautes et moyennes eaux, si le niveau statique dans cet aquifère dépasse le niveau de base de la dépression, il peut y avoir alimentation par la nappe. Au contraire, en période d'étiage, la baisse du niveau piézométrique de la nappe sous le niveau bas de la dépression conduit à un assèchement des mares ;

- les mares sont hébergées au cœur de la séquence à dominance gréseuse située au sommet du Cénomaniens moyen. La mise en eau et vidange des mares seraient directement corrélées au battement de nappe de l'aquifère, avec une influence d'éventuels apports d'origine météorique.

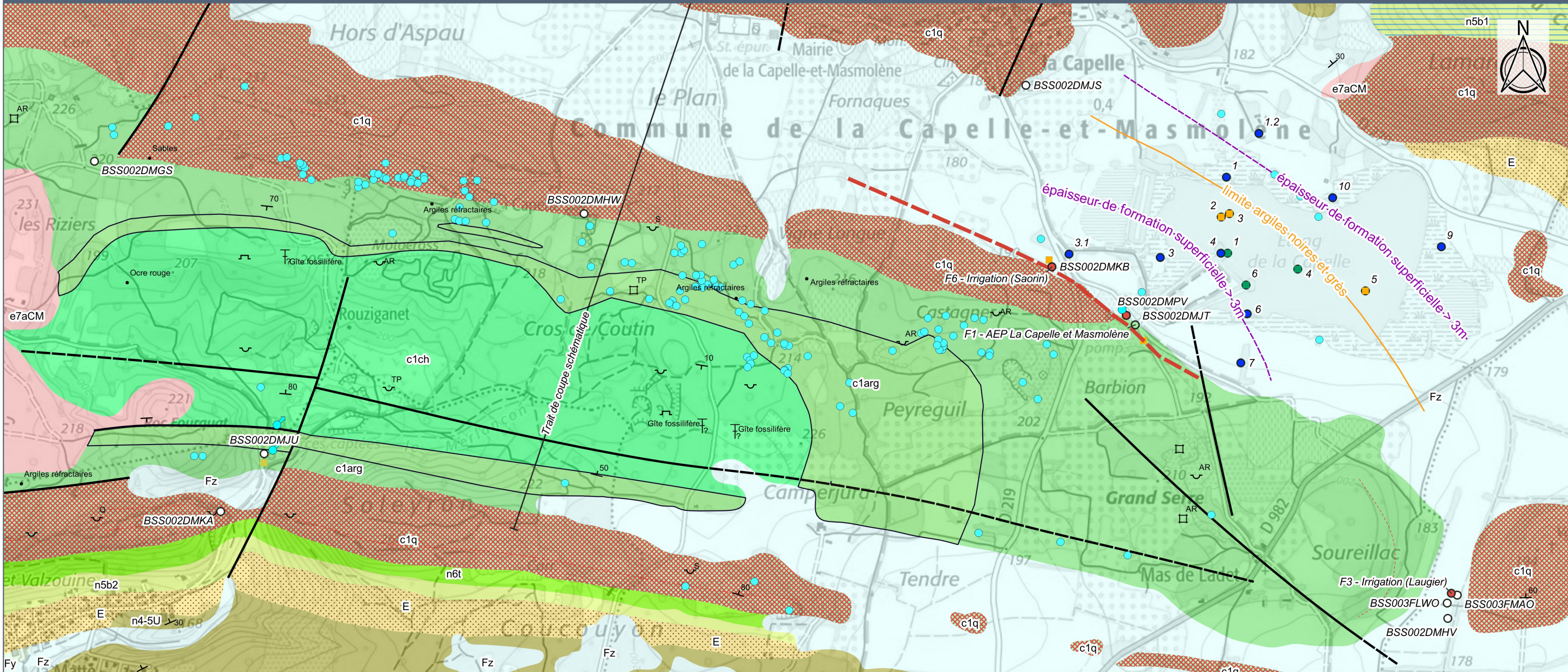
Il est à noter le cas particulier des mares situées au Nord-Ouest de la zone d'étude, entre les communes de la Capelle et Saint-Victor-des-Oules (mares sur une bande Est-Ouest de VICTOU16 à LACA159). En effet, les formations à l'affleurement dans ce secteur semblent correspondre aux grès et sables du Cénomaniens inférieur. La plupart des mares sont observées à proximité du contact entre des sables et grès démantelés (à matrice d'argile rouge) correspondant à la partie sommitale du Cénomaniens inférieur et des argiles grises très peu perméables qui marquent la base du Cénomaniens moyen.

Ces mares semblent partiellement alimentées par la nappe du Cénomaniens inférieur qui serait libre et de faible profondeur dans ce secteur. Certaines d'entre elles reçoivent également les ruissellements de leur bassins versants amont.

Une faille décrochante d'orientation Nord-Est Sud-Ouest située à l'Ouest de ce secteur pourrait constituer une limite étanche locale à la nappe des sables du Cénomaniens inférieur qui se draine vers l'Ouest Nord-Ouest. Ceci pourrait induire une remontée localisée des niveaux piézométriques de la nappe en amont de cette faille, c'est-à-dire dans le secteur de l'important cortège de mares Ouest de la zone NATURA 2000.

Carte 6 : Synthèse des données géologiques et hydrogéologiques

Échelle
1:12 500



<p>PROJET</p> <ul style="list-style-type: none"> Zone d'étude supposée Zone Natura 2000 <p>HYDROLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mares de la Capelle <p>HYDROGÉOLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Sources <p>Données de BergaSud</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Piézomètres <p>Forages d'eau - aquifère atteint</p> <ul style="list-style-type: none"> ● c1arg ● c1q 	<p>GÉOLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> Trait de coupe <p>Sondages</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Sondages sol ○ Sondages profonds <p>Données de BergaSud</p> <ul style="list-style-type: none"> — Limite argile noire (c1arg) - grès (c1q) du substratum — Isohypse 3m Fz <p>Divers (carte géologique au 1 : 50 000)</p> <ul style="list-style-type: none"> T Gîte fossilifère ~ Carrière à ciel ouvert Puits de mine ⌋ Carrière souterraine 	<ul style="list-style-type: none"> ● Substances utiles non métalliques, matériaux Faille supposée sous couverture <p>Structures (carte géologique au 1 : 50 000)</p> <ul style="list-style-type: none"> + Stratification S0 Faille observée, visible, de nature non distinguée Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée <p>Lithologies (carte géologique au 1 : 50 000)</p> <ul style="list-style-type: none"> E, Eboulis de pierrailles actuels à récents (Quaternaire récent) Fz, Alluvions fines mêlées de sédiments palustres (faciès mixtes) (Pléistocène sup.-Holocène) e7aM, Marnes (Priabonien inf.) c1ch, Calcaires argileux et cherts à Exogyra Columba (Cénomaniens) 	<ul style="list-style-type: none"> c1arg, Sables, grès et argiles (Cénomaniens) c1q, Grès quartzites, "grès rouges" (Cénomaniens, inférieur ?) n6t, sables, grès (calcaires), marnes, poudingues (Albien terminal) n5b2, Calcaires gréseux à Discoïdes (Aptien sup. = "Gargasien") n5b1, Marnes, marnes à Belemnites (Aptien, Aptien sup.) n4-5U, Calcaires à faciès "urgonien" non subdivisés : calcaires à Rudistes, biocalcarénites (oolitiques) (Barrémo-Bédoulien) hydro, Hydrographie Niveau-repère lithologique <p>Interprétation des lentilles à dominance gréseuse ou argileuse dans la partie supérieure du Cénomaniens moyen</p>
--	---	---	---

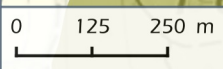
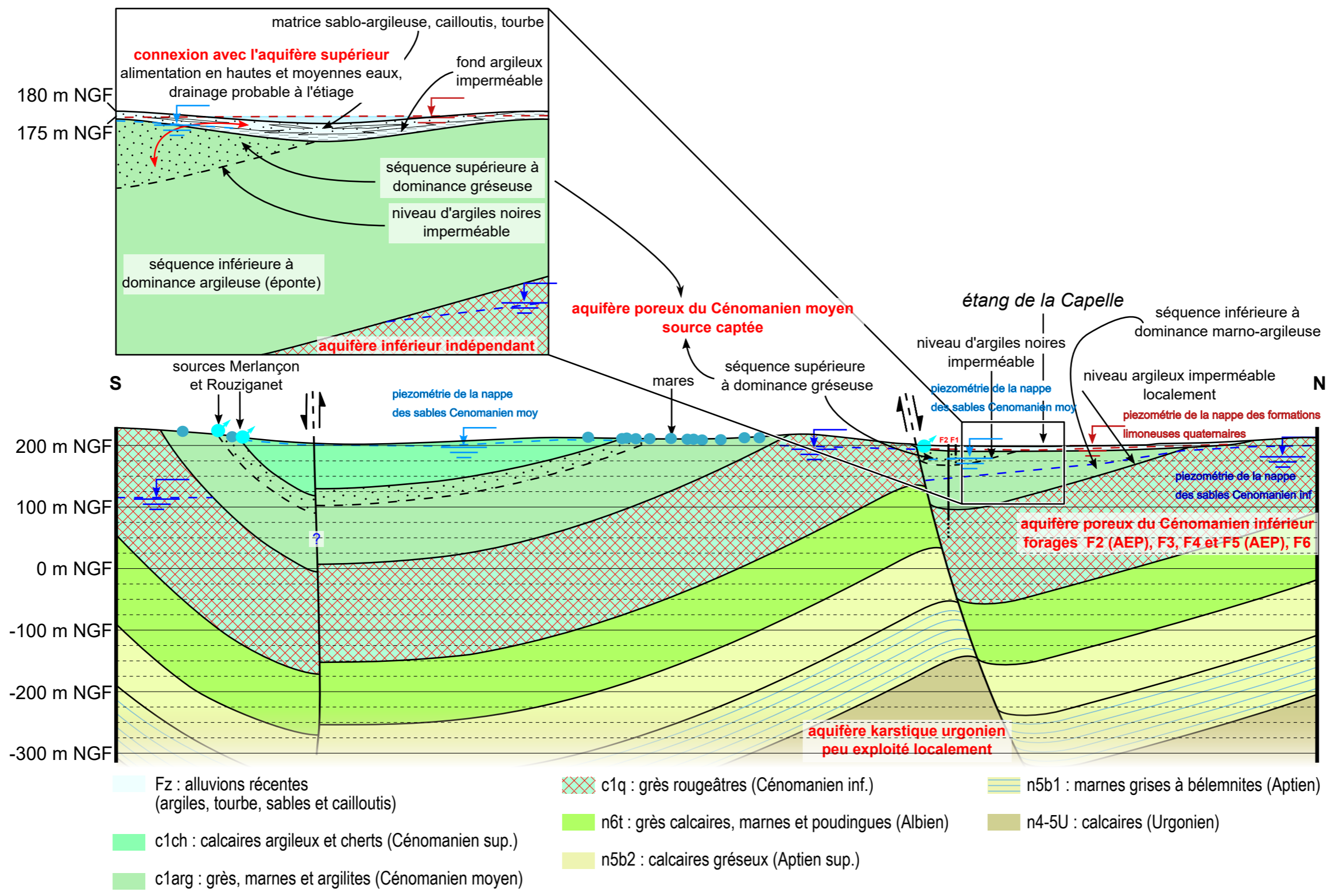


Figure 5 : Coupe hydrogéologique schématique Nord Sud de la zone d'étude



2.1.6.3 Investigations au niveau de l'Etang de la Capelle

Les différentes études menées par les sociétés BERGA Sud et BRLi dans le cadre des travaux d'aménagement de l'Etang de la Capelle ont conduit à la réalisation d'investigations géologiques et hydrogéologiques au niveau des formations limoneuses quaternaires au niveau et sur le pourtour de l'Etang de la Capelle et notamment :

- Sondages de reconnaissance,
- Equipement de certains sondages en piézomètres,
- Estimation de la perméabilité des formations rencontrées sur les sondages (la méthode d'évaluation et les valeurs mesurées n'ont pas pu être récupérées, le rapport n'ayant pas été retrouvé par la mairie de La Capelle, seules des données qualitatives sont disponibles pour chaque sondage : perméabilité très faible, faible ou moyenne),
- Mesures piézométriques sur les piézomètres et les « trous » creusés dans la nappe des alluvions quaternaires, utilisés pour l'irrigation et qui correspondent à des affleurements de cette nappe.

La carte piézométrique de la nappe des alluvions quaternaires a été réalisée le 18 octobre 1996, en conditions de hautes eaux. Il est à noter que nous ne disposons pas de la coupe géologique et technique des piézomètres. Il est donc difficile de savoir si l'horizon des grès et sables du Cénomaniens n'est pas recoupé par certains piézomètres, ce qui pourrait fausser l'interprétation des niveaux mesurés.

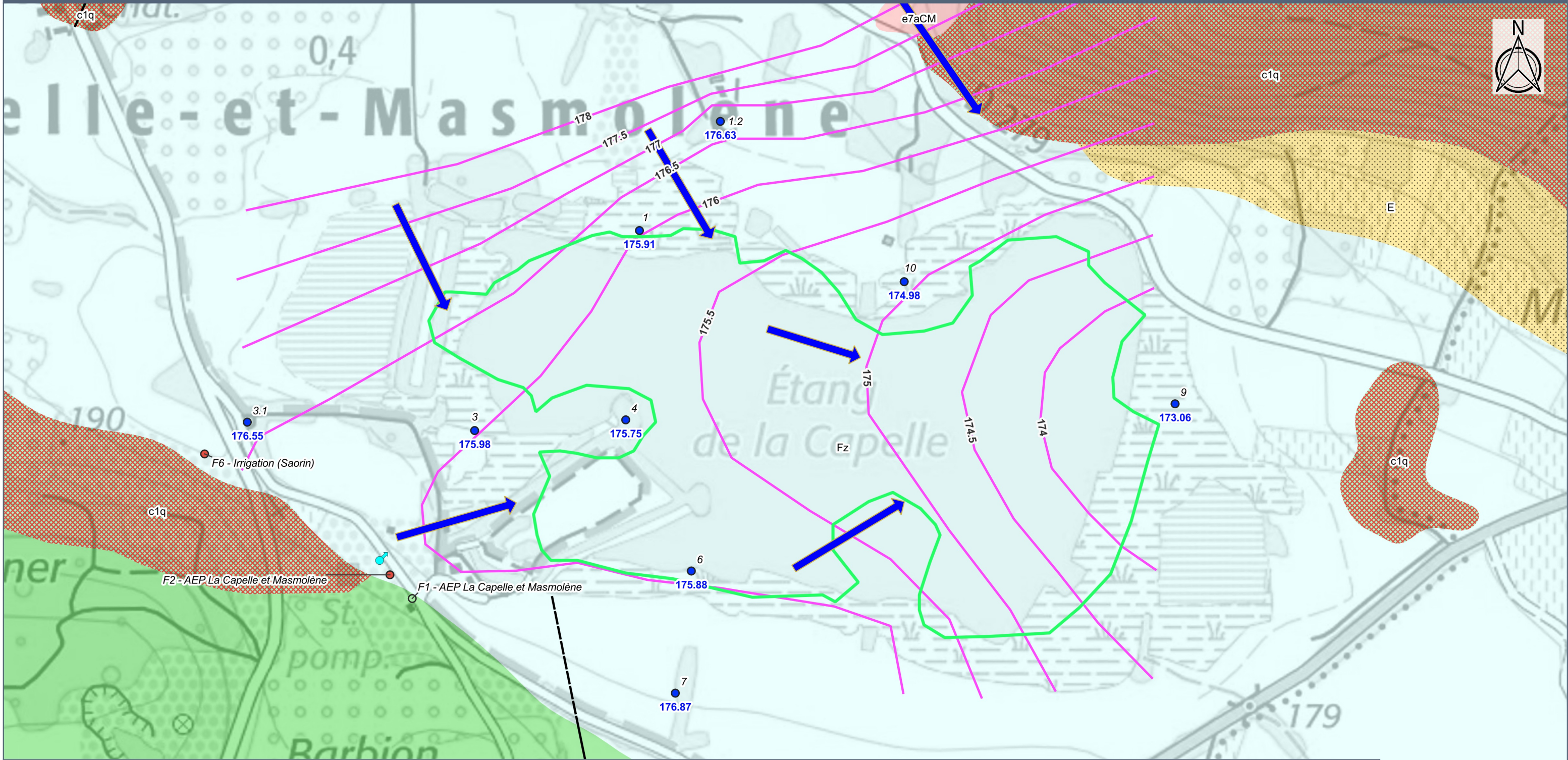
La piézométrie de la nappe des alluvions du quaternaire montre un gradient faible de l'ordre 1% (au Nord de l'Etang) à 0.3% (au niveau de l'Etang et vers l'Est). Le sens général d'écoulement se ferait du Nord-Ouest, et de l'Ouest vers le Sud-Est et l'Est, vers le point bas de l'Etang. Les écoulements semblent toutefois se poursuivre vers l'Est, là où la topographie commence à remonter.

Comme précisé dans les études BERGA Sud, en hautes eaux, il semblerait que l'aquifère des grès et sables du Cénomaniens moyen puisse être au contact avec les alluvions quaternaires, particulièrement dans la partie Sud-Ouest de l'Etang. Les isopièzes mettent en évidence un drainage des sables et grès vers les alluvions quaternaires, dont la piézométrie semble plus basse.

Comme explicité précédemment, ceci sous-tend que l'aquifère supérieur des grès du Cénomaniens moyen est susceptible d'alimenter l'étang en période de hautes et moyennes eaux (niveau statique supérieur à celui de l'étang), mais également de le drainer à l'étiage en cas de rabattement de la nappe par des prélèvements trop conséquents au niveau du forage AEP F1.

Carte 8 : Carte piézométrique de la nappe des alluvions quaternaires - 18/10/1996

Échelle
1:5 000



HYDROGEOLOGIE

- Sources
- Sens écoulement nappe alluvions quaternaires oct 1996

BERGASUD

- Forages d'eau
- c1arg
 - c1q
 - Piézomètres (mesures du 18-10-96)

Etang La Capelle 18-10-96

Isopiezies oct 96

GEOLOGIE

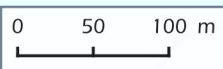
BRGM

- Structures géologiques
- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
 - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Lithologie BRGM 50000 revue

E, Eboulis de pierrailles actuels à récents (Quaternaire récent) - 46

- Fz, Alluvions récentes à actuelles de basses à très basses terrasses - 64
- e7aCM, "Calcaires et marnes ("Calcaire de Monteils") (Priabonien inf.)" - 129
- c1arg, Sables, grès et argiles (Cénomaniens) - 169
- c1q, "Grès quartzites, "grès rouges"" (Cénomaniens, inférieur ?) - 172



2.1.6.4 Données de qualité des eaux souterraines

Afin d'appréhender le contexte hydrogéologique de la zone NATURA 2000, les quelques données de qualité des eaux des aquifères présentées précédemment, ont été résumées dans le Tableau 4. Dans ce but, seuls les éléments permettant une caractérisation de l'hydrochimie des aquifères ont été retenus.

Les analyses disponibles sur le site de l'ADES et sur les documents anciens de la BSS ont été consultés pour obtenir les résultats d'analyse des forages AEP de la Barbion F1 et F2 ainsi que de la source du même nom et de la source du Merlaçon, située au Sud-Ouest du périmètre de la zone NATURA 2000.

Pour les forages AEP les analyses ont été exploitées sur deux dates en fonction de la disponibilité de certains paramètres. Pour les sources, les analyses étant anciennes (1959) seuls les paramètres in situ ont pu être exploités.

Les résultats ont été comparés aux gammes de qualité du SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité) Eaux souterraines, afin de mettre en évidence des teneurs en certains éléments notables à élevés.

Malgré le fait que les deux forages AEP de la Capelle F1 et F2 captent deux aquifères différents, on constate que les paramètres caractérisant la minéralisation des eaux des forages sont très proches. Dans les deux cas, les eaux sont de type bicarbonatées calciques. Ceci semble logique du fait d'un même contexte sablo-gréseux des deux aquifères. On note pour les deux forages des concentrations en sulfates non négligeables (proche de 40 mg/L). Les mesures de 2006 sur le forage F1 (aquifère supérieur des sables et grès du Cénomaniens moyen) mettent en évidence une plus forte minéralisation (640 $\mu\text{S}/\text{cm}$) avec notamment des teneurs en ions calcium, hydrogénocarbonates, chlorures et nitrates plus importantes que pour les autres analyses effectuées sur les forages AEP.

La plus forte concentration en ions chlorure pourrait s'expliquer par le fait que la nappe est libre et étroite donc des eaux ayant un profil hydrochimique plus proche des eaux pluviales. La concentration en nitrates semblent provenir de l'infiltration d'eaux superficielles issues des secteurs agricoles proches, ce qui confirme l'alimentation relativement rapide de la nappe par les eaux météoriques.

Action A8 – Etude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes
MICA Environnement et PERMALAB pour le CEN Occitanie – Octobre 2023

Lieu de prélèvement	Forage Barbion F1	Forage Barbion F1	Forage Barbion F2	Forage Barbion F2	Source de la Barbion	Source du Merlançon	SEQ Eaux Version 0. 1 - Classe et indice de qualité des eaux souterraines (2003)					
Date de prélèvement	14/11/2006	16/06/2016	29/10/2009	15/03/2017	30/11/1959	14/12/1959						
X (RGF93)	823 273	823 273	823 230	823 230	823 216	820 456						
Y (RGF93)	6 328 220	6 328 220	6 328 269	6 328 269	6 328 286	6 327 902						
Z (m NGF)	183.0	183.0	183.1	183.1	182.3	170.9						
Type de point d'eau	Forage	Forage	Forage	Forage	Source	Source						
Type d'eau	Eaux souterraines	Eaux souterraines	Eaux souterraines	Eaux souterraines	Eaux souterraines	Eaux souterraines	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise	
Paramètres	Unité											
Matières organiques et oxydables												
Carbone organique	mg/l	0.61	0.20	0.53	0.20		3	4.5	6	12		
Minéralisation												
Conductivité*	µS/cm	640.0	500.0	460.0	475.0	388.3	403.2	180	120	60	0	
								2 500	3 000	3 500	4 000	>4000
pH*	Unité pH	7.30	7.49	7.45	7.54	7.00	7.1	6.5	6.2	5.8	5.5	<5.5
								8.5	8.8	9.2	9.5	>9.5
Température in situ	°C	13.0	14.6	14.0	13.7	13.0	5.8					
Calcium (Ca ²⁺)	mg/l	120.0	85.0	89.00	79.60			32	22	12	0	
								160	230	300	500	>500
Sodium (Na ⁺)	mg/l	6.1	6.2	5.80	6.10			20	80	140	200	>200
Magnésium (Mg ²⁺)	mg/l	3.9	4.4	4.20	4.21			30	40	50	400	>400
Potassium (K ⁺)	mg/l	1.0	0.5	<1	0.7			10	11	12	70	>70
Hydrogénocarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	290.0	243.0	240.0	240.0							
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/l	41.0	37.0	38.0	36.3			25	100	175	250	>250
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	20.0	13.8	9.0	10.8			25	75	125	200	>200
Fluorures (F ⁻)	mg/l	<0.0002	0.07	<0.2	0.06			0.7	1.5	4.5	7	
								1.5	4.5	7	10	>10
Silice (SiO ₂)	mg/l		10.50		10.90							
Matières azotées (hors nitrates)												
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	0.05	<0.02	<0.05	<0.02			0.05	0.07	0.1	0.7	>0.7
Nitrates												
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	31.00	6.40	8.80	6.00			10	20	50	100	>100
Métaux dissous												
Aluminium (Al)	µg/l	<10		<10				50	125	200		
Antimoine (Sb)	µg/l		<1	<1	<1			2	3.5	5	10	<10
Arsenic (As)	µg/l	<5	<2	<1	<2			5	7.5	10	100	>100
Baryum (Ba)	µg/l	28.00		10.00				100	300	500	700	>700
Cadmium (Cd)	µg/l	<1	<1	<0.5	<1			1	2.5	3.5	5	>5
Chrome (Cr)	µg/l	<10		<10				25	30	40	50	>50
Cuivre (Cu)	µg/l	<20		<20				100	150	200	4000	>4000
Cyanures (CN ⁻)	µg/l	<10		<10				5	25	40	50	>50
Sélénium (Se)	µg/l	<5	<2	<1	<2			5	6.5	8.5	10	>10
Mercurure (Hg)	µg/l	<3		<0.3				0.5	0.65	0.8	1	>1
Nickel (Ni)	µg/l	<10	<5	<5	<5			10	15	20	40	>40
Plomb (Pb)	µg/l	<5		<1				5	7.5	10	50	>50
Zinc (Zn)	µg/l	<20		140.00				100	1700	3400	5000	>5000
Fer (Fe)	µg/l	<20		<20				50	125	200	10000	>10000
Manganèse (Mn)	µg/l	<5		<5				20	30	50	1000	>1000

Tableau 4 : Résultats des analyses d'eau sur les forages AEP de la Capelle et sources de la zone NATURA 2000

Les teneurs en silice sont non négligeables et sont cohérentes avec le contexte sablo-gréseux des deux aquifères.

Du point de vue des métaux dissous, la plupart des éléments mesurés présentent des concentrations inférieures aux limites de détection des appareils. On note toutefois des teneurs non négligeables en baryum sur les eaux des deux forages. Par ailleurs, le zinc a été mesuré à une reprise à une concentration notable (140 µg/L) sur le forage F2 captant l'aquifère inférieur des sables et grès du Cénomaniens inférieur.

Les sources de la Barbion et du Merlançon présentent des mesures *in situ* (conductivité, pH) du même ordre que les forages AEP. Il serait intéressant de disposer d'analyses récentes plus complètes sur ces deux sources.

2.1.7 Contexte écologique

2.1.7.1 Inventaires et connaissances de la flore et des végétations

Cette partie s'attardera à rassembler et synthétiser les informations recueillies durant les différents suivis de la flore et des végétations (GUENIOT P. & KLESCZEWSKI M. 2018 ; KLESCZEWSKI M., *et al*, 2019 ; KLESCZEWSKI M., *et al*, 2020 ; LECOMPTE C., *et al*, 2021) et sur le Triton crêté (BERNARD P. & PRIOL P., 2021) sur le site NATURA 2000 et ses alentours.

Elle présentera aussi de manière synthétique les éléments principaux de fonctionnement biologique et écologique pouvant aider aux recherches sur le terrain, l'interprétation des résultats, ainsi que sur les orientations de gestion.

Dans le cadre du suivi et de l'évaluation du Document d'Objectifs (DOCOB) du site NATURA 2000 « Etangs et mare de la Capelle », un suivi floristique est mené sur les habitats d'intérêt communautaire suivant : « Gazons amphibies annuels méditerranéens – 3170* » et « Végétations aquatiques à Characées – 3140 ». Ces deux habitats présentent un intérêt patrimonial fort du fait de leur rareté à l'échelle régionale voir nationale, et de la singularité de leur cortège floristique comportant plusieurs espèces patrimoniales.

Inventaire et connaissances des gazons amphibies méditerranéens (3170)

Ecologie et patrimonialité des gazons amphibies méditerranéens :

Cet habitat correspond à des dépressions (souvent endoréiques) de surfaces très variables (d'une mare de quelques dizaines de m² à un étang de plusieurs centaines de m²) et de faibles profondeurs (de 10 à 40cm) inondées seulement en hiver ou à la fin du printemps s'asséchant durant la période estivale. Ainsi, cette exondation permet le développement d'une végétation singulière composée d'espèces annuelles ayant un aspect ras et gazonnant, adaptée à des submersions très variables (tant en termes de temporalité que d'intensité) d'une année à l'autre. En conséquence, l'expression de ce type de végétation est très variable (notamment en fonction de la date et de la durée des pluies annuelles) et généralement en mosaïque avec d'autres habitats humides ou non.

Quatre habitats élémentaires ont été identifiés en fonction du substrat et du régime hydrique. Dans le cas du site de la Capelle, la déclinaison identifiée est le 3170 – 3 « Gazons méditerranéens amphibies halonitrophiles » de l'*Heleochoilon schoenoidis*. Elle correspond à des communautés se développant sur des substrats calcicoles, minéralisés

et riches en matière organique plutôt eutrophes (remarque : il existe des déclinaisons de cette alliance à l'intérieur des terres qui ne sont pas halophiles).

Ces communautés sont inondées en hiver jusqu'au printemps et présente donc une phénologie tardive s'exprimant au cours de l'été. Le cortège floristique est composé principalement d'espèces thérophytiques dont le cycle biologique dépendant des conditions météorologiques de l'année, notamment des précipitations.

Cet habitat présente une forte patrimonialité à l'échelle nationale étant donné sa rareté, son écologie complexe et les menaces qui pèsent sur lui. En France, cet habitat n'est présent que sur une mince bande du pourtour méditerranéen avec plusieurs menaces identifiées : urbanisation et anthropisation des plans d'eau et l'abandon de la gestion extensive (notamment le pâturage) des milieux humides. De plus, plusieurs espèces rares et menacées caractérisent cet habitat. Pour toutes ces raisons, cet habitat présente un intérêt prioritaire.

Espèces caractéristiques et patrimoniales :

Dans le cadre du suivi des végétations caractéristiques du 3170, un suivi temporel et spatial des espèces caractéristiques et patrimoniales est effectué depuis plusieurs années. Ainsi, plusieurs espèces avec un intérêt conservation ont été mises en avant :

	NOMS LATINS	NOMS VERNACULAIRES	STATUTS
Cortège des *gazons amphibies 3170	<i>Crypsis schoenoides</i>	Crypsis faux-choin	DZ
	<i>Cyperus fuscus</i>	Souchet brun	-
	<i>Damasonium stellatum</i>	Étoile d'eau	PN, DZ
	<i>Heliotropium supinum</i>	Héliotrope couché	PR, DZ
	<i>Juncus pygmaeus</i>	Jonc pygmée	DZ
	<i>Lythrum thesioides</i>	Salicaire faux-thésion	PN, DZ
	<i>Lythrum tribracteatum</i>	Salicaire à trois bractées	PN, DZ
	<i>Oxybasis chenopodioides</i>	Chénopode faux-chénopode	DZ
	<i>Potentilla supina</i>	Potentille couchée	DZ
	<i>Pulicaria vulgaris</i>	Herbe-de-Saint-Roch	PN, DZ
	<i>Schoenoplectus supinus</i>	Scirpe couché	DZ

Espèces patrimoniales caractéristiques recensées sur l'étang de la Capelle.

DZ : Déterminante ZNIEFF ; PN : Espèce protégée sur tout le territoire métropolitain (arrêté du 20/01/1982) ; PR : espèce protégée en Languedoc-Roussillon (arrêté du 29/10/1997) (Source : LECOMPTE C., *et al* 2021)

Connaissances locales & Etat de conservation :

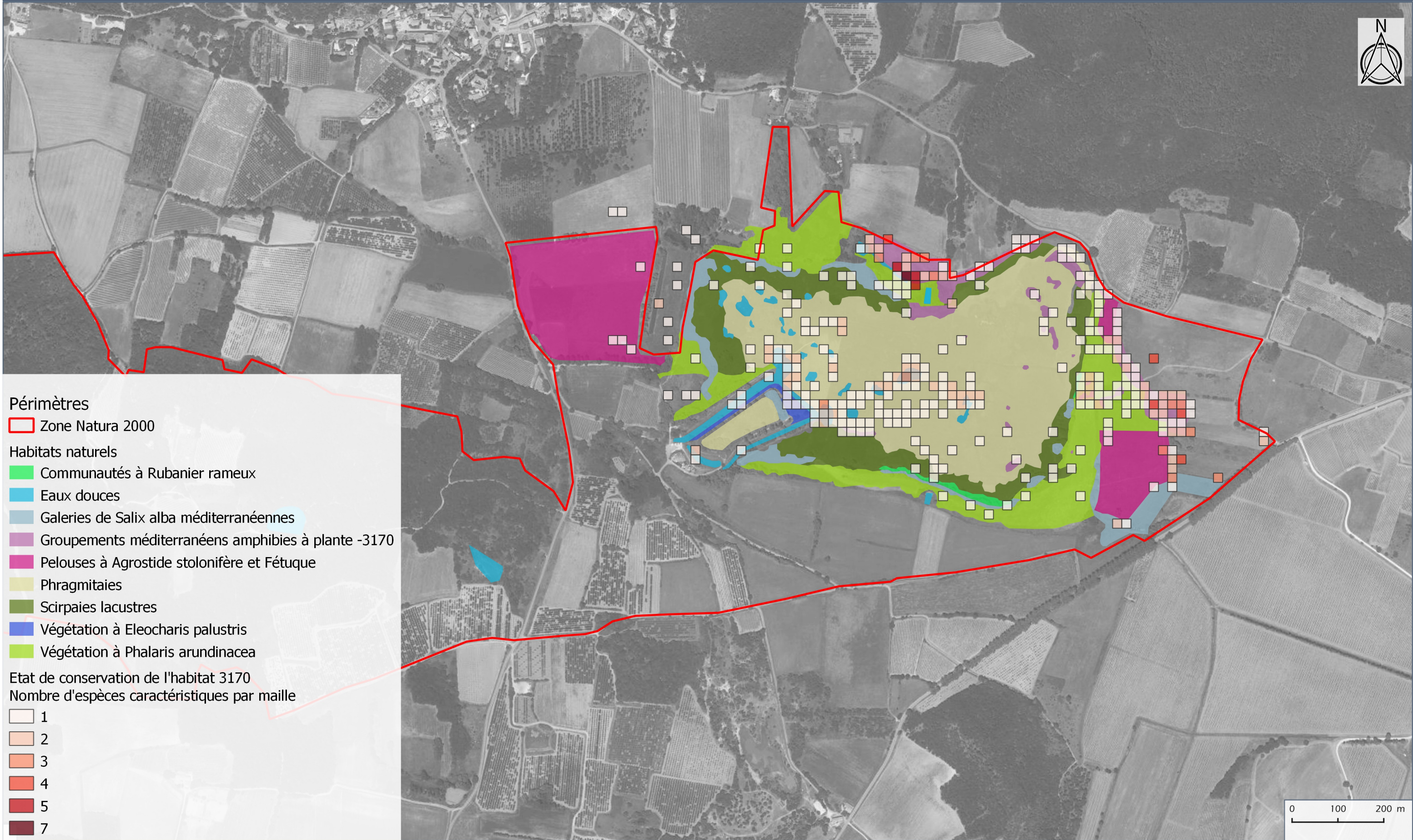
Sur le site NATURA 2000, les gazons amphibies méditerranéens sont uniquement connus sur l'étang de Capelle. Ils se développent notamment au nord et à l'est de l'étang, ainsi qu'autour des zones profondes (issues de l'extraction de tourbe). L'état de conservation de cet habitat est jugé défavorable avec deux espèces non contactées depuis plus de 10 ans, à savoir, la Salicaire faux-thésion (*Lythrum thesioides*) et le Scirpe couché (*Schoenoplectus supinus*).

Bien que relativement stable depuis quelques années, plusieurs causes peuvent expliquer la régression de cet habitat :

- **La dynamique de la végétation** : la diminution de l'activité de pâturage et du niveau d'eau (liée à une baisse de la pluviométrie dans le contexte de dérèglement climatique) permettent à la végétation vivace de supplanter les végétations annuelles des gazons amphibies méditerranéens.
- **La modification des pratiques agricoles** avec une intensification des pratiques : mise en culture, augmentation de la charge en bétail,...

Carte 9 : Répartition et état de conservation des végétations "Mares temporaires méditerranéennes - 3170"

Échelle
1:7 500



Périmètres

Zone Natura 2000

Habitats naturels

- Communautés à Rubanier rameux
- Eaux douces
- Galeries de Salix alba méditerranéennes
- Groupements méditerranéens amphibiens à plante -3170
- Pelouses à Agrostide stolonifère et Fétuque
- Phragmitaies
- Scirpaies lacustres
- Végétation à Eleocharis palustris
- Végétation à Phalaris arundinacea

Etat de conservation de l'habitat 3170

Nombre d'espèces caractéristiques par maille

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 7

0 100 200 m

Inventaires et connaissances sur les Characées et herbiers à Characées des eaux douces (3140)

Biologie & Ecologie des Characées :

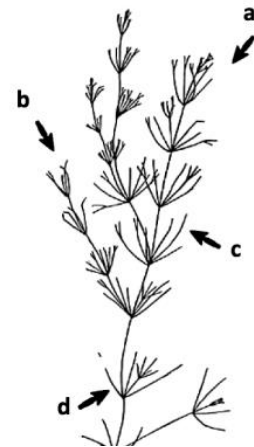
Les Characées sont des algues d'eau principalement d'eau douce sub-cosmopolites. Elles forment un embranchement à part entière dans la classification du monde végétal : les Charophytes, dont la famille des Characées est la seule représentante actuelle. En France, environ une quarantaine d'espèces sont connues réparties dans 5 genres : *Chara*, *Nitella*, *Nitellopsis*, *Tolypella* et *Lamprothamnium*.

Bien que la morphologie des Characées fasse appel à un vocabulaire particulier, l'aspect général des characées reste simple d'un point de vue évolutif et phylogénétique. Cette morphologie est bien détaillée par plusieurs ouvrages français récents (CORILLION R., 1975 ; MOURONVAL J-B., *et al*, 2015 ; FERNEZ T., 2017) depuis le regain d'intérêt pour ce groupe taxonomique.

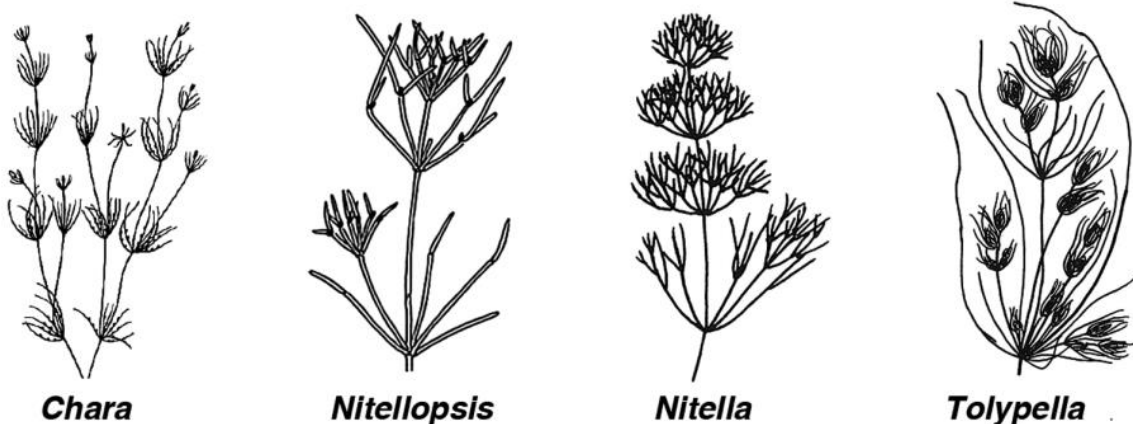
Le cycle de vie des Characées est plus ou moins court avec des espèces ayant des phénologies variées (vernales, tardivernales et estivales). La reproduction des Characées est principalement sexuée à l'aide d'oogones et d'anthéridies, qui après fécondation, forment des oospores en très grands nombres. Ces dernières se déposent au fond des plans d'eau puis se développent verticille après verticille. La multiplication végétative est aussi une possibilité pour certaines espèces, qui peut s'accompagner de la production de bulbilles, organes de réserve contribuant à ce mode de multiplication.

La dissémination des Characées s'effectue principalement par le transport des oospores par la faune (oiseaux et mammifères terrestres).

Remarque : si les conditions de germination de l'oospore ne sont pas réunies durant une année, celle-ci peut entrer en dormance jusqu'à l'année suivante. On dit alors de ces espèces qu'elles sont à « éclipse ». La survie d'une oospore est d'environ 6 à 10 ans.



Organisation générale d'une Characée. (a) axe principale ; (b) axe secondaire (c) ramification ; (d) nœud ; (e) entrenœud. (Source : FERNEZ T., 2017)



Morphologie typique de 4 genres appartenant à la famille des Characées (Source : FERNEZ T., 2017)

Les Characées sont des espèces strictement aquatiques colonisant les masses d'eau en contexte pionnier. Les eaux sont claires, de profondeurs variables (quelques dizaines de centimètres à plusieurs dizaines de mètres), de pH variable (allant d'acide à basique), avec une faible charge en matière organique (milieu oligo-mésotrophe). On notera qu'un

assèchement estival des masses d'eau colonisées est possible, voire favorable s'il permet de maintenir un milieu pionnier.

Ce groupe taxonomique est un bon bioindicateur de la qualité des eaux (à l'exception de quelques espèces polluo-tolérantes) du fait de ces fortes exigences écologiques. De ce fait, il a fortement souffert de la destruction des zones humides en raison de leur artificialisation ou leur dégradation (modification régime hydrique, eutrophisation, ...)

En règle générale, les Characées forment des herbiers flottants peu ou pas enracinés dans le substrat de la masse d'eau qu'ils ont colonisés.

Typologie des herbiers à Characées :

Les herbiers à Characées sont généralement monospécifiques à paucispécifiques en formant une biomasse importante. De par leur originalité et leur caractéristique, ces groupements végétaux forment une classe phytosociologique à part, les *Charetea fragilis* (FELZINES J-C. & LAMBERT E., 2012). Cet habitat est reconnu d'intérêt communautaire via la codification « 3140 ». Deux déclinaisons de cet habitat existent en France :

- **3140 – 1 : communautés à Characées des eaux oligo-mésotrophes basiques de l'ordre des *Charetales hispidae*.** Ce syntaxon regroupe principalement des herbiers en eaux neutres à basiques, avec des espèces du genre *Chara* ;
- **3140 – 2 : communautés à Characées des eaux oligo-mésotrophes faiblement acides à faiblement alcalines de l'ordre des *Nitellales flexilis*.** Ce syntaxon regroupe principalement des herbiers en eaux acides à neutres, avec des espèces du genre *Nitella*.

La connaissance de cet habitat est fragmentaire en France avec un état de conservation général jugé comme défavorable.

Remarques :

- 1) Des herbiers à Characées peuvent être observés au sein d'autres végétations constituées de macrophytes. Cette observation appelle à plusieurs remarques selon différents cas :
 - a. **Les cas où les characées présentent un faible recouvrement avec des végétation phanérophytes** sont à rapprocher des groupements mésotrophes des *Potametea pectinati*, groupements non-retenus dans la définition du 3140 et à rattacher au « 3150 - Lacs eutrophes naturels avec végétation du *Magnopotamion* ou de l'*Hydrocharition* ».
 - b. **Les cas où les characées présentent un recouvrement important en intra-aquatique à l'intérieur d'herbiers (enracinés ou non) flottant à la surface de l'eau.** Il s'agira alors de considérer chaque strate comme une végétation à part entière et de créer une mosaïque spatiale.
- 2) Du fait du caractère précoce des espèces qui les composent, des herbiers à Characées peuvent précéder dans l'année d'autres végétations de macrophytes. Ce type d'observations ne semble pas rentrer en contradiction avec la définition de l'habitat 3140.

Connaissances locales & Etat de conservation :

Sur le site NATURA 2000, plusieurs inventaires ont été menés sur les Characées et les herbiers qu'ils forment. Ils ont montré une répartition à la fois au niveau de l'étang de la Capelle et sur le plateau où les Characées ont colonisé les mares. Ces dernières

constituent un habitat anthropique puisqu'elles sont issues d'anciennes extractions de matériaux, notamment utilisées pour la confection artisanale de poteries.

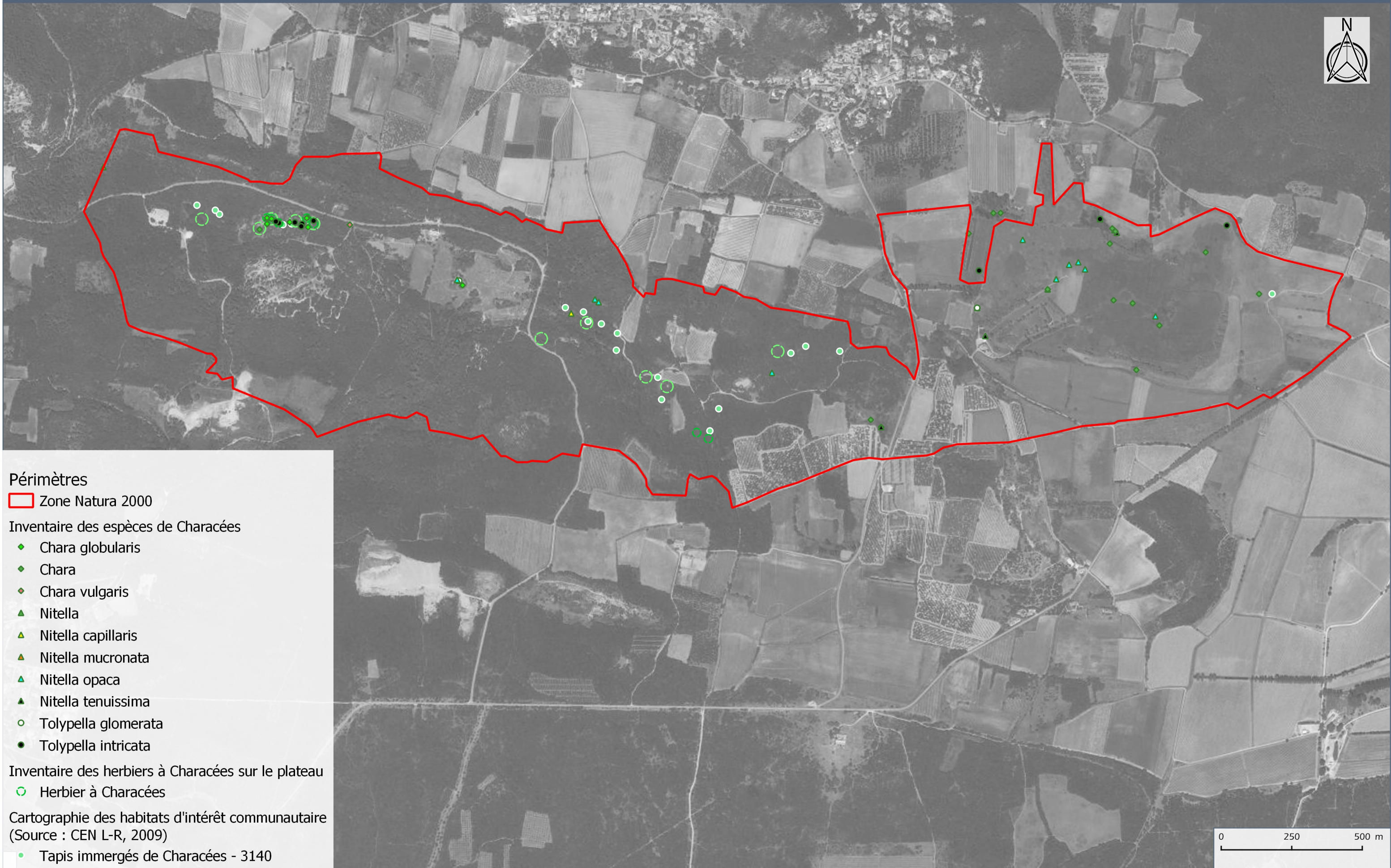
Ces inventaires ont permis de recenser 8 espèces réparties en 3 genres : *Chara vulgaris*, *C. globularis*, *Nitella capillaris*, *N. mucronata*, *N. opaca*, *N. tenuissima*, *Tolypella glomerata*, *T. intricata*.

En revanche, la caractérisation des herbiers à Characées reste lacunaire. D'après les données bibliographiques récoltées sur l'hydrogéologie locale et les espèces recensées, il semblerait que ce soient les herbiers des *Nitelletalia flexilis* qui soient représentés (déclinaison 3140 – 2). En effet, les substrats locaux sont plutôt argilo-sableux issus de roche gréseuses donnant lieu à des eaux principalement acides à faiblement acides.

Les inventaires ont aussi révélé la présence de phénomène d'éclipse. En effet, les Characées ont parfois été observées une année n, puis absent en année n+1 puis de nouveau observées en année n+2.

Carte 10 : Répartition des espèces et des herbiers de Characées (3140)

Échelle
1:12 000



Périmètres

Zone Natura 2000

Inventaire des espèces de Characées

- Chara globularis
- Chara
- Chara vulgaris
- Nitella
- Nitella capillaris
- Nitella mucronata
- Nitella opaca
- Nitella tenuissima
- Tolypella glomerata
- Tolypella intricata

Inventaire des herbiers à Characées sur le plateau

- Herbier à Characées

Cartographie des habitats d'intérêt communautaire
(Source : CEN L-R, 2009)

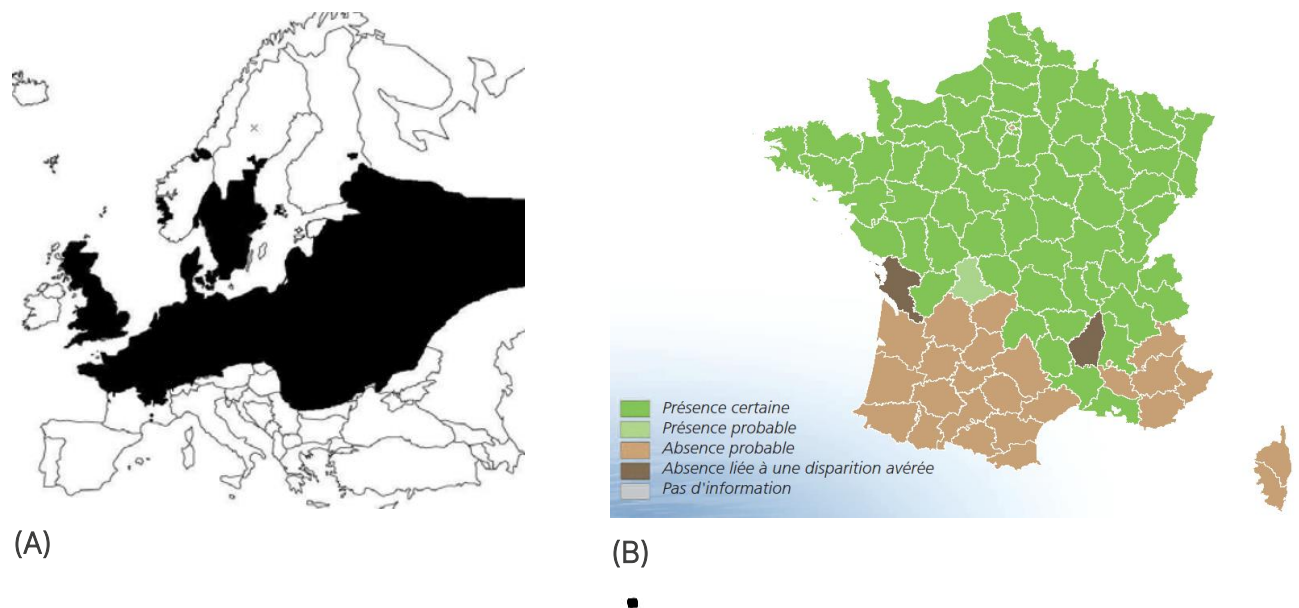
- Tapis immergés de Characées - 3140

0 250 500 m

2.1.7.2 Inventaires et connaissances sur le Triton crêté (*Triturus cristatus*)

Les populations du Triton crêté présentes dans le sud de la France sont les plus méridionales de l'espèce à l'échelle nationale. Cet isolat relictuel témoigne d'une distribution plus étendue dans la vallée du Rhône datant du siècle dernier. Etant donné l'enjeu local de conservation autour de cette espèce, plusieurs suivis ont été effectués sur le site NATURA 2000, mais aussi à une échelle extra-locale dans le cadre du projet *Newt'On Corridors* (PRIOL P. & BERNARD P. 2017 ; BERNARD P. & PRIOL P., 2021).

Cette partie s'attardera à présenter l'écologie et la biologie de cette espèce, ainsi que la dynamique de ses populations locales afin d'identifier ses besoins dans le cadre de la restauration de son habitat : les mares méditerranéennes.



Biologie et Ecologie du Triton crêté

Le Triton crêté est un Amphibien appartenant à la famille des Salamandrinés dans l'ordre des Urodèles. Comme toutes les espèces de sa classe, il possède deux phases dans son cycle biologique : une phase larvaire aquatique (alimentation) et une phase adulte terrestre (aire de repos) jusqu'à ce que les individus reviennent en milieux aquatiques pour se reproduire. La figure ci-dessous détaille la durée de chaque période.

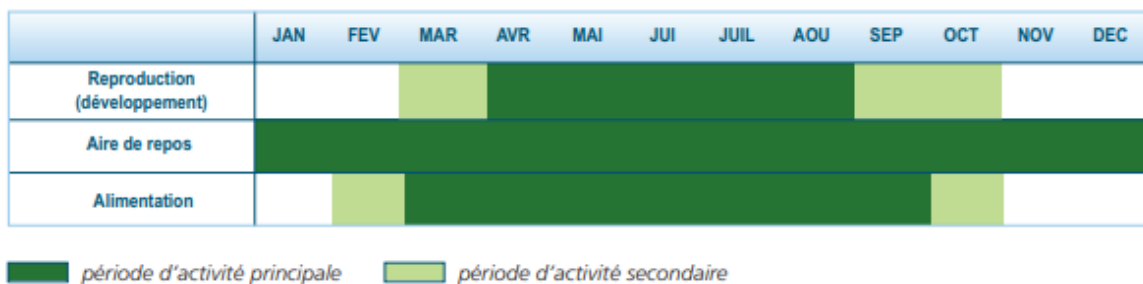


Figure 7 : Phénologie de l'espèce en fonction des phases (Source : OFB)

Milieus aquatiques :

Cette espèce est très sélective et exigeante concernant les milieux aquatiques qu'elle colonise. Bien qu'elle colonise plusieurs types de points d'eau stagnante, cette espèce est restreinte quasi-uniquement aux mares. Ce terme correspond aux masses d'eau terrestres avec les caractéristiques suivantes : (1) une petite superficie (50 à 750 m²) ; (2) une profondeur modérée (50 cm à 2m) ; (3) une part importante de végétation aquatique (2/3 en plantes immergées et 1/2 en plantes émergées) (VARANGUIN N., 2013). Ce dernier paramètre est très important car il permet de remplir plusieurs besoins pour l'espèce. En plus de proposer une protection contre les prédateurs, la végétation immergée est utilisée comme support de ponte, mais aussi en tant que source alimentaire. En effet, les herbiers aquatiques sont généralement favorables au développement de nombreux invertébrés dont l'espèce se nourrit.

Les caractéristiques physiques de la mare sont donc un élément très important de sélection. En revanche, l'espèce est peu exigeante en ce qui concerne la qualité chimique de l'eau. Toutefois, elle ne tolère pas les pollutions aiguës ou les changements brusques comme les pollutions agricoles (apports massifs de matières azotées et de produits phytosanitaires, ...).

La densité de mares est un autre élément important pour cette espèce. L'espèce est généralement sédentaire à quelques mares dans un périmètre restreint (quelques centaines de mètres à 1km maximum).

Milieus terrestres :

Bien que ce soit une espèce de milieux ouverts, le Triton crêté affectionne les éléments boisés à proximité des mares qu'il colonise (quelques dizaines à quelques centaines de mètres). C'est pour cette raison qu'il est affilié au système bocager ou aux régions forestières.

Durant sa phase terrestre, il utilise donc dans les haies, les fourrés arbustifs et les boisements comme zone de refuge mais aussi comme un élément de dispersion.

Population & Dispersion :

Le Triton crêté étant fidèle à son lieu de reproduction (*i.e.* un ensemble de 5 à 6 mares dans un périmètre restreint), la vitesse de colonisation de nouveaux territoires est assez lente. Les déplacements de l'espèce ont lieu durant les périodes pré-nuptiales (reproduction dans une mare) et post-nuptiale (sortie de la mare pour la phase terrestre). Les individus sont capables de coloniser d'autres mares sur une distance maximale de 300m. La colonisation de nouvelles mares dans un rayon de quelques kilomètres peut prendre plusieurs années.

Les cours d'eau d'une taille relativement importante (rivière, fleuve, ...) jouent le rôle de barrière naturelle à la dispersion de cette espèce. De même, l'urbanisation (routes fréquentées, zones urbaines, ...) et les zones agricoles intensives sont des barrières peu franchissables.

Menaces et pressions

Présent sur l'annexe II et IV de la Directive « Habitats-Faune-Flore » avec un état de conservation défavorable inadéquat en région méditerranéenne, cette espèce est protégée sur tout le territoire national métropolitain français. De plus, cette espèce présente des statuts de menace dans plusieurs régions du sud de la France et notamment dans le bassin méditerranéen. Tous ces éléments traduisent une régression de l'espèce avec plusieurs pressions et menaces identifiées :

- La **régression de son habitat** via un abandon d'entretien ou un comblement des mares ;
- La présence d'**espèces compétitrices** ou **exotiques envahissantes** comme les poissons, les canards, l'écrevisse de Louisiane ou encore le Ragondin ;
- Une **gestion cynégétique inadéquate** (ex : agrainage des sangliers) provoquant une sur-fréquentation des mares ;
- Des **épisodes de pollutions aigües** provenant notamment des pratiques agricoles intensives ;
- Une **destruction des corridors** de déplacement (ex : destruction des haies, construction de route, ...)

Connaissances locales & état de conservation

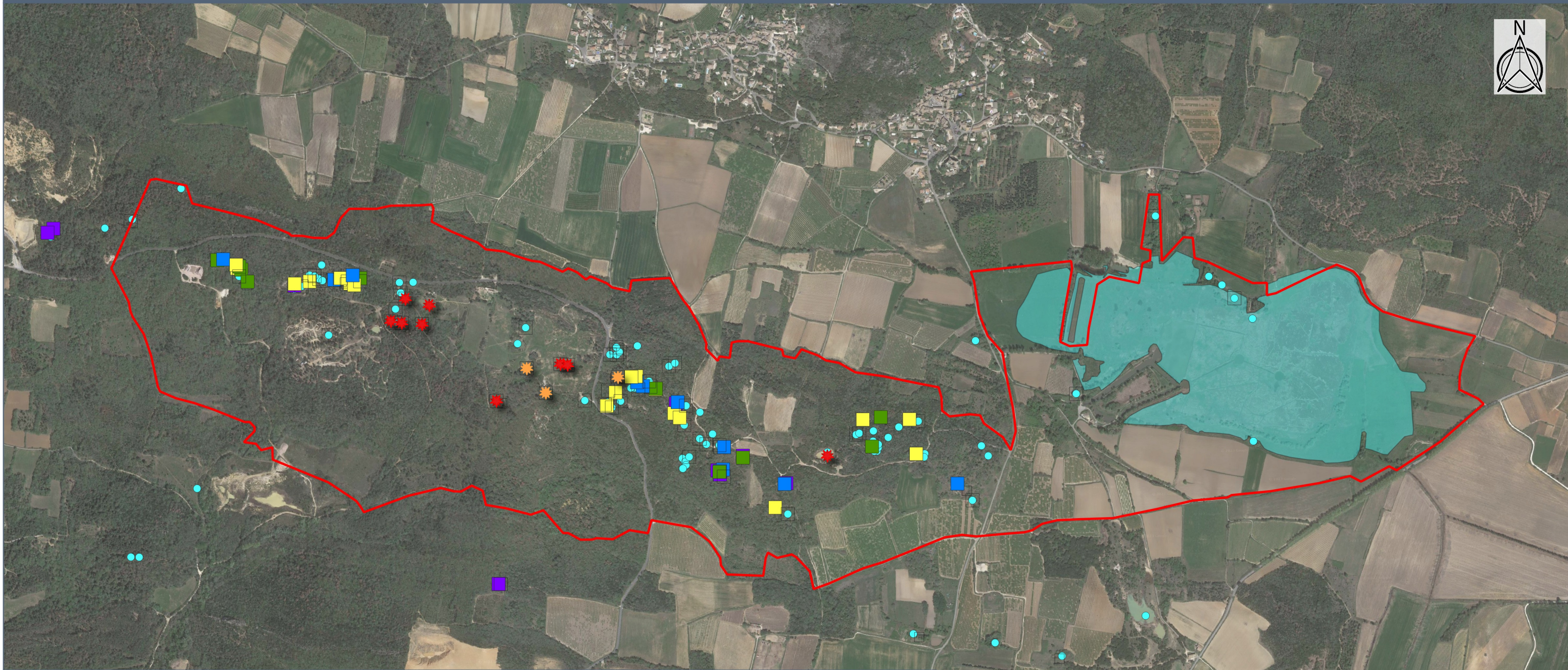
Le Triton crêté est connu sur plusieurs dizaines de mares sur le plateau de la Capelle tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du site NATURA 2000. Etant donné la densité de mares à l'échelle locale, accompagnée d'un couvert et d'un maillage forestier et de garrigues suffisamment dense, l'espèce y trouve tous les éléments nécessaires pour effectuer correctement son cycle biologique.

L'étude Newt'on Corridors a mis en avant deux variables importantes pour expliquer la répartition de l'espèce, à savoir : le nombre de mares dans un rayon de 1 km et la distance à la mare la plus proche. La qualité des mares semble avoir un faible impact sur les populations locales du Triton tant que ces deux conditions sont remplies. L'approche spatiale semble être donc la meilleure option pour aborder la conservation de cette espèce. Toutefois, une gestion appropriée des mares permettra d'éviter leur comblement à long terme et donc la disparition de l'habitat de cette espèce.

Grâce à la protection qu'offre le site NATURA 2000, les observations effectuées sur le site de la Capelle forment un cœur de population relativement stable et fonctionnel. Toutefois, l'espèce reste en régression et clairement isolée des populations plus septentrionales. Afin de conserver au mieux cette espèce, il apparaît donc important de maintenir une trame turquoise fonctionnelle, notamment par la présence d'un réseau de mares ayant les caractéristiques requises (présence d'herbiers aquatiques, absence d'espèces compétitrices et/ou exotiques, ...)

Carte 11 : Répartition du triton crêté et de l'écrevisse de Louisiane

Échelle
1:12 500



ZONE D'ETUDE
Zone Natura 2000

ECOLOGIE
Présence de l'écrevisse de Louisiane

- ★ présence rare
- ★ présence fréquente
- ★ 6
- ★ 7
- ★ 8
- ★ 9

Présence du Triton crêté (synthèse campagnes CEN de 2009 à 2019)

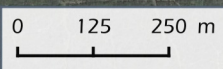
- 0%
- <50%
- >50%
- >80%

HYDROLOGIE
Etang de la Capelle

Recensement mares CEN

Trame turquoise (mares où le triton crêté a été observé)

- 0
- 20
- 3
- 4
- 5
- absence
- presence



2.2 Reconnaissances de terrain

2.2.1 Campagnes de terrain réalisées

Au total, 3 missions de terrain ont été réalisées par le groupement MICA Environnement/PERMALAB au cours de l'étude :

- 01 et 02 décembre 2022 : installation de sondes de mesure des niveaux d'eau sur 3 mares du plateau,
- 09 au 13 janvier 2023 : investigations détaillées de 15 pièces d'eau dont l'étang de la Capelle,
- 29 au 31 mars 2023 : mission de validation des mares à restaurer et à créer ainsi que prélèvements d'eau sur 15 pièces d'eau.

2.2.2 Campagne de terrain 01 : installation de sondes de mesure des niveaux d'eau sur 3 mares du plateau

Cette mission a été réalisée par MICA Environnement les 01 et 02 décembre 2022, sur demande du CEN Occitanie qui souhaitait disposer de données de suivi des niveaux des mares du plateau.

Pour se faire, 3 mares ont été équipées avec des sondes DIVER (capteur de pression), qui permettent l'enregistrement des niveaux d'eau à un pas de 15 minutes ainsi que l'acquisition des températures de l'eau. Une des sondes permet en plus de mesurer la conductivité de l'eau.

Les 3 mares équipées sont :

- **LACA63** : mare temporaire au sein des argiles, ayant fait l'objet d'une restauration par le CEN à l'automne 2022,
- **LACA47** : mare pérenne au contact de formations argileuses au Nord et sablo-gréseuses au Sud. Cette mare accueille des espèces floristiques à enjeux (*Gratiola officinalis* et *Utricularia australis*). C'est notamment pour cette raison que le CEN a souhaité équiper cette mare,
- **VICTOU08** : mare située dans les formations sablo-gréseuses du Cénomaniens inférieur à proximité du contact avec les argiles sous-jacentes. Une influence d'une nappe superficielle étant possible sur cette mare, une sonde permettant la mesure de la conductivité y a été mise en place afin d'observer une éventuelle signature des eaux souterraines.



Figure 8 : Photographie des sondes mises en place sur les mares du plateau
De haut en bas : LACA47, LACA63 et VICTOU08

Les sondes ont été fixées sur un parpaing mis en place au fond de la mare. La sonde est reliée à un câble permettant le déchargement des données depuis un boîtier situé en berge.

Les sondes ont été retirées par le CEN Occitanie le 26 juin 2023, ce qui a permis l'acquisition d'une chronique de près de 6 mois, couvrant la phase de remplissage et d'une partie de la période de vidange des mares.

Ces données ont été mises à profit pour caler le bilan hydrique de ces 3 mares.

Les données sont présentées dans les graphiques en pages suivantes. Les chroniques de niveau d'eau, température de l'eau et de conductivité ont été mises en perspectives par rapport à la pluviométrie enregistrées à la station de mesure METEO France la plus proche du projet sur la période de suivi (station du village de Cavillargues, située à environ 7,8 Km au Nord des mares suivies).

On constate une nette corrélation entre les évènements pluvieux supérieurs à 10 cm (jalons en pointillés) et les montées du niveau des 3 mares suivies.

A la fin de l'automne, (première quinzaine de décembre 2022), les différents évènements pluvieux rapprochés (cumuls de 130 mm en 19 jours), ont permis le remplissage des mares. Les niveaux ayant augmentés sur cette période de 30 cm sur LACA47, 1 m sur la mare VICTOU08 et 9 cm sur LACA63. Ces fortes disparités s'expliquent par :

- Le fait que la mare LACA63 était proche de sa cote de débordement au début de la période de mesure (située à environ 221,7 m NGF). La mare se remplit donc jusqu'à cette cote de débordement et l'excédent d'eau est évacué au niveau d'un secteur plus ou moins rectiligne à l'aval sur une largeur de 7 m, formant un seuil de débordement. Le niveau de la mare ne peut donc pas monter beaucoup plus que la cote de ce seuil,
- Pour les mares LACA47 et VICTOU08, le seuil de débordement des mares n'a jamais été atteint pendant la période de suivi.
- La plus forte amplitude de montée des eaux sur la mare VICTOU08 provient de son volume nettement inférieur (environ 70 m³) par rapport à celui de la mare LACA47 (de l'ordre de 900 m³). En effet, la mare LACA47 a tendance à monter moins vite du fait d'une plus grande capacité de stockage des eaux d'alimentation de la mare.

S'amorce ensuite globalement sur l'ensemble des mares une période de baisse des niveaux de la mi-décembre jusqu'à la fin de la période de suivi (fin juin 2023).

Quelques pluies importantes entre la fin février et la mi-mars et des orages estivaux en juin ont généré des remontées ponctuelles du niveau des mares.

La température de l'eau des mares montre une baisse rapide suite aux évènements pluvieux, ce qui caractérise l'apport des eaux de ruissellement et de pluie généralement plus fraîches que les eaux de la mare.

La tendance montre une hausse importante et continue des températures de l'eau à partir de la mi-mars. Les températures de l'eau des mares fluctuent entre 4°C l'hiver à environ 22°C à la fin juin.

La conductivité mesurée sur la mare VICTOU08 semble présenter une dérive du capteur à partir de 14 décembre, soit vers le début du suivi. Les mesures réalisées sur le terrain en janvier et mars 2023 ont montré des valeurs plus modérées (170 à 190 µS/cm) alors que le capteur donnait des valeurs de l'ordre de 380 µS/cm sur ces mêmes périodes.

Néanmoins, les premiers pics de montées des eaux de la mare liées aux précipitations de début décembre 2022 sont corrélés avec des pics de conductivité. L'augmentation de la conductivité des eaux de la mare a cette période de l'année pourrait s'expliquer par un effet « chasse » des eaux de la nappe sur laquelle l'apport d'eau pluviale peut favoriser le transit des eaux de la nappe vers la mare et ainsi en augmenter la conductivité, la nappe étant plus minéralisée que les eaux de la mare. Trop peu d'éléments sont cependant disponibles pour affirmer cette hypothèse.

Les vitesses moyennes de baisse de niveaux d'eau des mares présentent les variations suivantes sur une période de vidange avec peu d'apports (25/02 au 28/05/2023 : cumul de 70 mm) :

- VICTOU 08 : 7.4 mm/jour,
- LACA63 : 4.6 mm/jour,
- LACA47 : 2.8 mm/jour.

A titre comparatif, l'évapotranspiration potentielle (ETP) fourni par METEO France au point de grille le plus proche de la zone d'étude donne une moyenne sur la même période de 3.6 mm/jour.

Pour les mares LACA63 et LACA47, la baisse du niveau d'eau peut donc être principalement attribué à l'évaporation, les valeurs de baisse de niveau journalière étant du même ordre que l'ETP. En revanche pour la mare VICTOU08, le contexte plus sablo-gréseux de cette mare peut expliquer la plus forte baisse du niveau d'eau. En effet, soit la mare est raccordée à un niveau de nappe au sein des sables et grès, dont la perméabilité relativement importante induit des fluctuations assez rapides du niveau piézométrique, soit la plus forte perméabilité des formations sablo-gréseuses favorise la vidange de la mare par le fond si le niveau piézométrique de la nappe superficielle est passé à cette période de l'année sous le fond de la mare.

Figure 7 : Evolution du niveau d'eau et des températures des mares

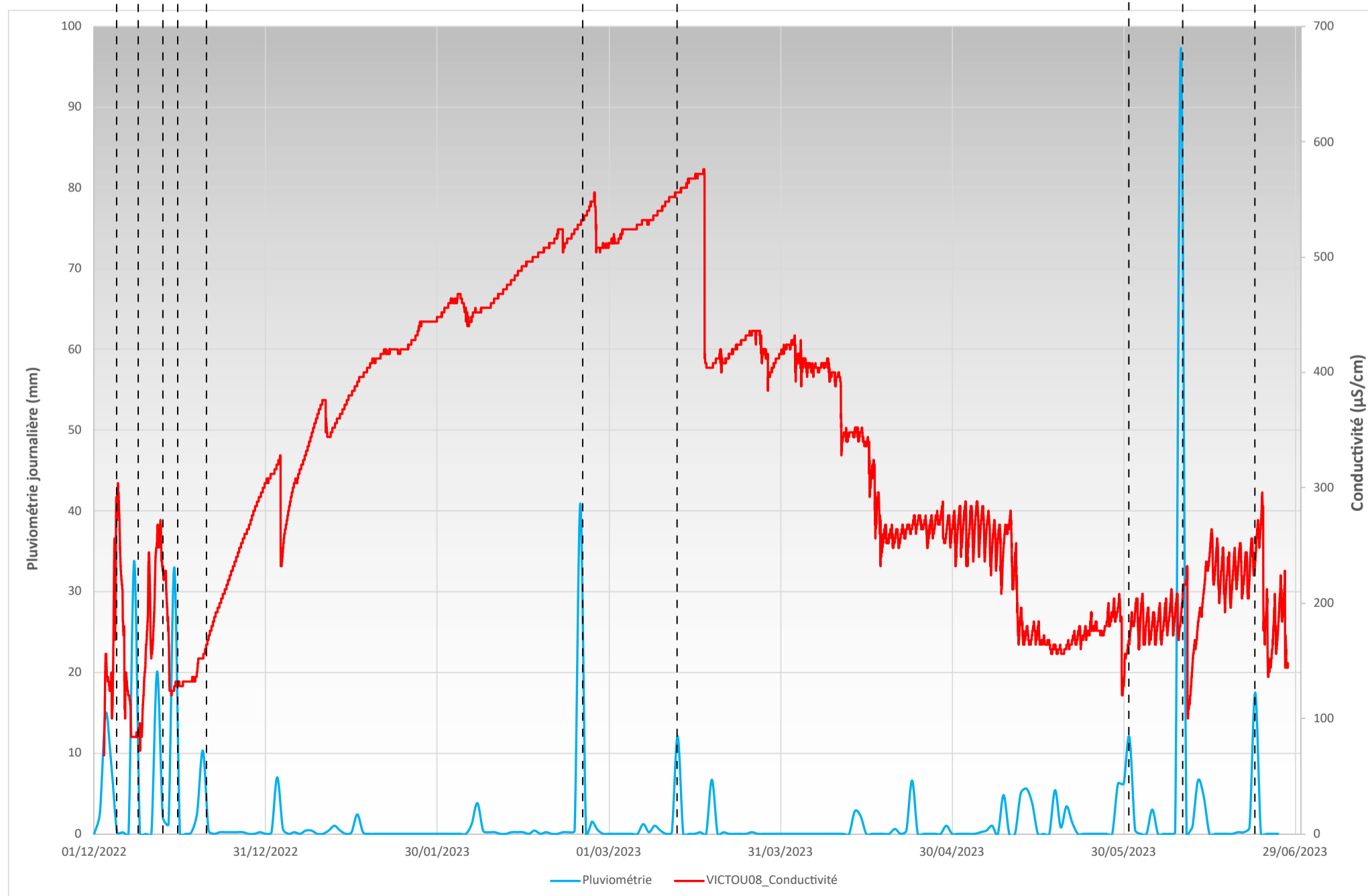
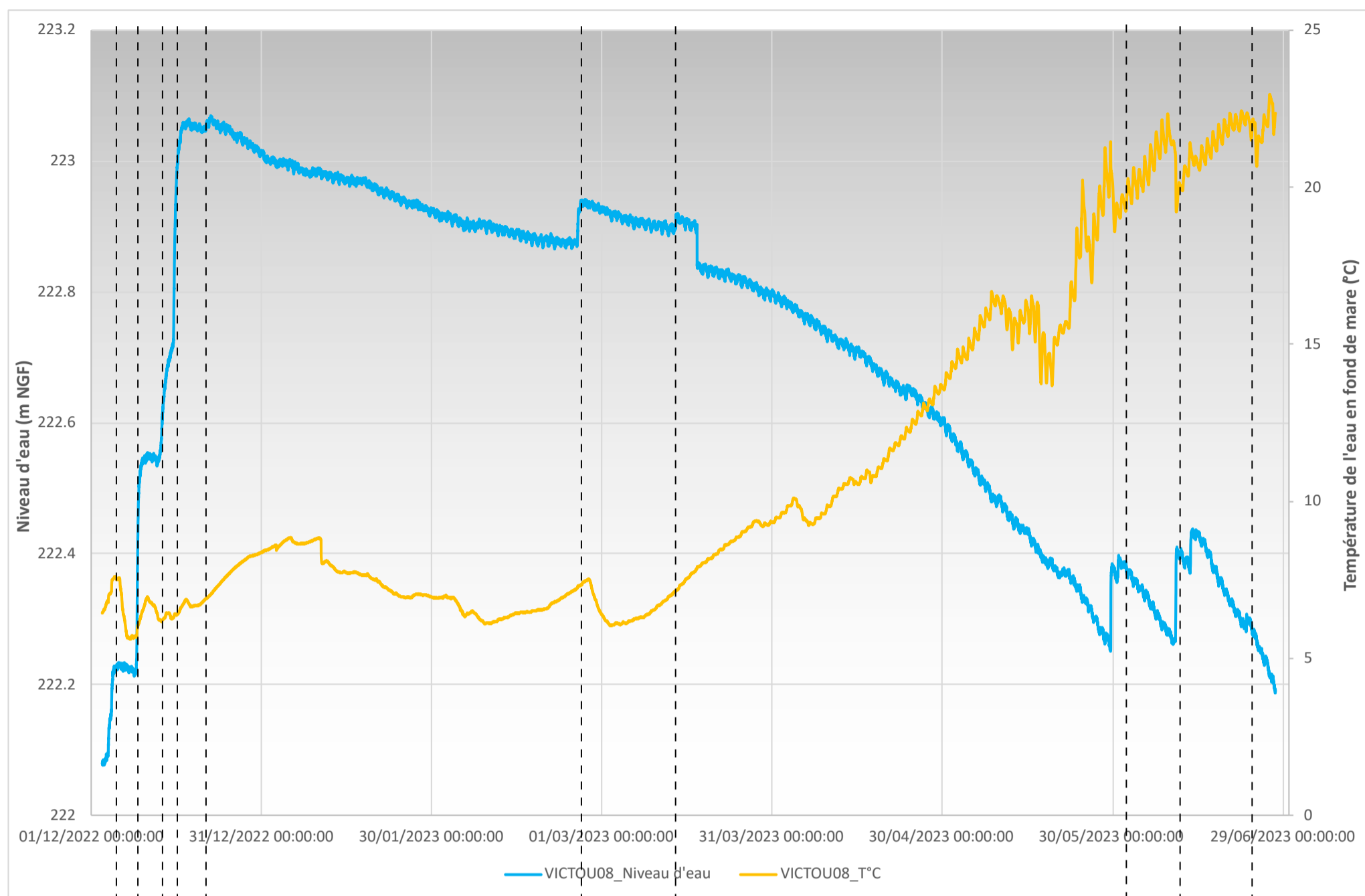


Figure 10 : Evolution du niveau d'eau et de la température - LACA63

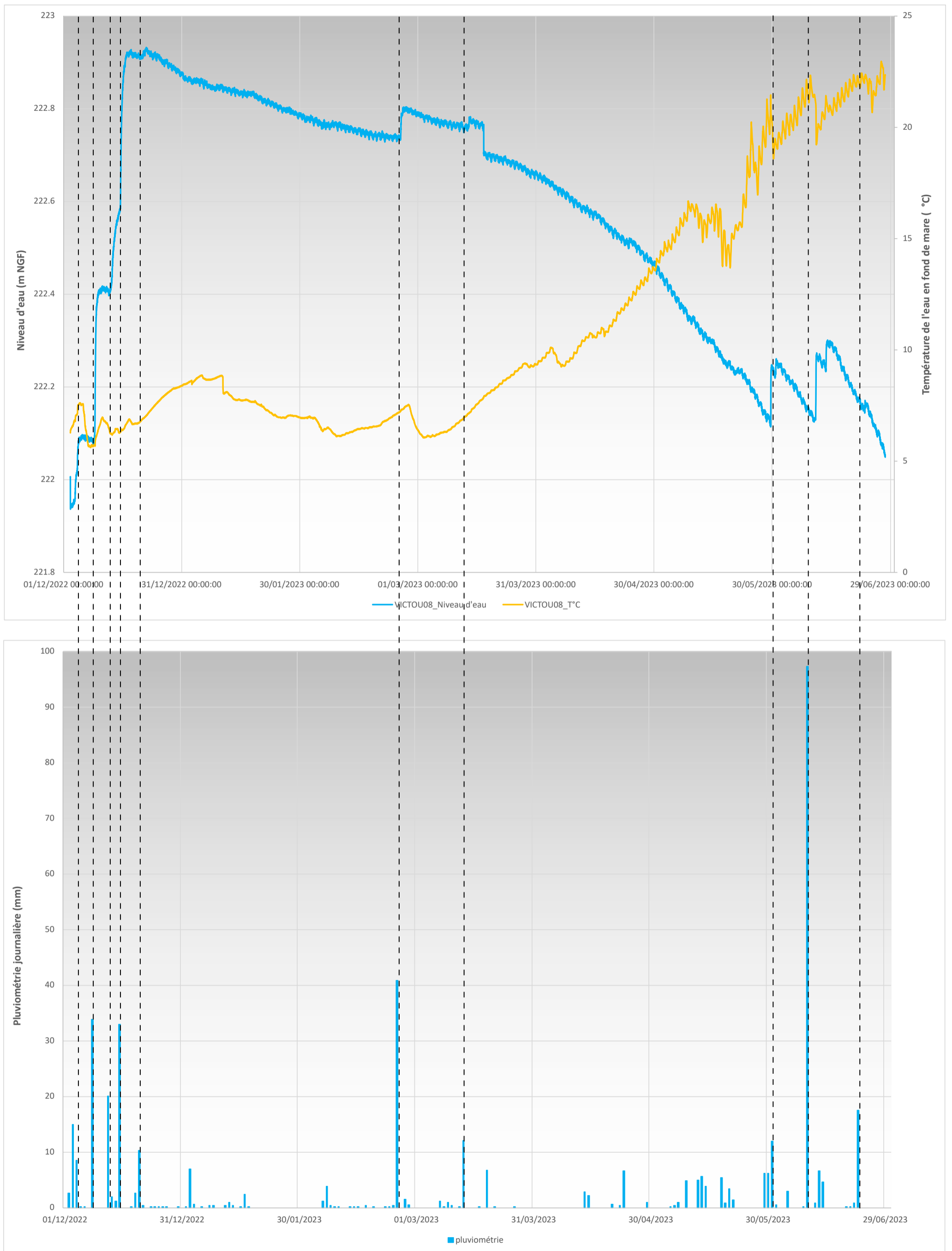
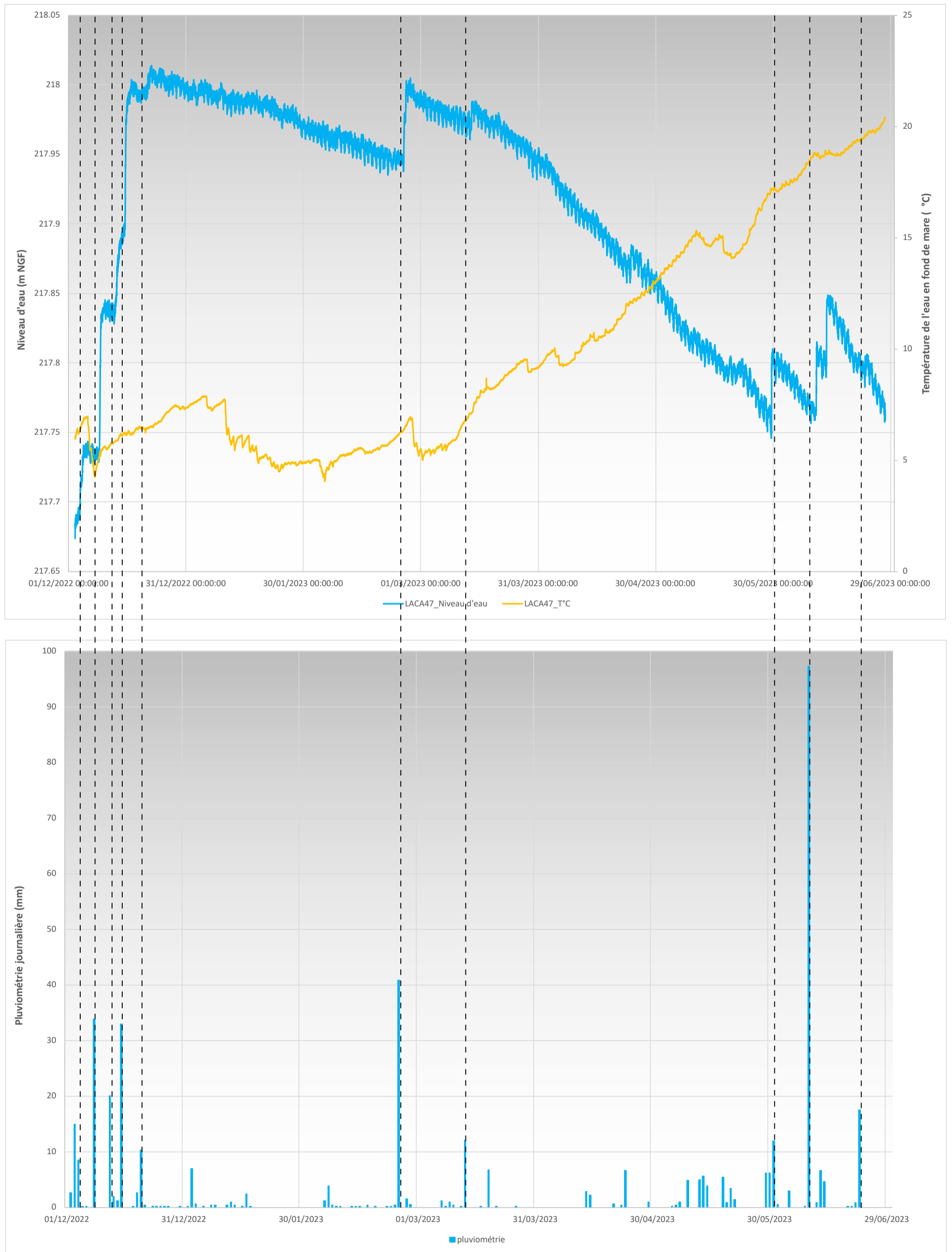


Figure 7 : Evolution du niveau d'eau et de la température - LACA47



2.2.4 Campagne de terrain 02: investigations détaillées sur 15 pièces d'eau

2.2.4.1 Choix des mares objet des investigations détaillées

L'étude hydrologique des mares nécessite de disposer d'éléments sur des mares ayant des typologies les plus différentes possibles, c'est pourquoi il a été décidé d'étudier de manière approfondie 15 pièces d'eau présentant des différences de géométrie, de contexte du bassin d'alimentation et enfin de pouvoir disposer d'une couverture géographique englobant l'ensemble de la zone NATURA 2000.

En conséquence, les 15 pièces d'eau ayant fait l'objet d'investigations approfondies ne sont pas nécessairement les mares qui nécessitent une restauration.

Cependant, au-delà des 15 pièces d'eau étudiée de manière approfondie, les différentes missions de terrain réalisées sur le site d'étude ont permis d'effectuer des observations sur bon nombre de mares de la zone NATURA 2000. Un certain nombre de mares nécessitant des travaux de restauration ont donc fait l'objet de relevés ponctuels (photos, niveau d'eau au GPS différentiel, contexte géologique et ou pédologique,...).

Toutes les mares du réseau suivi par le CEN Occitanie n'ont revanche pas pu être reconnues (près de 180 mares recensées).

Après concertation avec le Comité Technique de l'étude (Syndicat Mixte des gorges du Gardon, CEN Occitanie, mairie de la Capelle et Masmolène, EPTB des Gardons, OFB, Agence de l'Eau RMC), les critères de sélection des mares à investiguées suivant ont été sélectionnés :

- Mode d'alimentation supposé (superficiel et/ou par recoupement d'une nappe d'eau souterraine),
- Surface du bassin d'alimentation superficiel,
- Caractéristiques géométriques (surface, profondeur, pentes des berges,...),
- Contexte pédologique et/ou géologique particulier (mares dans les argiles et mares dans les sables et grès),
- Contexte topographique (mares dans les fonds de talweg ou mares de plateau),
- Type de végétation rivulaire et dans l'environnement proche,
- Etat de conservation des habitats,
- Connectivité avec les autres mares (proximité d'autres mares, présence de fossés ou ruisseaux permettant le lien entre mares),
- Présence ou absence du Triton crêté,
- Présence ou absence de l'habitat 3140 (mares à Characées)
- Présence ou absence de l'Ecrevisse de Louisiane,
- Présence ou absence de poissons,
- Présence de flore patrimoniale,
- Mares à divers stades d'eutrophisation et d'atterrissement,
- Contexte d'occupation du sol du bassin d'alimentation (boisé, garrigues, agricole,...),
- Couverture géographique du secteur d'étude le plus vaste possible au sein du site NATURA 2000 et ses abords immédiats.

L'étang de la Capelle de par ses dimensions et sa place importante au sein du site NATURA 2000 a été considéré comme une pièce d'eau à part, il a donc été retenu comme une des pièces d'eau à étudier de manière spécifique. Les pièces d'eau qui ont été

retenues pour cette mission sont reportées sur la Carte 12. Carte 12 : Mares avec investigations détaillées

2.2.4.2 Déroulement de la mission

La mission s'est déroulée entre le 09 et le 13 janvier 2023. Elle a été réalisée par un hydrologue et un botaniste/pédologue de MICA Environnement. L'équipe a été rejoint par deux experts en hydrologie et agriculture régénérative de PERMALAB au cours du 09 et du 10 janvier. Un technicien de MICA Environnement est également intervenu le 12 et 13 janvier pour la réalisation des essais d'infiltration sur la zone du plateau.

Les conditions météorologiques de la mission étaient caractérisées par un temps ensoleillé suite à une période de précipitation importante survenue entre le mois de novembre jusqu'à la mi-décembre. La période de la deuxième quinzaine de décembre et de début janvier était en revanche très peu pluvieuse.

Il est également à noter que la mission a fait suite à une année 2022 particulièrement sèche, avec des niveaux d'étiage rarement voire jamais atteint vers le mois d'octobre 2022 sur l'Etang de la Capelle.

On peut donc considérer que la mission était caractéristique de moyennes à hautes eaux pour les mares du plateau qui se sont globalement bien remplies suite aux précipitations de novembre à décembre 2022 et d'une situation de basses eaux pour l'Etang de la Capelle, dont les niveaux étaient encore relativement bas en janvier 2023.

2.2.4.3 Investigations effectuées

Les investigations réalisées sur les pièces d'eau objet des investigations détaillées sont :

- Cartographie des écoulements superficiels temporaires et permanents dans le but de définir le bassin d'alimentation de la mare,
- Nature du substrat de la mare (description des formations géologiques affleurantes autour de la mare, si visibles),
- Mesure de la profondeur maximale de la mare,
- Levé du profil longitudinal et transversal de la mare à l'aide d'un GPS différentiel,
- Mesure des pentes des berges (GPS différentiel),
- Mesures in situ des eaux de la mare (conductivité, pH, température, O₂ dissous, potentiel redox, turbidité au disque de secchi, lorsque la profondeur le permet),
- 2 profils pédologiques à la tarière manuelle (à minima 1 en berge et 1 au sein de la mare). Pour l'Etang de la Capelle, 9 sondages ont été réalisés (cf partie suivante)

En parallèle, sur toute la zone NATURA 2000, les investigations suivantes ont été effectuées :

- Recensement des points d'accès à la nappe présents au sein du site NATURA 2000 et ses abords (sources, puits, forages, piézomètres) captant la nappe superficielle. Sur ces points, il a été procédé :
 - Pour les puits, piézomètres et forages : à la mesure du niveau piézométrique et des paramètres in situ (conductivité, pH, température, O₂ dissous, potentiel redox)
 - Pour les sources : à la mesure du débit et des paramètres in situ (conductivité, pH, température, O₂ dissous, potentiel redox),

- Mesure de niveau d'eau au GPS sur certaines mares non comprises dans les 15 pièces d'eau à étudier de manière approfondie,
- Relevés géologiques des formations affleurantes afin d'affiner la délimitation des principales formations géologiques de la zone d'étude,
- 6 essais d'infiltration à proximité de certaines mares afin de déterminer la perméabilité des sols dans lesquels s'est mise en place la mare. Ces essais ont été réalisés à l'aide d'un perméamètre à simple anneau selon la méthode Porchet à charge constante. La durée d'un essai, temps de saturation compris, est d'environ 5h. Les 6 essais ont été effectués dans les principaux contextes géologiques identifiés sur la zone du plateau (sables et grès du Cénomaniens supérieur, argiles du Cénomaniens moyen, sables et grès du Cénomaniens moyen). Aucun essai n'a été réalisé autour de l'étang car des mesures de perméabilité ont été déjà réalisées dans le cadre de l'étude de Berga Sud (1996).



Méthodologie des levés pédologiques

L'objectif des investigations pédologiques est :

- 1) D'identifier les grands types de sols présents sur le site NATURA 2000 ;
- 2) D'affiner la lithologie et la cartographie des affleurements géologiques ;
- 3) De caractériser la granulométrie des sols dans les mares et sur leur bassin versant ;
- 4) De caractériser la physico-chimie des sols et leurs liens avec la physico-chimie des eaux ;
- 5) De caractériser l'envasement des mares analysées.

Pour ce faire, des sondages pédologiques ont été réalisés dans chaque mare analysée, ainsi que sur leurs berges, à l'aide d'une tarière Edelman. La profondeur maximale des sondages a été fixée à 120 cm.

Plusieurs informations ont été relevées afin de répondre aux objectifs :

- Identification de la texture principale des sols sur un pas de 10 cm ;
- Relever du pH à l'aide d'un indicateur colorimétrique sur les 30 premiers centimètres du sol ;
- Epaisseur de la vase en centimètre, pour chaque sondage dans les mares ;
- (double-)Rattachement (si possible) au référentiel pédologique (BAIZE D. & GIRARD M-C, 2008)

Les sols au niveau de l'étang de la Capelle sont peu structurés, profonds (>100cm) et plus ou moins chargés en matière organique. Ces sols prennent leur origine dans l'apport de matériaux par les alluvions fluviales sous-jacents et par l'altération des versants gréseux. Ils possèdent une charge en cailloutis fin assez forte avec une texture principalement limono-sableuse à sableuse. Le pH est légèrement basique avec des valeurs entre 7 et 8. Ce type de sol est rattachable aux COLLUVIOSOLS. Certains d'entre eux sont en transition vers les BRUNISOLS (BRUNISOLS Pachique).

COLLUVIOSOL :

Sondage n° 19



Horizon A :

- Epaisseur : 110 cm
- Horizon organo-minéral, peu différencié, limono-sableux à sablo-limoneux
- Origine : mélange des alluvions sous-jacents et des apports des plateaux gréseux aux alentours

Charge graveleuse : faible ; pH moyen : 7 à 8

Concernant l'étang de la Capelle, deux transects ont été effectués, l'un sur un axe nord/sud et l'autre est/ouest afin d'établir un profil pédologique suivant la topographie. Les mêmes informations que pour les mares ont été relevés pour chaque sondage à l'exception de l'épaisseur de la vase.

Les sondages effectués ont montré une forte homogénéité des structures pédologiques. Ces dernières sont constituées d'horizon histiques plus ou moins dégradés. Ces observations traduisent une accumulation de la matière organique sous des conditions d'inondation très longue. Ce phénomène est accentué par l'atterrissement de l'étang avec le développement de la phragmitaie et son système racinaire dense.

2.2.4.4 Relevés sur les mares du plateau

Les différents relevés effectués sur les mares et leurs caractéristiques biotiques et abiotiques sont résumés dans le tableau de synthèse (Tableau 11), les caractéristiques morphologiques sont détaillées dans le Tableau 5.

Les 14 mares du plateau ayant fait l'objet d'investigations détaillées, ont fait l'objet de levés au GPS différentiel de plusieurs points du fond de mare, afin d'en estimer le volume. Le volume a donc pu être estimé pour chacune des mares en s'appuyant également sur les données LIDAR.

Le volume de chaque mare est donné par rapport au niveau d'eau mesuré début janvier 2023.

Les volumes des mares varient de 0.3 m³ pour LACA12 à 437 m³ pour LACA47. La mare MARE01, qui est un petit étang d'agrément sur la parcelle d'un éleveur du plateau présente au dire de son propriétaire une profondeur de l'ordre de 5 m. Cette mare étant profonde, elle n'a pas pu faire l'objet d'un levé topographique du fond. On a estimé son volume à environ 2 000 m³.

Ces levés GPS ont également permis d'évaluer la profondeur maximale des mares par rapport au niveau d'eau de janvier 2023. Les profondeurs sont comprises entre 0.19 m (LACA12) à 1.3m sur LACA47. La mare MARE01 étant plus profonde (environ 5 m de profondeur selon le propriétaire de la mare).

Les profondeurs de mare mesurées en janvier 2023 sont globalement cohérentes avec les mesures de profondeur issues des données de suivi des mares réalisé par le CEN Occitanie.

Le tracé des mares a été effectué à partir du levé du niveau d'eau de ces dernières au GPS différentiel resitué sur le LIDAR HD de la zone d'étude. Il a ainsi été tracé le contour de chaque mare, correspondant à son niveau d'eau mesuré en janvier 2023. La surface des mares ainsi que la longueur des rives ont ainsi pu être déduites pour chaque mare.

La superficie des 14 mares du plateau étudiée était comprise entre 4 m² (LACA12) et 1065 m² (MARE01). La moyenne des surfaces des 14 mares étant de 250 m². Ceci met en évidence la variabilité de la superficie des mares du plateau, allant de quelques mètres carrés à plusieurs milliers de mètres carré pour certaines (LACA77, mare non étudiée de façon approfondie).

La longueur de rive a été comparée à la surface des mares afin de déduire un indice de développement des rives (issue de *Mares et étangs, écologie, gestion, aménagement et valorisation, Beat Oertli et al, 2013*) :

$$IDR = \frac{L}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot S}}$$

Avec :

L : Longueur des rives (en m)

S : Surface de la mare (m²)

IDR : Indice de développement de rive :

- IDR < 1.4 : développement de rive faible,
- 1.4 < IDR < 1.8 : développement de rive moyen,
- IDR > 1.8 : développement de rive fort.

La plupart des mares ont un IDR faible (8 sur 14). Une seule mare (LACA47) présente un fort IDR. Ceci traduit le fait que les mares dans leur ensemble présentent des formes relativement arrondies avec des contours assez homogènes.

Les pentes des berges ont été estimées d'une part sur le terrain, à partir des levés des profils en travers des mares réalisés à l'aide du GPS différentiel et d'autre part à partir de l'analyse des données LIDAR HD.

La pente des berges a été mesurée sur la partie hors d'eau des mares, afin notamment d'évaluer la difficulté ou non d'accès aux mares par les différentes espèces susceptibles de les fréquenter.

Les pentes mesurées sur le terrain sont assez variables d'une mare à l'autre avec des valeurs s'échelonnant de 10 % (LACA63) à 67 % (LACA160).

Les valeurs mesurées à partir des données LIDAR sont généralement proches de celles issues des mesures de terrain. Elles rendent mieux compte de la moyenne des pentes sur le linéaire total des berges.

L'exposition au soleil de chaque mare a été renseigné par rapport aux données de suivi du CEN Occitanie. L'exposition étant notée de 1 à 4 (1 : nulle, 2 : faible, 3 : moyenne, 4 : importante).

Les mares présentent une exposition allant de faible (contexte boisé fermé) à importante (milieu plus ouvert).

Toutes ces mesures mettent en évidence l'importante disparité des caractéristiques des mares du plateau, ce qui conduit à des différences importantes sur la physico-chimie des eaux et sur l'écologie des mares. Ces points seront développés dans le chapitre 2.3.

REFERENCES MARES				CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES														
Nom MARE	X (RGF93)	Y (RGF93)	Date investigations	Profondeur max janv 2023 (m)	Profondeur max en m (CEN)	Zeau janvier 2023 (m NGF)	Surface janvier 2023 (m²)	Volume janvier 2023 (m3)	Développement des rives			Cote surverse (m NGF)	Cote fond (m NGF)	Hauteur d'eau max avant surverse (m)	Pente berge mesure GPS terrain - hors d'eau (%)	Pente moyenne berges LIDAR (%)	Nombre de mares recensées dans un rayon de 300m	Exposition au soleil (CEN)
									Longueur des rives janvier 2023 (m)	Indice	Niveau de développement associé							
LACA10	822 296	6 327 973	12/01/2023	0.51	0.5	208.24	51	14	28	1.11	FAIBLE	209.8	207.73	2.07	40.5%	29.8%	12	Moyenne (3)
LACA12	822 582	6 328 254	09/01/2023	0.19	0.4	205.488	4.9	0.3	10	1.27	FAIBLE	207.1	205.298	1.802	34.8%	30.0%	21	Moyenne (3)
LACA159	820 936	6 328 713	13/01/2023	1.22	1.2	234.72	30.5	12	22	1.12	FAIBLE	234.82	233.5	1.32	22.6%	40.9%	30	Moyenne (3)
LACA160	820 775	6 328 732	10/01/2023	0.4	0.5	227.414	30	8	29	1.49	MOYEN	227.86	227.044	0.816	66.7%	31.6%	28	Importante (4)
LACA178	823 230	6 327 483	09/01/2023	0.7	-	198.78	681	123	129	1.39	FAIBLE	203.3	198.082	5.218	36.1%	44.3%	2	Importante (4)
LACA21	822 120	6 328 087	12/01/2023	0.71	1	214.76	138	45	49	1.18	FAIBLE	215.96	214.05	1.91	43.1%	29.4%	25	Importante (4)
LACA23	822 125	6 328 165	12/01/2023	0.73	0.8	214	90	21	54	1.61	MOYEN	214.05	213.27	0.78	19.6%	16.5%	26	Moyenne (3)
LACA47	821 787	6 328 392	12/01/2023	>1.18	2	217.95	867	437	236	2.26	FORT	218.06	~416	~2	28.6%	27.9%	38	Moyenne (3)
LACA55	821 768	6 328 290	12/01/2023	1.05	1.2	225.04	48	27	28	1.14	FAIBLE	225.7	224.25	1.45	47.2%	36.4%	38	Moyenne (3)
LACA59	821 398	6 328 312	13/01/2023	0.38	0.6	201.449	198	28	78	1.56	MOYEN	201.81	201.07	0.74	37.1%	40.4%	8	Faible (2)
LACA63	820 718	6 328 701	10/01/2023	1.04	1	221.71	142	57	69	1.63	MOYEN	221.74	220.47	1.27	10.0%	13.7%	28	Importante (4)
MARE01	821 462	6 328 504	10/01/2023	~5	-	209.214	1065	~2000	135	1.17	FAIBLE	209.95	?	?	43.3%	47.2%	9	-
VICTOU08	820 477	6 328 782	10/01/2023	1.3	1.7	222.96	135	70	54	1.31	FAIBLE	224.13	221.52	2.61	29.9%	30.4%	12	Moyenne (3)
VICTOU16	820 191	6 328 908	10/01/2023	0.48	-	226.756	16.6	3.2	22	1.52	MOYEN	226.9	226.276	0.624	18.4%	22.1%	5	-

Tableau 5 : Caractéristiques morphologiques des mares du plateau investiguées

2.2.4.5 Relevés autour et sur l'étang de la Capelle

Des mesures de niveaux d'eau et des mesures *in situ* (conductivité, température, pH) des eaux ont été effectuées autour et sur l'étang de la Capelle et notamment sur :

- Les piézomètres retrouvés qui avaient été implantés par les sociétés BERGA SUD et BRLi dans les cadres des études hydrogéologiques menées autour de l'étang. La plupart des piézomètres créés à cette époque sont soit bouchés ou n'ont pas été retrouvés sur le terrain,
- Les puits recensés sur le pourtour de l'étang,
- Les affleurements de nappe, notamment au niveau des mares surcreusées dans les alluvions limoneuses pour l'irrigation,
- Quelques points de niveau d'eau sur les eaux de l'étang lui-même.

Ces mesures ont été effectuées le 11 janvier 2023 et, étant donné le contexte climatique de l'année 2022, peuvent être considérées comme caractéristiques de basses eaux à très basses eaux pour l'étang.

Par ailleurs, la mairie de la Capelle a fourni les données de niveau d'eau sur les forages AEP F1 et F2 à partir du 12 janvier 2023. Les niveaux du 12 janvier ont donc été mis en évidence avec les autres niveaux mesurés pour une analyse comparative.

Une esquisse piézométrique de la nappe au niveau et sur le pourtour de l'étang a été réalisée à partir de ces données. Les mesures de niveaux d'eau ont été effectuées sur 11 points autour de l'étang.

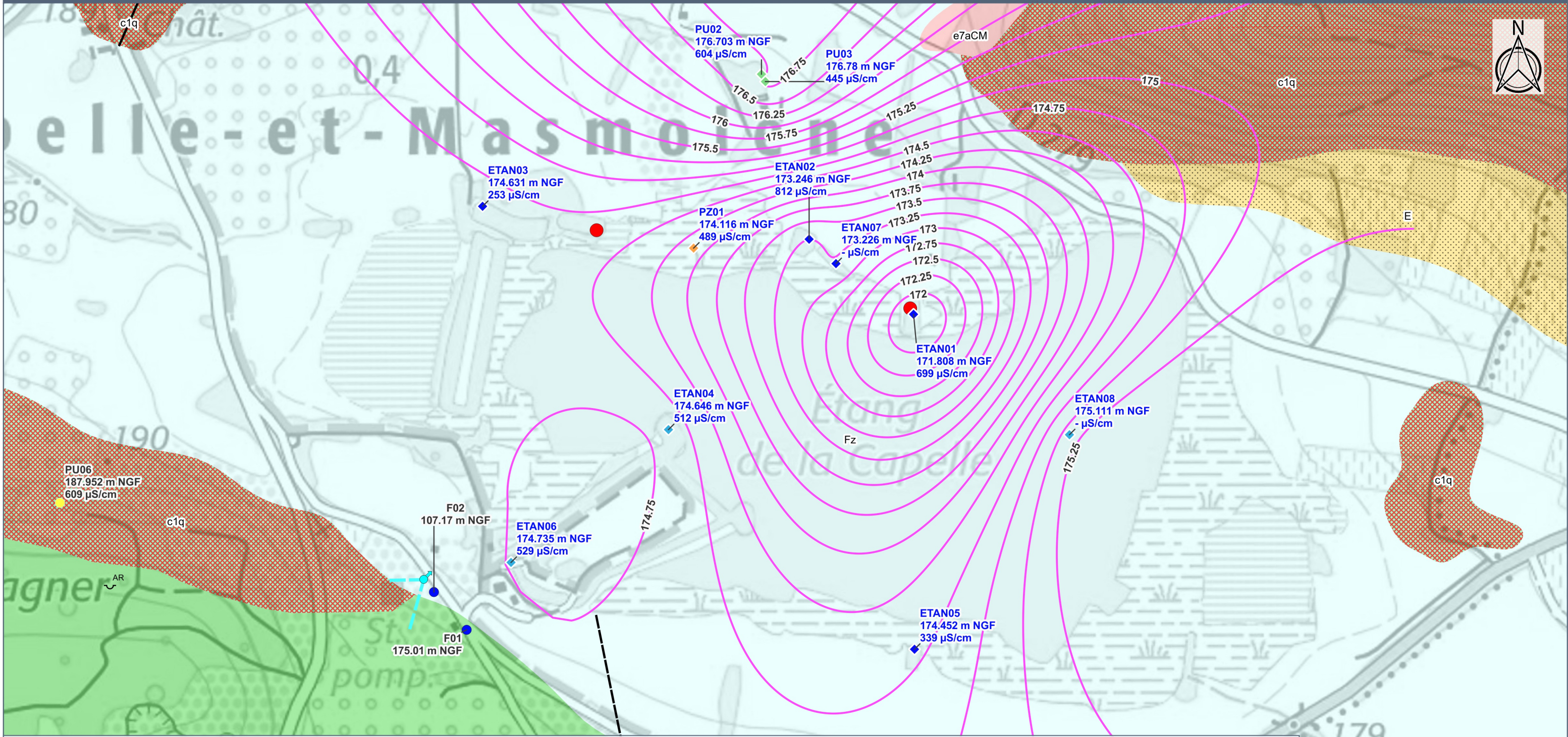
On a supposé que les cotes des niveaux d'eau mesurés sur les piézomètres et puits, ainsi que sur les affleurements de nappe étaient à l'équilibre avec l'Etang de la Capelle, ce qui semble être observé dans les études hydrogéologiques ayant été réalisées sur l'Etang. Néanmoins, des discontinuités sont possibles au sein de la nappe des alluvions limoneuses, les dépôts étant lenticulaires et plus ou moins argileux, différents niveaux de nappe dans ces formations sont possibles.

Il est à noter que la coupe géologique et technique du piézomètre PZ01 n'est pas connue. Cependant étant donné sa profondeur mesurée sur le terrain (environ 12 m), il est possible qu'il recoupe l'aquifère des sables et grès du Cénomaniens moyen, les formations quaternaires faisant rarement plus de 10 m d'épaisseur.

L'esquisse piézométrique montre une dépression piézométrique centrée sur un surcreusement dans la nappe utilisé comme pompage sur les eaux de la nappe. Le niveau sur ce point était particulièrement bas, et peut être lié aux pompages estivaux qui ont rabattus la nappe dans ce secteur ainsi qu'à une très lente remontée des niveaux d'eau du fait d'une faible perméabilité de la nappe à dominante argilo-limoneuse dans ce secteur.

Carte 13 : Mesures effectuées autour de l'Etang de la Capelle – Janvier 2023

Échelle
1:5 000



HYDROGEOLOGIE

- Mesures piézométriques 29-03-23
- ◆ Niveau nappe alluvions limoneuses 11-01-23
- ◆ Affleurement de nappe
- ◆ Niveau Etang
- ◆ Piézomètre
- ◆ Puits
- Pompage nappe étang
- Isopièzes janvier2023
- Niveaux statiques Forages AEP Janvier 23

- Sources
- Tranchées drainantes source Barbion

GEOLOGIE

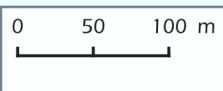
- BRGM**
- ~ 4, Carrière à ciel ouvert
 - 10, Puits de mine

Structures géologiques

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

GEO050K_HARM_030_L_DIVERS_2154

- - - 7, Niveau-repère lithologique
- Lithologie BRGM 50000 revue**
- E, Eboulis de pierrailles actuels à récents (Quaternaire récent) - 46
- Fz, Alluvions récentes à actuelles de basses à très basses terrasses - 64
- e7aCM, "Calcaires et marnes ("Calcaire de Monteils") (Priabonien inf.)" - 129
- c1arg, Sables, grès et argiles (Cénomaniens) - 169
- c1q, "Grès quartzites, ""grès rouges"" (Cénomaniens, inférieur ?)" - 172



CEN OCCITANIE

Étude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes, étang et mares de la Capelle, Capelle-et-Masmolène (30)

Sources : Fd SCAN25 IGN



Figure 12 : Photographie du recouplement de nappe utilisé pour l'irrigation (ETAN01), dont le niveau était particulièrement bas en janvier 2023

En effet, le niveau sur ce recouplement de nappe était de 171,8 m NGF, soit près 2,8 m sous le niveau de l'étang à la pêcherie communale (174.6 m NGF).

Les pompages sur cet affleurement de nappe semblent avoir eu un impact sur les deux autres excavations situées 100 et 170 m au Nord-Ouest, dont les niveaux étaient d'environ 173,2 m NGF, soit 1,4 m sous le niveau de l'étang.

Un autre pompage sur la nappe des alluvions quaternaires est présent plus à l'Ouest sur un autre « trou » recoupant la nappe. Sa piézométrie n'a pas été relevé, mais la piézométrie d'un recouplement de nappe situé juste à côté ne montre pas d'influence nette des pompages.

Les niveaux mesurés sur l'étang dans le secteur de la pêcherie communale (174.6 m NGF) sont très légèrement inférieurs au niveau statique du forage AEP F1 (175.01 m NGF) mesuré le 12/01/2023.

On constate donc qu'à l'étiage le niveau statique (hors pompage) du forage F1 est proche de celui de l'Etang. Il est à noter qu'en période hivernale, le forage F1 est peu utilisé, le forage F2 assurant l'essentiellement de la demande de la commune.

Les pompages sur le forage F1 induisent un niveau dynamique d'environ 165 à 168 m NGF, soit sous le niveau de l'Etang.

Aucune mesure de niveau d'eau sur la nappe n'a pu être réalisée dans ce secteur, le piézomètre PZ04 étant colmaté. En conséquence, l'influence des pompages sur le forage F1 sur la nappe des alluvions quaternaires et le niveau de l'Etang ne peut pas être déterminé à partir des observations de janvier 2023.

Le niveau statique du forage F2 est en revanche situé bien en dessous du niveau de l'Etang (107 m NGF).

Enfin la source de Barbion qui est captée via deux galeries souterraines qui se rejoignent dans un bâti béton de captage a pu faire l'objet de mesures in situ le 12/01/2023 :

- Conductivité : 756 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- pH : 7.46,
- Température : 12.56°C,
- Potentiel Redox : 179.7 mV
- Débit : 0.13 L/s.

La cote des émergences au sein des galeries est d'environ 184 m NGF. En comparaison avec le niveau de l'aquifère des sables supérieurs du Cénomaniens moyen mesuré sur le forage F1, la source émerge à une cote bien supérieure, ce qui laisse supposer le drainage par la source d'un aquifère différent de celui du forage. En effet, comme explicité précédemment dans le contexte hydrogéologique, la source semble drainer l'aquifère des sables et grès du Cénomaniens inférieur dans sa partie libre à l'Ouest de la faille normale affectant la dépression de l'Etang de la Capelle.



Figure 13 : Bâti béton de la source de Barbion recueillant les eaux de deux galeries drainantes

Un puits, situé au pied du versant Nord du plateau, à 450 m à l'Ouest de la source, est foncé dans les grès et sables du Cénomaniens inférieur sur une profondeur de 4,25 m par rapport au sol. Le niveau d'eau au sein de ce puits a pu être mesuré lors de la campagne de terrain de mars 2023 à 187.9 m NGF.

Sa conductivité était de 609 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Le niveau d'eau et la conductivité sont donc potentiellement cohérents avec ceux mesurés sur la source ; l'eau pourrait donc provenir également de l'aquifère des grès et sables du Cénomaniens inférieur.

Les conductivités mesurées sur la nappe des alluvions quaternaires dans le piézomètre PZ01 étaient de 498 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et donc proches de celles de l'étang (512 à 529 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les puits PU02 et PU03 plus au Nord ont montré des conductivités respectivement de 443 et 669 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui reste du même ordre.

Les valeurs mesurées sur les affleurements de nappe au sein des excavations présentaient des valeurs plus disparates, allant de 253 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ETAN03) à 812 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ETAN02), pourtant situé à une faible distance. Il est probable que certains de ces « trous » reçoivent des ruissellements superficiels, qui tendent pour certains (ETAN02 notamment) à faire baisser la conductivité des eaux.

De manière générale, la conductivité de la nappe des alluvions quaternaires et celle de l'Etang semble proche, ce qui semble confirmer les liens entre l'étang et la nappe superficielle à faible perméabilité des alluvions limoneuses.

2.2.4.6 Relevés géologiques

Les données d’affleurement levés sur le terrain, ont permis de modifier les contours des couches géologiques issues de la carte géologique à 1 : 50 000 qui date de 1968.

Ces nouveaux contours ont été intégrés sur les cartes de synthèse.

Au total, environ 90 points ont fait l’objet d’un pointage GPS de la lithologie des formations géologiques en place sur l’ensemble de la zone d’étude.

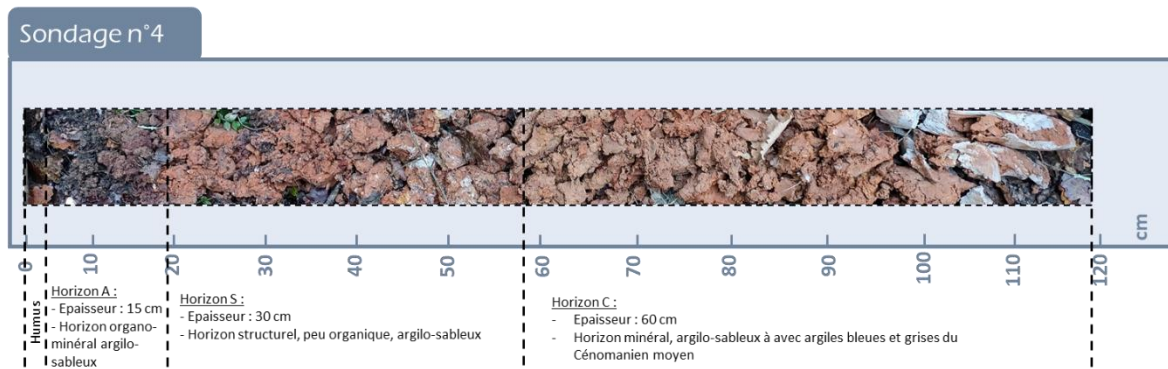
2.2.4.7 Relevés pédologiques

Lors des prospections, 43 sondages ont été réalisés au total dont :

- 1 sondage minimum dans chaque mare, soit 16 sondages ;
- 1 sondage minimum sur les berges de chaque mare, soit 18 sondages ;
- 9 sondages sur l’étang de la Capelle répartis sur deux transects.

Les sondages réalisés sur les berges des mares ont montré la présence de sols assez profonds (>50cm) et structurés contenant une proportion de matière organique assez importante en surface. Leur couleur est principalement rougeâtre à jaunâtre avec un pH légèrement acide. Ces sols rouge et acides sont généralement issus des grès rouges du Cénomaniens inférieur dont l’horizon d’altération est riche en fer (présence ponctuelle de pisolithes de fer). Ces sols sont rattachables à des BRUNISOLS et sont observables principalement sous forêt mais aussi sous certaines prairies.

BRUNISOL :



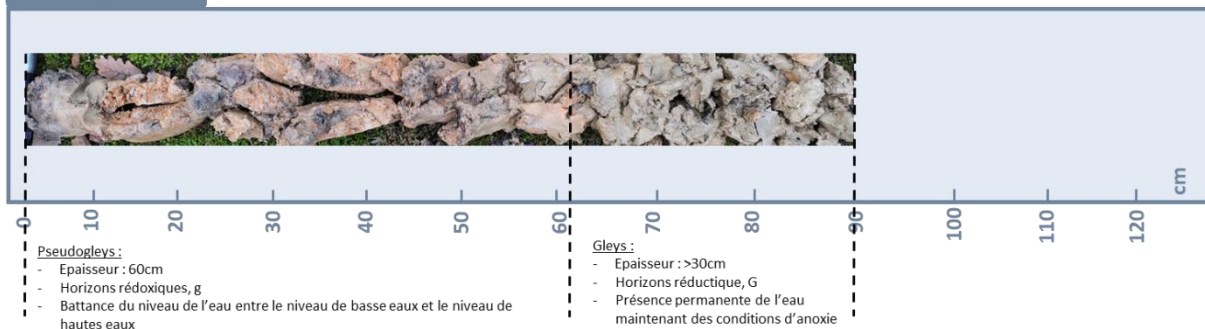
Charge graveleuse : faible ; pH moyen : 6,5 à 7

Dans les mares, les structures pédologiques se présentent principalement via des traits hydromorphiques. Ces derniers prennent souvent la forme de traits rédoxyques (pseudogleys – tâche de rouille) à faible profondeur puis d’un horizon réductique en profondeur. Ainsi, cela traduit une inondation temporaire et donc un assèchement des mares durant la période estivale. La texture de ces sols est argileuse à argilo-sableuse,

leur conférant donc une perméabilité plus ou moins faible permettant de retenir les eaux dans les mares plus ou moins efficacement.

REDOXISOLS

Sondage n°34



L'épaisseur de matière organique au fond de la mare (*i.e.* l'envasement) a été relevée pour chaque mare. Cette dernière est très variable et dépend du niveau d'atterrissement de la mare.

Action A8 – Etude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes
MICA Environnement et PERMALAB pour le CEN Occitanie – Octobre 2023

Code Mare	Lieu du sondage	N°sondage	pH	Epaisseur de vase au fond de la mare (cm)	Texture principale observée par pas de 10cm												Coordonnées du sondage (L93 - EPSG : 2154)
					0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 - 100	100 - 110	110 - 120	
LACA178	Berge	1	6.5	30	AS	AS	AS	AS	AS	A	A	A	A	A	A	A	x=823247.1553331398172 ; y=6327491.065697344020 x=823234.3583401899086 ; y=6327485.292568118311
	Mare	2	7		AS	AS	AS	A	A	A	A	A	A				
LACA12	Berge	3	5	20	AS	AS	A	A	A	A	AS	AS				x=822582.5188743280014 ; y=6328254.302465517073 x=822582.2064077036920 ; y=6328259.830419686622	
	Berge	4	5		AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	A		A
VICTOU16	Berge	5	5	5	AS	AS	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	x=822593.6417107597226 ; y=6328256.460662980563 x=820190.3327850564382 ; y=6328901.566160440444
	Mare	6	6.5		AS	AS	AS	AS	A	A	A	A	A	A			
VICTOU08	Berge	7	6.5	15	A	A	A	A	A	A	A	A	AS	AS	AS	x=820195.3155176319414 ; y=6328912.424130498431 x=820192.2609644593903 ; y=6328918.936150955036	
	Berge	8	6.5		AS	AS	AS	AS	SA	S	S	S	S	A	A		
LACA63	Mare	9	5.5	60	AS	AS	A	A	A	RM						x=820471.8943266007117 ; y=6328780.767219617962 x=820477.9924444295465 ; y=6328786.164402290247	
	Mare	10	NA		AS	AS	AS	A	A	A	A	S	S				
LACA160	Berge	11	6.5	5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	x=820473.7647746922448 ; y=6328784.766523267142 x=820721.9719686870230 ; y=6328710.963312858715	
	Mare	12	6.5		AS	AS	A	A	A	A	A	A	A	A	A		A
MARE01	Berge	13	7	5	A	A	A	A								x=820727.2799906530417 ; y=6328706.491067577153 x=820776.0282213528407 ; y=6328725.035697296261	
	Mare	14	7		AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	A	A	A	A		
LACA108	Berge	15	7	10	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	A	A	A	A	x=820776.5767162906704 ; y=6328728.662183442153 x=821470.0229066299507 ; y=6328517.362941197119	
	Mare	16	NA		AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	A	A	A	A		
Etang de la Capelle	Mare	17	7	NA	A	A	A	A	A	AS	AS	SA	S	S	S	x=821458.9571496676653 ; y=6328513.506349481642 x=821546.9793942684773 ; y=6328355.083622857928 x=823821.5649394389474 ; y=6328785.249287115409	
	Autre	18	7		LS	LS	LS	SL	SL	SL	SL	SA	SA	AS	AS		
	Autre	19	NA		LS	LS	LS	LS	LS	AL	AS	AS	AS	AS	AS		
	Autre	20	7		AL	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AS		
	Autre	21	NA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		A
	Autre	22	6.5		AL	AL	A	A	A	A	A	AS	AS	SA	SA		
	Autre	23	NA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		A
	Autre	24	NA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		A
	Autre	25	7		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		A
LACA59	Autre	26	NA	20	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	x=824067.7572706533828 ; y=6328473.510309925302 x=823959.5140524210873 ; y=6328487.514106450602	
	Berge	27	8		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		A
LACA47	Berge	28	6.5	10	SL	SL	SA	SA	SA	AS	AS	AS	AS	AS	AS	x=823533.1514593155588 ; y=6328490.267737883143 x=821399.9256209078012 ; y=6328310.936301241628	
	Mare	29	5.5		SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	RM					
LACA55	Berge	30	NA	5	SA	SA	SA	AS	AS	A	A	A	A	A	A	x=821398.3996730531798 ; y=6328312.476927450858 x=821782.1588557444047 ; y=6328407.480302273295	
	Mare	31	5.5		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		A
LACA10	Berge	32	NA	1	AS	AS	AL	AL	AL	AL	A	AS	AS	AS		x=821781.3562182362657 ; y=6328396.774205144494 x=821772.2923940999899 ; y=6328393.707289476878	
	Mare	33	NA		SA	SA	SA	AS	AS	A	A	A	A	A	A		
LACA159	Berge	34	4	5	A	A	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS			x=821756.4096066418569 ; y=6328296.791768520139 x=821752.2239297876367 ; y=6328296.873841288499	
	Mare	35	NA		AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	SA	SA	S	S		
LACA23	Berge	36	6.5	1	AS	AS	AS	AS	AS	SA	S					x=822287.2317839927272 ; y=6327955.876322145573 x=822296.3046683222055 ; y=6327973.589861634187	
	Mare	37	7		AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS			
LACA168	Berge	38	NA	10	AS	AS	AS	AS	AS	A	A	A	A			x=822121.0524972426937 ; y=6328167.979570064693 x=822121.4452748105395 ; y=6328165.864566910080	
	Mare	39	NA		AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	A	A			
LACA159	Berge	40	NA	5	A	A	AS	AS	AS	AS	AS	AS				x=822125.7976739556761 ; y=6328097.497452145442 x=822127.1414568175096 ; y=6328090.174040577374	
	Mare	41	NA		AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS				
LACA159	Berge	42	NA	5	AS	AS	AS	AS	AS	RM						x=820934.5978472037240 ; y=6328707.712120147421 x=820927.1344497565878 ; y=6328714.055346968583	
	Mare	43	NA		AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS			

TEXTURE : A = Argileuse ; AS = Argilo-sableuse ; SA = Sablo-argileuse ; S = Sableuse ; SL = Sablo-limoneuse ; LS = Limono-sableuse ; RM = Roche-Mère

Tableau 6 : Synthèse des sondages pédologiques effectués en janvier 2023 – MICA Environnement



2.2.4.8 Relevés hydrogéologiques (niveaux de nappe et du niveau des mares)

Plusieurs levés des niveaux d'eau des mares répertoriées lors de la mission de terrain de janvier 2023 ont été effectués en plus des mares ayant fait l'objet d'investigations approfondies.

Par ailleurs, quelques points d'accès à la nappe situés sur le plateau ont été recensés, avec mesure du niveau d'eau et de la conductivité et notamment :

- PU01 : puits situé à 450 m à l'Est de la mare LACA178, donc à l'extrémité Est du plateau,
- PU04 : puits situé dans la partie centrale du plateau. Le puits était à sec en janvier 2023, sa profondeur a été reconnue à environ 4 m/sol. D'après son propriétaire ce puits est tari depuis quelques années.

Sur le puits PU01, la conductivité mesurée était de 632 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Le niveau d'eau était situé à 2.6 m/sol, la nappe étant donc située à faible profondeur.

Les niveaux d'eau observés sur les mares situées dans la partie Ouest du plateau, présentent des niveaux cohérents entre eux (de 234 à 215 m NGF).

Si l'on considère que la plupart de ces mares situées dans la zone d'affleurement des grès et sables du Cénomanien inférieur sont en lien avec la nappe superficielle baignant ces formations, alors les écoulements montreraient un drainage globalement vers le Sud, en direction du talweg principal, qui correspond à l'un des bras principaux du Merlançon amont.

Les niveaux mesurés sur les mares plus à l'Est et au centre du plateau, ne semblent pas toujours correspondre à des niveaux de nappe, notamment pour les mares en contexte argileux. Certaines mares à l'Est notamment, bien qu'elles soient situées en secteur d'affleurement des grès et sables du Cénomanien supérieur, ne semblent pas toujours en lien avec la nappe (LACA08). En effet, les horizons sableux peuvent être discontinus et des passées argileuses peuvent recouvrir localement les sables formant localement une couche étanche pouvant contenir des mares qui sont alors déconnectées de la nappe.

2.2.4.9 Essais d'infiltration

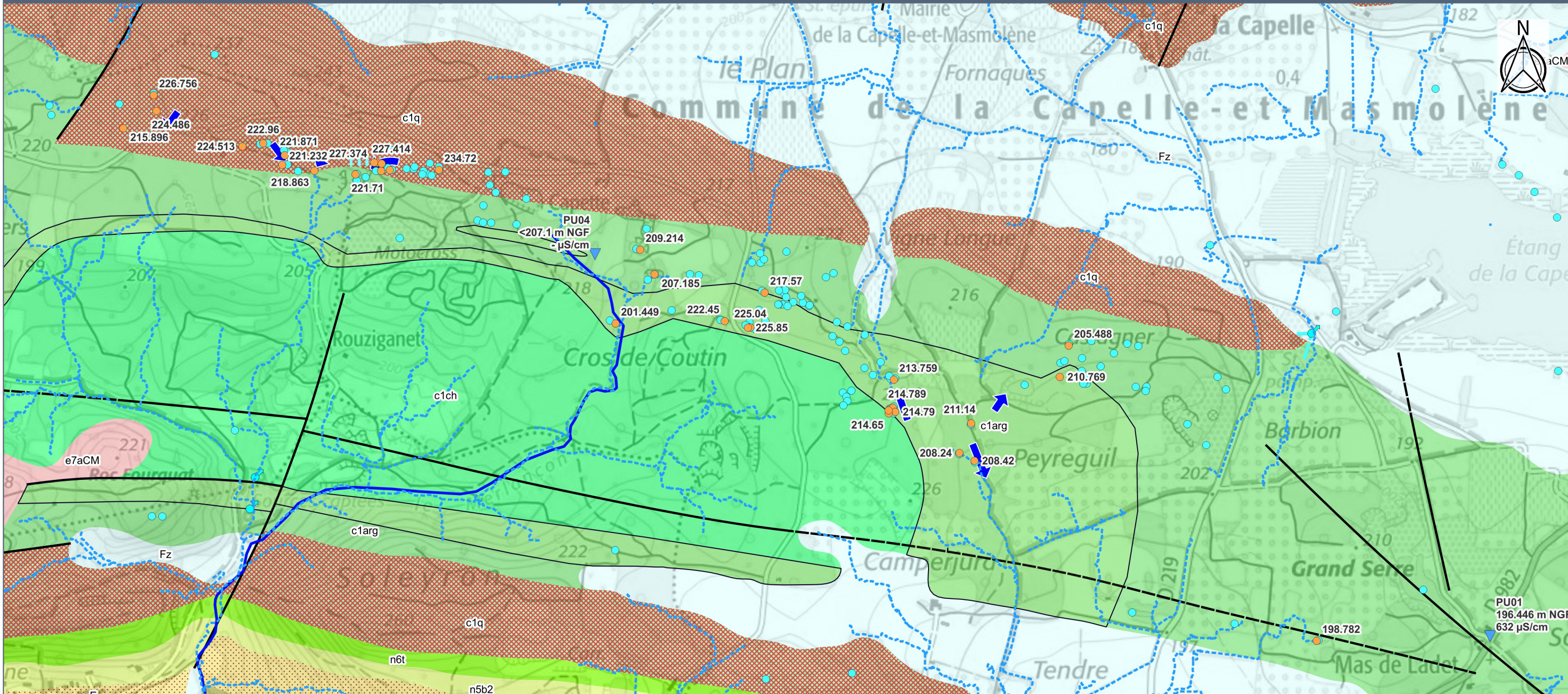
Afin de quantifier la capacité d'infiltration des sols de la zone d'étude, 6 essais d'infiltration ont été effectués sur la zone NATURA 2000 par MICA Environnement les 12 et 13 janvier 2023. Ceux-ci ont été réalisés dans les principaux contextes géologiques identifiés sur le plateau (sables et grès du Cénomanien supérieur, argiles du Cénomanien moyen, sables et grès du Cénomanien moyen) afin de caractériser la perméabilité des sols de ces horizons.

Les essais ont été réalisés à l'aide d'un perméamètre à simple anneau selon la méthode Porchet à charge constante. La profondeur des fosses d'infiltration était comprise entre 0,3 et 0,55 m par rapport au terrain naturel.

Les essais sont localisés sur la Carte 15.

Carte 14 : Relevés hydrogéologiques - Janvier 2023

Échelle
1:10 000



ETAT DES LIEUX

- 09 au 13-01-23
- Niveaux d'eau mares plateau
- ▼ Points d'accès à la nappe recensés sur le plateau

ECOLOGIE

- Recensement mares CEN

HYDROLOGIE

- Talwegs principaux
- Cours d'eau - BD Topage - Métropole

HYDROGEOLOGIE

- ||| Suintements déc 2022
- ➔ Sens d'écoulement supposé de la nappe superficielle

- Sources
- Tranchées drainantes source Barbion

GEOLOGIE

Interprétation dominance grès-argiles Cénomaniens moyen

- Grès

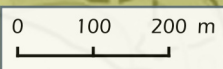
BRGM

Structures géologiques

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Lithologie BRGM 50000 revue

- OE, Loess in situ (Quaternaire : Würm tardif p.p.) - 37
- E, Eboulis de pierrailles actuels à récents (Quaternaire récent) - 46
- Fz, Alluvions récentes à actuelles de basses à très basses terrasses - 64
- e7aCM, "Calcaires et marnes ("Calcaire de Monteils") (Priabonien inf.)" - 129
- c1ch, Calcaires argileux et cherts à Exogyra Columba (Cénomaniens) - 166
- c1arg, Sables, grès et argiles (Cénomaniens) - 169
- c1q, "Grès quartzites, "grès rouges"" (Cénomaniens, inférieur ?) - 172
- n6t, sables, grès (calcaires), marnes, poudingues (Albien terminal) - 173
- n5b2, "Calcaires gréseux à Discoïdes (Aptien sup. = "Gargasien")" - 175
- n5b1, Marnes, marnes à Belemnites (Aptien, Aprien sup.) - 176
- n4-5U, "Calcaires à faciès "urgonien"" - 178



CEN OCCITANIE

Étude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes, étang et mares de la Capelle, Capelle-et-Masmolène (30)

Sources : Google Earth



Figure 14 : Photographie du perméamètre à simple anneau utilisé pour réaliser les essais (essai EI03, proche mare LACA10)

Une durée d'infiltration de 4h (conformément à la norme en vigueur pour ce type d'essai) a été respectée avant la réalisation des essais sur chacun des sites.

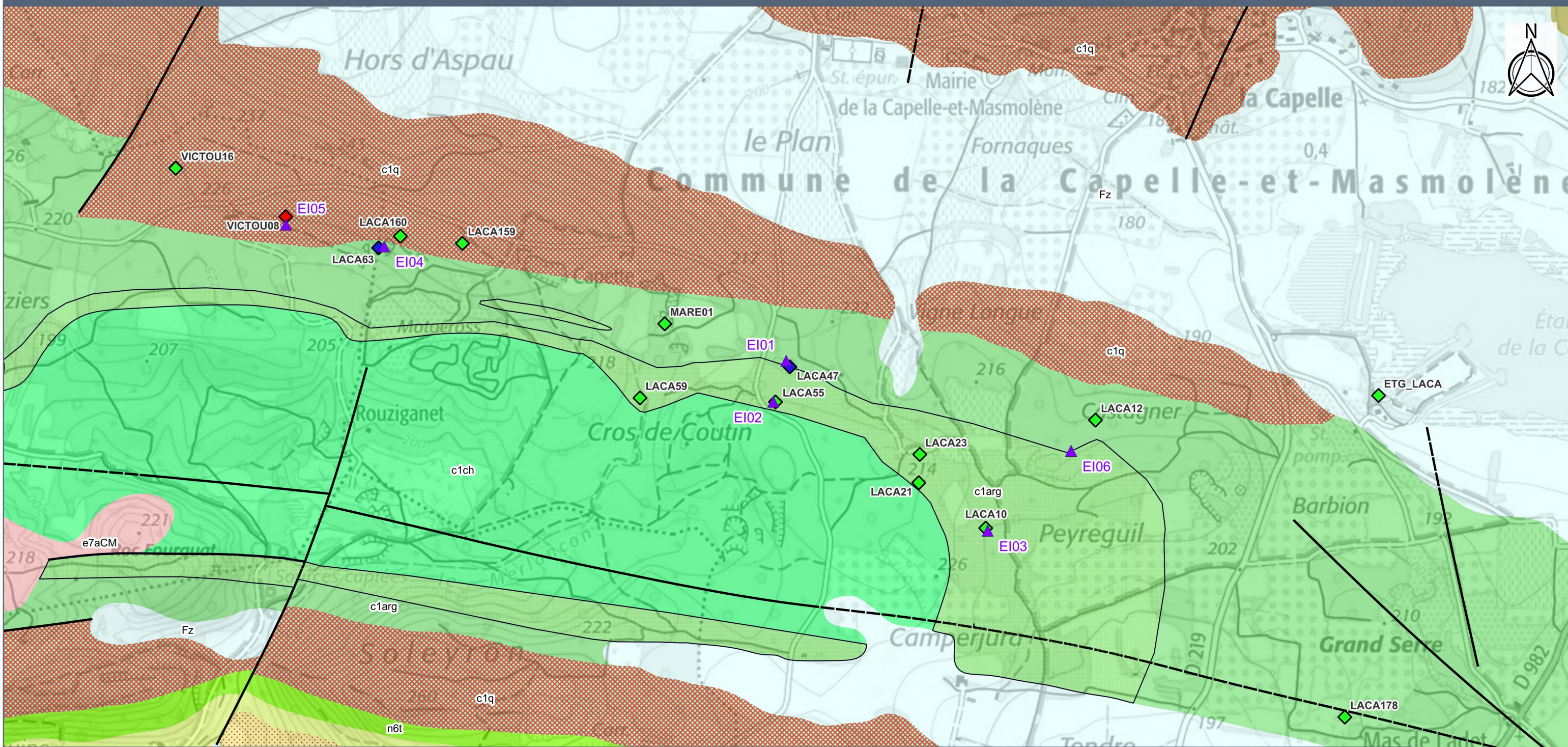
Nom de l'essai	Localisation	Contexte géologique	Description des sols	Profondeur de l'essai (m/sol)	Durée saturation (h)	Perméabilité mesurée (m/s)
EI01	Rive Nord LACA47	Argiles du Cénomanien moyen	Argileux légèrement sableux	0.50	4.0	1.2E-05
EI02	Rive Ouest LACA55	Grès et sables du Cénomanien moyen	Argileux à argilo-sableux	0.30	4.0	1.5E-05
EI03	Rive Sud LACA10	Grès et sables du Cénomanien moyen	Argilo-sableux	0.55	4.0	8.5E-06
EI04	Rive Nord LACA63	Argiles du Cénomanien moyen	Argileux (argiles plastiques grises)	0.35	4.0	4.7E-07
EI05	Rive Sud VICTOU08	Grès et sables du Cénomanien inférieur	Argilo-sableux	0.40	4.0	3.4E-05
EI06	Ouest de la mare LACA95 en secteur très sableux	Grès et sables du Cénomanien moyen	Sableux	0.50	4.0	1.4E-04

Résultats des essais d'infiltration réalisés le 12 et 13 janvier 2023

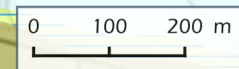
La perméabilité des sols varie fortement entre les différents essais réalisés sur le plateau entre 5.10^{-7} et 1.10^{-4} m/s.

Carte 15 : Localisation des essais d'infiltration

Échelle
1:10 000



<p>ETAT DES LIEUX</p> <ul style="list-style-type: none"> ▲ Essais d'infiltration <p>09 au 13-01-23</p> <p>Mares investigations détaillées 01-23</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Sonde (Niveau eau, T°C) ◆ Sonde (Niveau eau, T°C, conductivité) ◆ Pas de sonde <p>GEOLOGIE</p> <p>Interprétation dominance grès-argiles Cénomaniens moyen</p> <p>Grès</p>	<p>BRGM</p> <p>Structures géologiques</p> <ul style="list-style-type: none"> — 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée --- 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée <p>Lithologie BRGM 50000 revue</p> <ul style="list-style-type: none"> E, Eboulis de pierrailles actuels à récents (Quaternaire récent) - 46 Fz, Alluvions récentes à actuelles de basses à très basses terrasses - 64 e7aCM, "Calcaires et marnes ("Calcaire de Monteils") (Priabonien inf.)" - 129 c1ch, Calcaires argileux et cherts à Exogyra Columba (Cénomaniens) - 166 	<ul style="list-style-type: none"> c1arg, Sables, grès et argiles (Cénomaniens) - 169 c1q, "Grès quartzites, "grès rouges" (Cénomaniens, inférieur ?)" - 172 n6t, sables, grès (calcaires), marnes, poudingues (Albien terminal) - 173 n5b2, "Calcaires gréseux à Discoïdes (Aptien sup. = "Gargasien")" - 175 n5b1, Marnes, marnes à Belemnites (Aptien, Aprien sup.) - 176 n4-5U, "Calcaires à faciès "urgonien" - 178
---	--	--



Globalement, les 3 premiers essais EI01 à EI03 présentent des valeurs comparables et de l'ordre de 1.10^5 m/s, ce qui caractérise des perméabilités de sols modérées à modérément fortes. Ces horizons sont plutôt argilo-sableux. La valeur en haut de berge de la mare LACA10, correspond à l'horizon supérieur des formations comprenant localement une fraction argileuse importante. Au niveau de la mare LACA10, le sondage pédologique réalisé dans la mare a montré des horizons sableux. Cette valeur n'est donc probablement pas très caractéristique de ce secteur relativement sableux et donc à plus forte perméabilité.

L'essai EI04 réalisé en berge de la mare LACA63 présente la plus faible perméabilité ($4,7.10^{-7}$ m/s), ce qui caractérise des sols peu perméables, caractéristiques des formations argileuses en place.

En berge de la mare VICTOU08, située dans un secteur d'affleurement des grès et sables du Cénomaniens inférieur, les perméabilités étaient supérieures à 3.10^{-5} m/s, soit une perméabilité des sols relativement forte.

Enfin, l'essai EI06 a été réalisé dans un secteur franchement sableux (sables du Cénomaniens moyen). La valeur mesurée de l'ordre de 1.10^{-4} m/s caractérise des sols à forte perméabilité.

De manière générale à part les mares en contexte franchement argileux (zone d'affleurement des argiles du Cénomaniens inférieur) qui présentent de faibles perméabilités limitant le départ des eaux par infiltration en fond de mare, les perméabilités des sols sont relativement élevées (zone d'affleurement des sables et grès). La persistance des mares dépend donc dans de le cas des mares en contexte sablo-gréseux de la couche de sédiment fin et de matière organique accumulée en fond de mare et de leur relation ou non avec une nappe superficielle.

2.2.5 Campagne de terrain 03 : Validation des mares à créer et restaurer et prélèvements d'eau

2.2.5.1 Validation des mares à créer et à restaurer

Le jeudi 30 mars 2023, une réunion de terrain s'est tenue sur le site de la zone NATURA 2000 de l'Etang et mares de la Capelle, en présence de plusieurs membres du Comité Technique de l'étude (CEN Occitanie, Syndicat Mixte des Gorges du Gardon et OFB) ainsi que de MICA Environnement et Permalab.

Le compte rendu de la visite produit par le CEN Occitanie est fourni en Annexe I.

2.2.5.2 Prélèvements d'eau

Une mission de prélèvements d'eau sur 14 mares du plateau et sur l'Etang de la Capelle a été effectuée entre le 29 et le 31 mars 2023 par MICA Environnement.

Les prélèvements ont concerné l'étang de la Capelle et les 14 mares du plateau ayant fait l'objet de prélèvements correspondent aux 14 mares pour lesquelles des investigations détaillées ont été effectuées, à deux exceptions près :

- **LACA59** : cette mare hébergeant un nombre important d'écrevisse de Louisiane, elle a été écartée des mares à restaurer ; il n'a donc pas été jugé nécessaire de préciser sa qualité de l'eau,
- **LACA12** : la mare était à sec au moment de la mission de prélèvement.

En conséquence, 2 prélèvements ont été reportés sur les mares :

- **LACA54** : petite mare caractéristique du réseau de mare à l'Est immédiat de la mare LACA47,
- **LACA19** : mare située à proximité de LACA12 et caractéristique du même contexte géologique.

Pour chaque prélèvement d'eau, il a été procédé à l'analyse des paramètres suivants :

- Mesures in situ (pH, conductivité, température, oxygène dissous, potentiel redox) ;
- Physico-chimie : MES, TAC (Titre Alcalimétrique Complet), éléments majeurs (Cl, HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Na, Mg, Ca, K, SiO_2) ;
- Certains métaux dissous dont des teneurs notables ont été observées sur les forages AEP de la Capelle (Ba, Zn) et le fer en raison du contexte géologique comprenant des horizons riches en cet élément;
- Azote total, azote kjeldhal, nitrates, nitrites, ammonium, phosphore total ;
- Chlorophylle A ;
- Transparence au disque de Secchi (mesure in situ de la profondeur de disparition d'un disque découpé en quartiers à damiers noirs et blancs).

Les flacons ont été transmis au laboratoire Eurofins accrédité COFRAC pour analyse des différents paramètres. Les bulletins d'analyse sont fournis en Annexe II.

Les prélèvements d'eau ont été effectués :

- En surface (par prélèvement manuel sur les 20 premiers cm de la lame d'eau) pour les 14 mares du plateau ;
- Sur toute la colonne d'eau à l'aide d'un tube préleveur pour l'Etang de la Capelle, prélèvement effectué depuis le ponton.

Les résultats des analyses d'eau ont été comparés avec les valeurs de gamme de qualité concernant les eaux de surface de la grille du SEQ-EAU (Système d'Evaluation de la Qualité des EAUX) dans sa version 2 (2003). Cette grille a été initiée par le Ministère de l'Environnement et les Agences de l'Eau.

Malgré le fait que cette grille d'évaluation n'est pas récente, son utilisation est intéressante pour caractériser la qualité des eaux par paramètre. Le principe général de cet outil est d'évaluer une eau selon sa qualité globale, et également selon son aptitude aux usages (ex. production d'eau potable, etc.) et à la biologie. Les résultats des mesures obtenues pour chacun des paramètres analysés sont confrontés à des limites de classes.

Les aptitudes retenues pour l'évaluation de la qualité des eaux échantillonnées sont celles de la qualité globale de l'eau. La qualité de l'eau est caractérisée par altération (ensemble de plusieurs paramètres). Cette approche est surtout conçue pour identifier précisément les grands types de dégradations de la qualité de l'eau afin de cibler les programmes de lutte contre la pollution. Elle permet en outre un bon suivi dans le temps de l'efficacité des actions mises en œuvre.

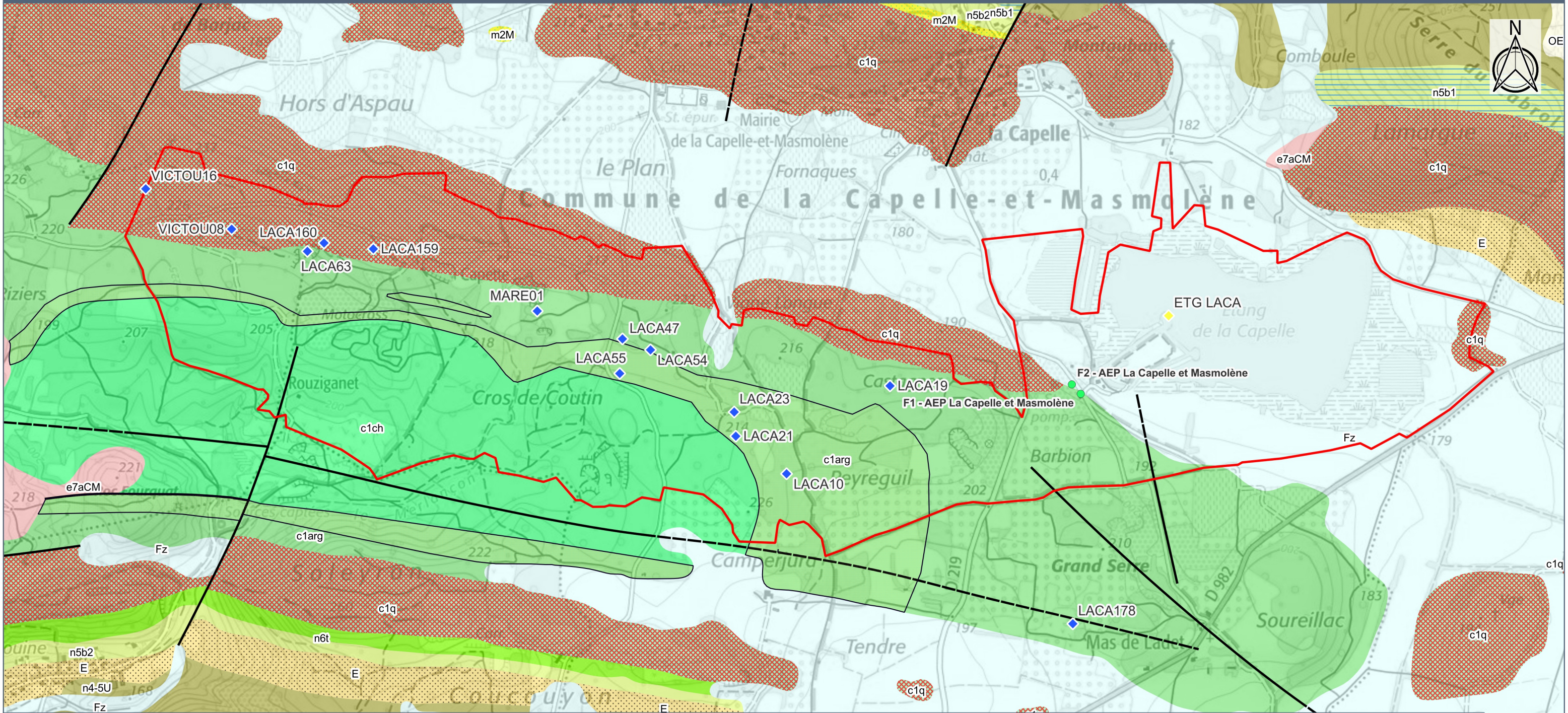
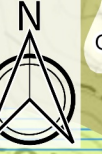
Le code couleur associé aux classes d'aptitude est le suivant :

SEQ Eaux Version 2 - Classe de qualité de l'eau				
Très bonne	Bonne	Passable	Médiocre	Mauvaise

Tableau 7 : Classes de qualité de l'eau issue du SEQ-EAU V2

Carte 16 : Localisation des prélèvements d'eau

Échelle
1:12 500



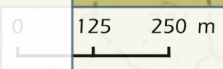
ZONE D'ETUDE
 Zone Natura 2000

GEOLOGIE
 Interprétation dominance grès-argiles Cénomaniens moyen
 Grès

BRGM
 Structures géologiques
 — 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
 - - - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Lithologie BRGM 50000 revue
 OE, Loess in situ (Quaternaire : Würm tardif p.p.) - 37

E, Eboulis de pierrailles actuels à récents (Quaternaire récent) - 46	n5b1, Marnes, marnes à Belemnites (Aptien, Aprien sup.) - 176
Fz, Alluvions récentes à actuelles de basses à très basses terrasses - 64	n4-5U, "Calcaires à faciès "urgonien"" - 178
Fy, Alluvions anciennes de moyennes et basses terrasses (Pléistocène sup., Würm ?) - 68	Prélèvements d'eau mars 2023
m2M, "Marnes sableuses ("Marnes de Caumont") (Burdigalien)" - 94	Etang ^{nb1}
e7aCM, "Calcaires et marnes ("Calcaire de Monteils") (Priabonien inf.)" - 129	Mare plateau
c1ch, Calcaires argileux et cherts à Exogyra Columba (Cénomaniens) - 166	Interprétation dominance grès-argiles Cénomaniens moyen
c1arg, Sables, grès et argiles (Cénomaniens) - 169	Grès
c1q, "Grès quartzites, "grès rouges"" (Cénomaniens, inférieur ?) - 172	
n6t, sables, grès (calcaires), marnes, poudingues (Albien terminal) - 173	
n5b2, "Calcaires gréseux à Discoïdes (Aptien sup. = "Gargasien")" - 175	



CEN OCCITANIE

Étude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes, étang et mares de la Capelle, Capelle-et-Masmolène (30)

Sources : @IGN

Certaines lignes n'ont pas de code couleur du fait de l'absence de valeur seuil pour définir les classes pour ces paramètres.

La qualité de l'eau est décrite pour chaque type d'altération sur lesquelles ont été effectuées les analyses.

Matières organiques et oxydables

Les teneurs en oxygène dissous présentent une forte variabilité d'une mare à une autre avec des valeurs allant de 151% (LACA21, associée à un potentiel développement plus important des producteurs primaires, présence importante d'herbiers observée) à 89% (Etang de la Capelle, bonne oxygénation, peut être liée à l'action du vent prépondérante sur l'étang) à 10% (LACA55).

Matières azotées (hors nitrates)

Les teneurs en ammonium sont faibles pour l'ensemble des 15 pièces d'eau et caractéristiques d'un état très bon à bon vis-à-vis de ce paramètre, ce qui indique l'absence d'une pollution importante par des eaux usées ou déjections animales importantes. Néanmoins, certaines mares montrent de plus fortes concentrations et notamment (VICTOU16, LACA55 et LACA10). Ces 3 mares présentent des turbidités importantes qui semblent liées à la présence de sangliers qui fréquentent ces mares, particulièrement pour VICTOU16 et LACA10. Les teneurs plus importantes en ammonium pourraient donc être liées aux déjections des sangliers.

L'azote Kjeldhal, (somme des formes organiques et ammoniacales de l'azote à l'exclusion des nitrates et nitrites), présente des teneurs comprises entre <0.1 mg/L à 2.1 mg/L, permettant de classer les qualités des mares de très bonne à passable. Les plus fortes concentrations concernent les mares LACA19, LACA54 et VICTOU16. Pour cette dernière la présence avérée de sangliers pourrait être une source de contamination par des matières azotées liées à leurs déjections. Les teneurs restent toutefois modérées.

Les teneurs en nitrites sont très faibles pour l'ensemble des plans d'eau, cette forme de l'azote étant peu stable dans la nature, sa concentration est généralement faible.

L'azote total présente des teneurs modérées allant de 0.1 mg/L (LACA63) à 3.1 mg/L (VICTOU16).

Nitrates

Les concentrations en nitrates sont inférieures aux limites de détection des appareils à l'exception de deux échantillons (LACA21 et VICTOU16). La plus forte concentration étant observée sur VICTOU16, là aussi, la fréquentation importante des sangliers pour cette mare pourrait expliquer une concentration plus importante en nitrates. La concentration reste cependant caractéristique d'une bonne qualité de l'eau vis-à-vis de ce paramètre.

Matières phosphorées

Les teneurs en phosphore total dans les pièces d'eau ne sont pas très élevées avec des concentrations allant de <0.005 mg/L (LACA160) à 0.107 mg/L (LACA23). La qualité des eaux pour cette altération pour l'ensemble des mares est caractérisée de bonne à très bonne.

Néanmoins, cette gamme de concentration met en évidence des disparités importantes entre les mares. Des teneurs supérieures de 0.025 à 0.035 mg/L sont caractéristiques d'eaux eutrophes selon les diverses classifications du statut trophique de plans d'eau. Ceci concerne près de la moitié (7 sur 15) des pièces d'eau échantillonnées (cf paragraphe sur le statut trophique).

Action A8 – Etude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes
MICA Environnement et PERMALAB pour le CEN Occitanie – Octobre 2023

Code échantillon		ETG_LACA	LACA10	LACA19	LACA54	LACA21	LACA23	LACA47	LACA55	MARE01	LACA159	LACA160	LACA63	VICTOU08	VICTOU16	LACA178	SEQ Eaux Version 2 - Classe et indice de qualité de l'eau					
Lieu de prélèvement		Etang de la Capelle au niveau du ponton	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare en contexte agricole						
Date de prélèvement		29/03/2023	29/03/2023	29/03/2023	30/03/2023	30/03/2023	30/03/2023	30/03/2023	29/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	29/03/2023						
X (RGF93)		823 548	822 293	822 633	821 847	822 127	822 122	821 755	821 746	821 475	820 937	820 775	820 720	820 472	820 190	823 233						
Y (RGF93)		6 328 492	6 327 974	6 328 262	6 328 380	6 328 097	6 328 176	6 328 416	6 328 303	6 328 508	6 328 712	6 328 731	6 328 704	6 328 777	6 328 909	6 327 481						
Type d'eau		Etang	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare						
Paramètres	Unité																					
Matières organiques et oxydables																						
Taux de saturation en O ₂ *	%	89.4	26.1	20.6	25.0	151.7	66.0	13.1	10.6	54.2	20.0	45.9	32.9	67.5	28.7	68.4	90	70	50	30	-	
Matières azotées (hors nitrates)																						
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.06	0.14	<0.05	<0.05	0.08	0.11	<0.05	0.15	0.06	0.11	<0.05	<0.05	0.06	0.30	<0.05	0.1	0.5	2	5	-	
Azote kjeldahl	mg/l	1.1	1.6	2.0	2.1	0.7	1.6	1.4	1.5	0.8	0.9	0.8	<0.5	1.0	2.1	1.4	1	2	4	10	-	
Nitrites (NO ₂)	mg/l	<0.04	<0.04	<0.07	<0.07	<0.04	<0.10	<0.04	<0.07	<0.04	<0.04	<0.04	<0.07	<0.07	<0.04	<0.04	0.03	0.3	0.5	1	-	
Azote total	mg/l	1.2	1.7	2.1	2.2	1.2	1.7	1.5	1.6	0.9	1.0	0.9	0.1	1.1	3.1	1.5	-	-	-	-	-	
Nitrates																						
Nitrates (NO ₃)	mg/l	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	2.1	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	4.5	<1.00	2	10	25	50	-	
Matières phosphorées																						
Phosphore total (P)	mg/l	0.025	0.071	0.028	0.080	0.011	0.107	0.020	0.048	0.010	0.024	<0.005	0.012	0.016	0.032	0.022	0.05	0.2	0.5	1	-	
Effets des proulerations végétales																						
Chlorophylle A (Chl A)	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-	-	-	
Taux de saturation en O ₂ *	%	89.4	26.1	20.6	25.0	151.7	66.0	13.1	10.6	54.2	20.0	45.9	32.9	67.5	28.7	68.4	110	130	150	200	-	
pH*	Unité pH	8.2	7.2	6.3	6.6	8.1	7.0	6.5	6.4	7.7	7.1	7.4	7.0	7.2	7.0	7.4	8	8.5	9	9.5	-	
Particules en suspension																						
MES (Matières en Suspension)	mg/l	5.4	26.0	8.8	<2.0	<2.0	<2.0	35.0	31.0	19.0	4.9	<2.8	2.7	2.7	44.0	5.5	2	25	38	50	-	
Transparence Secchi*	m	>0.85	0.10	0.45	>0.27	>0.6	0.41	0.17	0.17	0.34	0.81	>0.3	0.69	0.85	0.14	>0.55	6	1.6	1.3	1	-	
Température																						
Température*	°C	13.0	8.5	8.9	13.6	16.9	13.6	11.8	9.5	14.2	12.8	13.3	14.1	12.6	10.9	10.2	24	25.5	27	28	-	
Métaux dissous																						
Baryum (Ba)	µg/l	32.1	32.9	10.9	18.5	24.3	22.0	15.1	16.0	24.6	34.2	20.3	22.4	11.9	20.4	15.6	-	-	-	-	-	
Fer (Fe)	µg/l	20	760	5 220	10 100	120	8 180	1 410	3 350	190	3 380	40	5 270	2 480	3 050	50	-	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	µg/l	19.4	<5.00	<5.00	14.2	<5.00	6.1	<5.00	7.9	<5.00	10.8	12.8	<5.00	6.4	<5.00	<5.00	0.43	4.3	43	98	-	
Minéralisation																						
Potentiel Redox	mV	152.0	116.3	157.0	196.4	166.9	141.9	210.7	99.7	206.5	66.0	118.5	22.9	92.7	109.9	183.3						
Conductivité*	µS/cm	481.0	333.0	151.0	140.0	271.0	225.0	150.0	174.0	221.0	374.0	252.0	227.0	192.0	164.0	502.0	180	120	60	0	min	
Calcium (Ca ²⁺)	mg/l	81.3	59.5	18.1	18.9	48.7	36.4	19.4	24.8	36.4	68.5	43.7	40.2	30	23.8	100	2500	1200	600	0	min	
																	32	22	12	0	min	
																	160	230	300	500	MAX	
Magnésium (Mg ²⁺)	mg/l	8.7	4.5	1.9	1.9	3.0	3.2	1.9	2.2	2.5	4.9	2.0	2.2	2.6	2.8	4.8	50	75	100	400	-	
Sodium (Na ⁺)	mg/l	10.0	1.8	2.4	3.7	2.0	4.6	2.9	3.6	2.5	5.5	4.7	6.6	3.9	3.0	5.6	200	225	250	750	-	
Potassium (K ⁺)	mg/l	3.5	5.0	4.4	1.8	1.4	3.6	2.1	2.9	3.5	1.8	0.7	1.3	1.5	1.6	8.3	-	-	-	-	-	
Hydrogénocarbonates (HCO ⁻)	mg/l	149.0	144.0	15.9	6.5	103.0	71.2	24.0	34.5	87.5	168.0	78.2	77.1	44.8	36.0	200.0	-	-	-	-	-	
Carbonates (CO ₃ ²⁻)	mg/l	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	-	-	-	-	-	
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/l	90.2	<5.00	<5.00	<10.0	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	60.8	60	120	190	250	-	
Chlorures (Cl)	mg/l	25.5	3.4	5.4	9.2	3.1	8.0	5.4	7.3	4.4	7.4	7.2	8.7	8.1	5.5	11.8	50	100	150	200	-	
Silic (SiO ₂)	mg/l	0.49	19.9	2.26	4.96	2.23	1.1	6	6.0	2.2	14.5	0.2	14.1	0.3	6.2	4.2	-	-	-	-	-	
TA (Titre Alcalimétrique)	°F	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	-	-	-	-	-	
TAC (Titre Alcalimétrique)	°F	16.2	15.8	5.3	4.5	12.4	9.8	6.0	6.8	11.2	17.8	10.4	10.3	7.7	7.0	20.4	8	5	3	0	min	

* Paramètre mesuré in situ

Tableau 8 : Résultats des analyses d'eau effectuées sur 15 pièces d'eau

Effets des proliférations végétales

Le pH des eaux de l'ensemble des pièces d'eau est compris entre 6.3 et 8.2, ce qui témoigne d'une disparité importante. Les plus forts pH sont observés sur l'Etang de la Capelle et sur la mare LACA21. Pour cette dernière, ce fort pH pourrait s'expliquer par la présence des herbiers aquatiques qui ont été observés en quantité relativement importante au moment des prélèvements, dont la prolifération tend à faire augmenter les pH. Le fort taux de saturation en oxygène dissous (157 %) témoigne également du développement important de la végétation aquatique au sein de cette mare. L'importante fréquentation de cette mare par le Triton crêté pourrait s'expliquer par un développement précoce de la végétation aquatique dans cette mare, favorable à la ponte de l'amphibien.

De même sur l'Etang de la Capelle, le pH franchement basique (8.2) est corrélé avec une plus forte teneur en oxygène dissous qui serait associé au développement des producteurs primaires qui rejettent de l'oxygène dissous la journée par photosynthèse.

Sur l'ensemble des mares, le pH et l'oxygène dissous montrent un coefficient de corrélation de 80%, ce qui met clairement en évidence l'influence des proliférations végétales sur ces deux paramètres. En effet, la consommation du CO₂ par la photosynthèse de la végétation aquatique et du phytoplancton, tend à basifier l'eau, ce qui induit une augmentation du pH au cours de la journée.

En revanche, les teneurs en chlorophylle A (qui témoigne de la productivité du phytoplancton) étaient toutes inférieures aux limites de détection des appareils à l'exception de la mare LACA47. La présence de poissons sur cette mare, induit une prédation sur le zooplancton qui peut conduire à une moindre consommation du phytoplancton par ce dernier. Ceci pourrait expliquer la plus forte valeur de concentration en chlorophylle A mesurée sur cette mare.

A l'époque de l'année où ont été effectués les prélèvements (fin mars), les producteurs primaires étaient encore en début de développement, ce qui peut expliquer ces faibles teneurs.

Particules en suspension

Les teneurs en MES des mares présentent des différences importantes <2mg/L à 44 mg/L (qualité mauvaise selon le SEQ Eau). Cette plus forte valeur a été observée sur la mare VICTOU16, dont la forte fréquentation par les sangliers se traduit par une forte turbidité des eaux. Les mares LACA55 et LACA10 présentaient de concentrations supérieures à 25 mg/L (qualité passable) sans doute pour les mêmes raisons que VICTOU16. Enfin, la mare LACA47 présentait également une concentration en MES relativement élevée (35 mg/L). Ceci semble plutôt attribuable à la présence de poissons sur cette mare.

La transparence au disque de Secchi de la plupart des mares était inférieure à 1 m ce qui se traduit selon le SEQ Eau par une qualité très mauvaise. Il convient toutefois de noter des différences importantes entre les mares concernant cette mesure. En effet, 4 mares présentent des valeurs de transparence inférieure à 20 cm, ce sont les 4 mares ayant les plus fortes concentrations en MES citées précédemment. Cette concentration serait donc plutôt attribuable à des influences de la faune (sangliers, poissons).

Certaines mares peu profondes (inférieures à 50 cm) permettaient l'observation du disque en fond de mare, témoignant d'une relativement bonne transparence de l'eau (LACA160, LACA21, LACA54 et Etang de la Capelle). D'autres mares présentaient également une transparence supérieure à 50 cm (LACA63, VICTOU08, LACA159).

L'influence des proliférations végétales sur la transparence des mares est de manière générale assez faible à cette période de l'année. Ceci corrobore l'interprétation des paramètres marqueurs des proliférations végétales.

Statut trophique

L'eutrophisation correspond à la dégradation d'un milieu aquatique lié à un apport en excès d'éléments nutritifs (azote, phosphore...) qui favorise le développement d'algues et de la végétation aquatique (phytoplancton, macrophytes,...) conduisant à l'augmentation de la turbidité et donc à la diminution de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau.

Afin d'évaluer le degré d'eutrophisation des pièces d'eau étudiées, deux méthodes ont été mises en œuvre, toutes deux basées sur les concentrations en phosphore total, chlorophylle A et la transparence au disque de Secchi :

- la méthode de l'indice trophique de Carlson,
- détermination des niveaux selon la classification établie par Wetzel (2001), Wollenweider et Korekes (1982).

L'indice trophique de Carlson ou TSI (Trophic State Index) a été développé en 1977 par Robert E. Carlson, chercheur en limnologie d'origine américaine. Il consiste à déterminer un indice de l'état d'eutrophisation d'un plan d'eau sur la base de 3 critères :

- La concentration en chlorophylle A en surface du plan d'eau ($\mu\text{g/L}$) ;
- La concentration en phosphore total en surface du plan d'eau ($\mu\text{g/L}$) ;
- La transparence mesurée au disque de Secchi (m).

Ces trois paramètres sont convertis en indice d'état trophique (TSI, Trophic State Index) par les relations suivantes :

- Chlorophylle A : $\text{TSI (Chl A)} = 9,81 \cdot \text{Ln}[\text{Chl A}] + 30,6$
- Phosphore total : $\text{TSI (P04 T)} = 14,42 \cdot \text{Ln}[\text{P04 T}] + 4,15$
- Transparence Secchi : $\text{TSI (Prof Secchi)} = 60 - 14,41 \cdot \text{Ln}[\text{Prof Secchi}]$

Deux approches sont possibles : soit les valeurs des 3 index sont analysées séparément, avec généralement une plus grande fiabilité attribuée à l'indice issu de la concentration en chlorophylle A ; soit l'index final est considéré comme la moyenne des trois index exposés ci-dessus.

D'une manière générale, l'état trophique des plans d'eau est déterminé en fonction de la valeur de l'indice trophique de la manière suivante :

- **TSI < 40 : plan d'eau oligotrophe** (eau claire pauvre en éléments nutritifs et de faible production biologique) ;
- **40 < TSI < 50 : plan d'eau mésotrophe** (eau de moins bonne clarté et dont la teneur en nutriment favorise une augmentation de la production biologique, qui reste toutefois modérée) ;
- **TSI > 50 : plan d'eau eutrophe** (eau turbide liée à une forte productivité biologique induite par une importante charge en nutriments).

La classification de Wetzel, Wollenweider et Korekes se décline selon les valeurs suivantes :

	STATUT TROPHIQUE			
	OLIGOTROPHE	MESOTROPHE	EUTROPHE	HYPEREUTROPHE
Phosphore total (µg/L)	<10	10-35	35-100	>100
Chlorophylle A (µg/L)	<2.5	2.5-25	25-75	>75
Transparence au disque de Secchi (m)	>3	3-1.5	1.5-0.7	<0.7

Tableau 9 : Statut trophique selon Wetzel (2001), Wollenweider et Korekes (1982)

Le statut trophique est donc défini pour chacun des 3 paramètres.

La synthèse des résultats fournis par ces deux méthodes est donné dans le tableau en page suivante.

Concernant le paramètre **phosphore**, on constate d'importantes différences d'état trophique des mares.

Selon l'indice trophique de Carlon, les mares présentent un statut trophique allant d'oligotrophe (LACA21, MARE01, LACA160, LACA63) à eutrophe (Etang de la Capelle, LACA10, LACA19, LACA54, LACA23, LACA55 et VICTOU16).

Selon la classification de Wetzel, Wollenweider et Korekes, seules les mares LACA10, LACA54 et LACA55 seraient eutrophes. La mare LACA23 qui a la plus forte concentration de phosphore serait hypereutrophe.

Etant donné la période de réalisation des mesures, la concentration en phosphore semble le paramètre le plus pertinent pour déterminer l'état trophique des mares. En effet, les prélèvements ayant été réalisés en fin d'hiver, ce nutriment n'a pas encore été consommé de façon importante par les producteurs primaires. A contrario, la concentration en chlorophylle A a peut-être été réalisée un peu tôt en saison pour rendre compte de la production du phytoplancton. Toutefois, l'absence de poissons sur les mares échantillonnées à l'exception de LACA47 et de l'Etang de la Capelle peut expliquer ces faibles valeurs en chlorophylle A. Comme explicité précédemment, l'absence de poisson permet un meilleur développement du zooplancton (plus faible prédation) qui lui-même consomme le phytoplancton et donc permet le maintien d'une faible concentration en chlorophylle A.

Etant donné la faible profondeur de la plupart des mares et les influences biotiques liées aux sangliers et poissons dans certaines mares, la transparence au disque de Secchi n'est pas nécessairement représentative de l'état trophique de toutes les mares.

Action A8 – Etude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes
MICA Environnement et PERMALAB pour le CEN Occitanie – Octobre 2023

Code échantillon		ETG_LACA	LACA10	LACA19	LACA54	LACA21	LACA23	LACA47	LACA55	MARE01	LACA159	LACA160	LACA63	VICTOU08	VICTOU16	LACA178
Lieu de prélèvement		Etang de la Capelle au niveau du ponton	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare du plateau	Mare en contexte agricole
Date de prélèvement		29/03/2023	29/03/2023	29/03/2023	30/03/2023	30/03/2023	30/03/2023	30/03/2023	29/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	29/03/2023
X (RGF93)		823 548	822 293	822 633	821 847	822 127	822 122	821 755	821 746	821 475	820 937	820 775	820 720	820 472	820 190	823 233
Y (RGF93)		6 328 492	6 327 974	6 328 262	6 328 380	6 328 097	6 328 176	6 328 416	6 328 303	6 328 508	6 328 712	6 328 731	6 328 704	6 328 777	6 328 909	6 327 481
Type d'eau		Etang	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare	Mare
Paramètres	Unité															
Niveau trophique																
TSI (Trophic State Index = Indice d'état trophique de Carlson) PHOSPHORE		50.6	65.6	52.2	67.3	38.7	71.5	47.3	60.0	37.4	50.0	27.4	40.0	44.1	54.1	48.7
TSI (Trophic State Index = Indice d'état trophique de Carlson) CHLOROPHYLLE A		8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	38.8	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
TSI (Trophic State Index = Indice d'état trophique de Carlson) TRANSPARENSE DISQUE SECCHI			93.2	71.5			72.8	85.5	85.5	75.5	63.0		65.3	62.3	88.3	
TSI (Trophic State Index = Indice d'état trophique de Carlson) MOYENNE 3 indices		29.3	55.6	43.9	37.7	23.4	50.8	57.2	51.2	40.3	40.3	17.7	37.8	38.2	50.2	28.4
Statut trophique (Wetzel, Wollenweider et Korekes) PHOSPHORE		MESOTROPHE	EUTROPHE	MESOTROPHE	EUTROPHE	MESOTROPHE	HYPEREUTROPHE	MESOTROPHE	EUTROPHE	MESOTROPHE	MESOTROPHE	OLIGOTROPHE	MESOTROPHE	MESOTROPHE	MESOTROPHE	MESOTROPHE
Statut trophique (Wetzel, Wollenweider et Korekes) CHLOROPHYLLE A		OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE
Statut trophique (Wetzel, Wollenweider et Korekes) TRANSPARENSE DISQUE SECCHI			HYPEREUTROPHE	HYPEREUTROPHE			HYPEREUTROPHE	HYPEREUTROPHE	HYPEREUTROPHE	HYPEREUTROPHE	EUTROPHE		HYPEREUTROPHE	EUTROPHE	HYPEREUTROPHE	OLIGOTROPHE
SYNTHESE DES 2 METHODES SUR LE PHOSPHORE		MESOTROPHE A EUTROPHE	EUTROPHE	MESOTROPHE A EUTROPHE	EUTROPHE	OLIGOTROPHE A MESOTROPHE	EUTROPHE A HYPEREUTROPHE	MESOTROPHE	EUTROPHE	OLIGOTROPHE A MESOTROPHE	MESOTROPHE	OLIGOTROPHE	OLIGOTROPHE A MESOTROPHE	MESOTROPHE	MESOTROPHE A EUTROPHE	MESOTROPHE

OLIGOTROPHE
OLIGOTROPHE A MESOTROPHE
MESOTROPHE
MESOTROPHE A EUTROPHE
EUTROPHE
EUTROPHE A HYPEREUTROPHE
HYPEREUTROPHE

Tableau 10 : Statut trophique des mares en fonction des teneurs en phosphore, chlorophylle A et transparence au disque de secchi

En regardant la synthèse des deux méthodes concernant le phosphore, on observe que les pièces d'eau étudiées présentent tous les statuts trophiques. Les mares les plus eutrophisées sont dans l'ordre croissant d'eutrophisation :

- LACA23,
- LACA54,
- LACA10,
- LACA55,
- VICTOU16
- LACA19
- Etang de la Capelle,
- LACA159
- LACA178,
- LACA47

A l'exception de l'Etang de la Capelle, ces mares présentent des bassins d'alimentation essentiellement forestiers, une origine anthropique du phosphore est donc peu plausible. Un apport par les formations géologiques en place semble donc plus probable. Il est à noter que les concentrations restent toutefois relativement modérées et que ceci ne semble pas induire à cette période de l'année un fort développement du phytoplancton.

Température

La température des eaux, était comprise entre 8.5 et 16.9°C. Ce paramètre est soumis à des variations journalière importante. Certaines températures notablement plus faibles sont liées à l'ombrage procuré par les arbres en milieu boisé (LACA10, LACA19, LACA55, VICTOU16).

Métaux dissous

Les concentrations en baryum sont notables sur l'ensemble des mares et sur l'Etang de la Capelle, où ont été observées les plus fortes concentrations (32.1 µg/L avec la mare LACA10 32.9 µg/L). Les concentrations les plus faibles restent non négligeables avec des teneurs de l'ordre de 10 µg/L (VICTOU08 et LACA19). Les concentrations mesurées sur les 2 aquifères des grès et sables du Cénomaniens inférieur et supérieur, aux forages AEP F1 et F2 de la Capelle sont du même ordre de grandeur (respectivement 28 et 10 µg/L).

Les teneurs en zinc sont inférieures aux limites de détection pour 8 mares. Pour les autres mares les concentrations sont notables et caractéristiques d'une qualité passable (6 à 19 µg/L) sur l'Etang de la Capelle, LACA54, LACA23, LACA55, LACA159, LACA160 et VICTOU08. Sur les forages AEP les teneurs en zinc étaient nettement plus élevées (140 µg/L) sur le forage F2 (aquifère inférieur) et inférieures au seuil de détection sur le forage F1 (aquifère supérieur).

Enfin, les teneurs en fer montrent de très fortes disparités entre les mares. Les teneurs s'échelonnent entre 20 µg/L sur l'étang de la Capelle à 10 100 µg/L sur la mare LACA54 (située au sein des argiles du plateau). De nombreuses mares du plateau montrent des teneurs particulièrement élevées en fer dissous (supérieure à 1 000 µg/L) : LACA54, LACA23, LACA19, LACA47, LACA55, LACA159, LACA63, VICTOU08 et VICTOU16.

La plupart de ces mares sont situées en contexte gréseux dont la partie superficielle altérée présente une texture de pisolithes ferrugineux dans une matrice sablo-argileuse rouge. Ces formations sont propices à la libération de fer. Ceci a été observé sur les formations affleurantes particulièrement à proximité de toutes les mares listées.

Une influence par le relargage des sédiments présents en fond de mare est également possible pour le fer. Ce paramètre est d'ailleurs assez bien corrélé à la concentration en phosphore (coefficient de corrélation de 0.71). Néanmoins, la corrélation entre l'épaisseur de sédiment dans les mares et les concentrations en fer n'est pas évidente. Une origine géologique en provenance du bassin versant de ces mares semble donc à privilégier.

Minéralisation

La mesure du potentiel d'oxydo-réduction est discuté dans ce chapitre, car elle n'est pas référencée dans la grille du SEQ Eau. Les valeurs mesurées sont toujours positives (contexte oxydant, ce qui est cohérent pour des eaux de surface). Les valeurs oscillent entre 23 mV (LACA63) à 210 mV (LACA47).

La conductivité des eaux des mares mesurées en mars 2023 présentent des valeurs allant de 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (LACA54) à 502 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (LACA178). A titre de comparaison, la conductivité des eaux des deux forages AEP de la Capelle se situent aux alentours de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La source de Barbion située à proximité des deux forages présente une conductivité de 756 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mesurée en janvier

Les concentrations en éléments majeurs ont été reportées pour l'ensemble des analyses sur un diagramme de Shoeller Berkaloff et un diagramme de Stiff. Ces diagrammes permettent de comparer les proportions relatives des différents anions et cations en solution dans les eaux des mares et ainsi de définir le faciès hydrochimique des eaux. Les concentrations ont été mises en perspectives avec celles mesurées sur les forages AEP F1 et F2 de la Capelle afin de disposer de la signature hydrochimique des eaux souterraines localement.

L'analyse des graphiques met en évidence différents profils hydrochimiques pour les pièces d'eau ayant fait l'objet de prélèvements :

- Faciès **bicarbonaté calcique** : c'est le principal faciès hydrochimique observé sur les mares du plateau : (LACA10, LACA159, LACA21, LACA23, MARE01, LACA63, LACA160, VICTOU08, VICTOU16). Ce faciès correspond également à celui des deux forages AEP qui captent les 2 aquifères supérieur et inférieur du Cénomaniens,
- Faciès **bicarbonaté à sulfaté calcique** : on retrouve dans cette catégorie, l'**Étang de la Capelle** et dans une moindre mesure la mare **LACA178**. Ce faciès semble correspondre à l'hydrochimie de la nappe siégeant au sein des alluvions récentes limoneuses qui est en contact direct avec l'Étang de la Capelle. La mare LACA178 pourrait également recouper cette nappe. Cette mare est située selon la carte géologique au 1 : 50 000 dans les argiles du Cénomaniens moyen. Néanmoins, la limite d'affleurement des alluvions récentes, se situe 80 m au Sud de la mare. En admettant une imprécision cartographique sur la carte géologique au 1 : 50 000 il est possible que les alluvions affleurent plus au Nord au niveau de cette mare,
- Faciès **bicarbonaté à chloré calcique** : c'est le cas de plusieurs mares du plateau avec dans l'ordre du plus au moins chloré : **LACA19, LACA47, LACA55**. Ces mares semblent donc influencées de manière importante par des apports d'eaux de surface,

- Faciès **chloré calcique** : c'est le cas de la mare **LACA54**, qui d'autant plus que les mares précédentes, présente un faciès proche d'une eau pluviale, avec des teneurs en sodium non négligeables par rapport à la concentration en calcium. Par ailleurs, sa conductivité est la plus faible des mares échantillonnée (140 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

La mare LACA159, présente un faciès hydrochimique très proche de celui des deux forages AEP captant les grès du Cénomanién inférieur et du Cénomanién moyen. De même la mare LACA10 suit une tendance proche de celles des forages, avec néanmoins une plus faible concentration relative en ions chlorures.

Ces deux mares semblent recevoir une alimentation prépondérante par l'aquifère des sables et grès du Cénomanién inférieur dans le cas de LACA159 et de l'aquifère des sables et grès du Cénomanién moyen dans le cas de LACA10.

D'autres mares semblent présenter un profil mixte entre une alimentation par une nappe au sein de formations sablo-gréseuses et par l'apport des eaux pluviales et de ruissellement. C'est notamment le cas de la plupart des mares à faciès bicarbonaté calcique et notamment LACA21, LACA23, MARE01, LACA63, VICTOU08 et VICTOU16. Ces mares présentent d'ailleurs des conductivités comprises entre 160 et 270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ traduisant une dilution des eaux de la nappe par les apports d'eau pluviale faiblement minéralisées.

Les concentrations en silice des mares présentes d'importantes disparités avec des valeurs allant de 0.3 à 19.9 mg/L.

A titre comparatif, les concentrations en silice sur les 2 forages AEP de la Capelle sont de l'ordre de 10 mg/L.

Les plus fortes concentrations ont été observées sur les mares LACA10, LACA159 et LACA63 (> 14 mg/L). D'autres mares montrent également des teneurs significatives supérieures à 6 mg/L en cet élément (VICTOU16, LACA55, LACA47).

Pour les mares LACA10 et LACA159, les fortes teneurs en silice pourraient être associées à un apport par la nappe superficielle des grès et sables du Cénomanién moyen dans le cas de LACA10 (contexte fortement sableux autour de cette mare) et la nappe perchée des grès du Cénomanién inférieur pour LACA159. Pour la mare LACA63, malgré un contexte argileux au niveau de la mare, des apports par suintements ont été observés en décembre 2022 juste en amont de la mare, à proximité du contact entre les grès et sables du Cénomanién inférieur et les argiles. Ces suintements, issus de la nappe des sables et grès pourraient expliquer la teneur en silice plus importante au sein de cette mare.

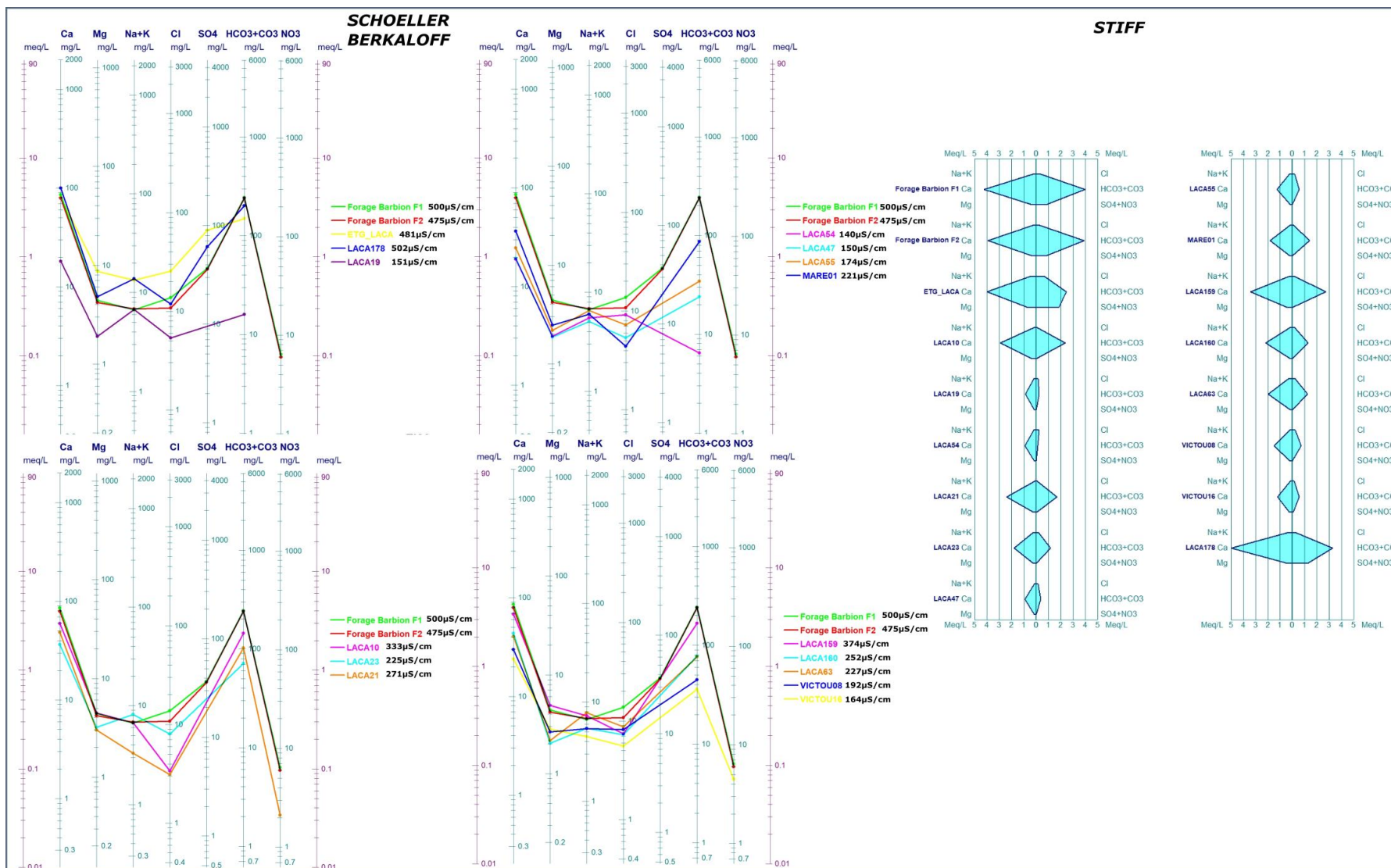


Figure 15 : Diagramme de Schoeller-Barkaloff et de Stiff des eaux échantillonnées

BILAN DES ANALYSES D'EAU DES MARES ET DE L'ETANG DE LA CAPELLE

De manière générale, **les concentrations en azote et phosphore présentent de fortes disparités sur les mares du plateau**. Les concentrations sont généralement faibles à localement relativement élevées, tout en restant en deçà d'une hypereutrophisation des eaux.

A partir de l'analyse du paramètre phosphore, **seules 4 mares présentent un statut trophique eutrophe**, (LACA23, LACA54, LACA10 et LACA55). A l'exception de LACA23, ces mares présentent des bassins d'alimentation de faible superficie, induisant un faible taux de renouvellement des eaux.

Les **teneurs en chlorophylle A des mares à la fin mars 2023 étaient toutes faibles**, traduisant un faible développement du phytoplancton dans les mares. Au-delà de la période de l'année correspondant au début du développement des producteurs primaires, l'absence de poissons dans ces mares (à l'exception de l'Etang de la Capelle et de la mare LACA47) pourrait expliquer ces faibles teneurs. En effet, l'absence de poissons conduit à une faible pression sur le zooplancton qui se nourrit de phytoplancton, dont le développement est alors contenu.

Le phosphore peut en revanche contribuer au développement des macrophytes des mares, facteur favorable à la présence du Triton crêté.

La teneur en matières en suspension des mares et donc **leur transparence est également très variable** et notamment assez bien corrélée à des facteurs biotiques (présence de poissons, LACA47 et fréquentation importante par les sangliers : VICTOU16, LACA10).

Les **teneurs en fer, sont relativement importantes** pour un nombre important de mares (> 1 000 mg/L pour 9 des 15 pièces d'eau). Ces mares du plateau dont le bassin d'alimentation est caractérisé par un contexte gréseux altéré avec par endroits des pisolithes ferrugineux dans une matrice sablo-argileuse rouge est en effet propice au relargage de fer dans les eaux d'alimentation des mares.

Le faciès hydrochimique des eaux des mares est majoritairement bicarbonaté calcique, comme les eaux souterraines localement (aquifère supérieur et inférieur des grès et sables). Néanmoins, la minéralisation des mares est généralement inférieure à celle de ces aquifères. Ceci semble indiquer une **relation potentielle avec une nappe superficielle** en contexte sablo-gréseux pour certaines mares, mais dont les eaux sont diluées par les apports d'eau de ruissellement de leur bassin versant. D'autres mares présentent un faciès plus sulfaté (Etang de la Capelle et LACA178), dont les eaux semblent influencées par la nappe des alluvions limoneuses quaternaires. Enfin, certaines mares présentent un faciès à influence plus chloré sodique, traduisant une **prépondérance des apports météoriques** (LACA54, LACA19 et dans une moindre mesure LACA47 et LACA55). Les teneurs en silice sont de manière générale plus élevées sur les mares plus influencées par les apports des aquifères sablo-gréseux avec des teneurs comparables à celles des forages AEP de la Capelle et Masmolène.

2.2.6 Synthèse des reconnaissances de terrain

Les principales mesures réalisées sur les mares au cours des différentes campagnes de terrain ont été reportées au sein d'un tableau de synthèse figurant ci-dessous.

REFERENCES MARES				CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES														
Nom MARE	X (RGF93)	Y (RGF93)	Date investigations	Profondeur max janv 2023 (m)	Profondeur max en m (CEN)	Zeau janvier 2023 (m NGF)	Surface janvier 2023 (m ²)	Volume janvier 2023 (m3)	Développement des rives			Cote surverse (m NGF)	Cote fond (m NGF)	Hauteur d'eau max avant surverse (m)	Pente berge mesure GPS terrain - hors d'eau (%)	Pente moyenne berges LIDAR (%)	Nombre de mares recensées dans un rayon de 300m	Exposition au soleil (CEN)
									Longueur des rives janvier 2023 (m)	Indice	Niveau de développement associé							
ETG_LACA	823 317	6 328 318	11/01/2023	-	-	174.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Importante (4)
LACA10	822 296	6 327 973	12/01/2023	0.51	0.5	208.24	51	14	28	1.11	FAIBLE	209.8	207.73	2.07	40.5%	29.8%	12	Moyenne (3)
LACA12	822 582	6 328 254	09/01/2023	0.19	0.4	205.488	4.9	0.3	10	1.27	FAIBLE	207.1	205.298	1.802	34.8%	30.0%	21	Moyenne (3)
LACA159	820 936	6 328 713	13/01/2023	1.22	1.2	234.72	30.5	12	22	1.12	FAIBLE	234.82	233.5	1.32	22.6%	40.9%	30	Moyenne (3)
LACA160	820 775	6 328 732	10/01/2023	0.4	0.5	227.414	30	8	29	1.49	MOYEN	227.86	227.044	0.816	66.7%	31.6%	28	Importante (4)
LACA178	823 230	6 327 483	09/01/2023	0.7	-	198.78	681	123	129	1.39	FAIBLE	203.3	198.082	5.218	36.1%	44.3%	2	Importante (4)
LACA21	822 120	6 328 087	12/01/2023	0.71	1	214.76	138	45	49	1.18	FAIBLE	215.96	214.05	1.91	43.1%	29.4%	25	Importante (4)
LACA23	822 125	6 328 165	12/01/2023	0.73	0.8	214	90	21	54	1.61	MOYEN	214.05	213.27	0.78	19.6%	16.5%	26	Moyenne (3)
LACA47	821 787	6 328 392	12/01/2023	>1.18	2	217.95	867	437	236	2.26	FORT	218.06	~416	~2	28.6%	27.9%	38	Moyenne (3)
LACA55	821 768	6 328 290	12/01/2023	1.05	1.2	225.04	48	27	28	1.14	FAIBLE	225.7	224.25	1.45	47.2%	36.4%	38	Moyenne (3)
LACA59	821 398	6 328 312	13/01/2023	0.38	0.6	201.449	198	28	78	1.56	MOYEN	201.81	201.07	0.74	37.1%	40.4%	8	Faible (2)
LACA63	820 718	6 328 701	10/01/2023	1.04	1	221.71	142	57	69	1.63	MOYEN	221.74	220.47	1.27	10.0%	13.7%	28	Importante (4)
MARE01	821 462	6 328 504	10/01/2023	~5	-	209.214	1065	~2000	135	1.17	FAIBLE	209.95	?	?	43.3%	47.2%	9	-
VICTOU08	820 477	6 328 782	10/01/2023	1.3	1.7	222.96	135	70	54	1.31	FAIBLE	224.13	221.52	2.61	29.9%	30.4%	12	Moyenne (3)
VICTOU16	820 191	6 328 908	10/01/2023	0.48	-	226.756	16.6	3.2	22	1.52	MOYEN	226.9	226.276	0.624	18.4%	22.1%	5	-

REFERENCES MARES				GEOLOGIE / PEDOLOGIE				CONDITIONS D'ALIMENTATION				
Nom MARE	X (RGF93)	Y (RGF93)	Date investigations	Texture sol dans la mare		pH sol	Epaisseur horizon organique (vase, ...) (cm)	Surface BV (ha)	Occupation du sol principale du BV	Type d'alimentation principale	Type d'alimentation secondaire	Tendance à l'assez (CEN)
				Début de profil (0 - 50cm)	Fin de profil (50 - >100cm)							
ETG_LACA	823 317	6 328 318	11/01/2023	Argileuse	Argileuse	6,5 - 8	-	13 358	Divers	Apport par ruissellement	Nappe des alluvions limoneuses quaternaires	Jamais (0)
LACA10	822 296	6 327 973	12/01/2023	Argilo-sableuse	Sableuse	6.5	1	0.164	Forêt	Nappe des sables et grès du Cénomanien moyen	Apport par ruissellement	Probable (1)
LACA12	822 582	6 328 254	09/01/2023	Argilo-sableuse	Argilo-sableuse	5	20	0.036	Forêt	Apport par ruissellement		Probable (1)
LACA159	820 936	6 328 713	13/01/2023	Argilo-sableuse	Argilo-sableuse	NA	5	0.066	garrigue et forêt	Nappe perchée au sein des sables et grès du Cénomanien inférieur	Apport par ruissellement	Probable (1)
LACA160	820 775	6 328 732	10/01/2023	Argilo-sableuse	Argilo-sableuse	7	2	0.183	garrigue et forêt	Nappe perchée au sein des sables et grès du Cénomanien inférieur	Apport par ruissellement	Probable (1)
LACA178	823 230	6 327 483	09/01/2023	Argilo-sableuse	Argileuse	7	30	2.512	culture de fruitiers	Apport par ruissellement	Nappe des alluvions limoneuses quaternaires	-
LACA21	822 120	6 328 087	12/01/2023	Argileuse	Argilo-sableuse	6.5	10	0.179	Forêt	Nappe des sables et grès du Cénomanien moyen	Apport par ruissellement	Probable (1)
LACA23	822 125	6 328 165	12/01/2023	Argilo-sableuse	Argilo-sableuse	7	1	0.655	Forêt	Apport par ruissellement	Nappe des sables et grès du Cénomanien moyen	Connu (2)
LACA47	821 787	6 328 392	12/01/2023	Argileuse	Argileuse	5.5	10	1.282	Forêt	Apport par ruissellement	Nappe des sables et grès du Cénomanien moyen	Probable (1)
LACA55	821 768	6 328 290	12/01/2023	Argilo-sableuse	Argilo-sableuse	4	5	0.054	Forêt	Apport par ruissellement	Nappe des sables et grès du Cénomanien moyen	Probable (1)
LACA59	821 398	6 328 312	13/01/2023	Sablo-limoneuse	Sablo-limoneuse	5.5	20	1.567	Prairies et forêt	Apport par ruissellement	-	Probable (1)
LACA63	820 718	6 328 701	10/01/2023	Argileuse	Argileuse	7	60	0.567	garrigue et forêt (route en amont)	Apport par ruissellement	Surtelements dans le bassin d'alimentation en provenance de la nappe perchée au sein des sables et grès du	Connu (2)
MARE01	821 462	6 328 504	10/01/2023	Argilo-sableuse	Argilo-sableuse	7	5	2.387	Prairies	Apport par ruissellement	-	Jamais (0)
VICTOU08	820 477	6 328 782	10/01/2023	Argilo-sableuse	Argileuse	5.5	17	0.270	Forêt (route en amont)	Apport par ruissellement	Nappe perchée au sein des sables et grès du Cénomanien inférieur	Jamais (0)
VICTOU16	820 191	6 328 908	10/01/2023	Argilo-sableuse	Argileuse	6.5	5	0.136	Forêt	Apport par ruissellement	Nappe perchée au sein des sables et grès du Cénomanien inférieur	-

Action A8 – Etude hydrologique de mares temporaires méditerranéennes
MICA Environnement et PERMALAB pour le CEN Occitanie – Octobre 2023

REFERENCES MARES				QUALITE DE L'EAU												ETAT DE LA MARE	
Nom MARE	X (RGF93)	Y (RGF93)	Date investigations	Mesures in situ (09 au 13 janvier 2023)					Mesures in situ (29 au 31 mars 2023)					Turbidité (CEN)	Niveau trophique (fin mars 2023, paramètre phosphore)	Niveau d'atterrissement	
				Conductivité (µS/cm)	pH	Temp (°C)	Pot. REDOX (mV)	Turbidité disque de Secchi (m)	Conductivité (µS/cm)	pH	Temp (°C)	Pot. REDOX (mV)	O2 dissous (% saturation)				Turbidité disque de Secchi (m)
ETG_LACA	823 317	6 328 318	11/01/2023	529	7.66	8.91	152.1	-	481	8.22	12.96	152	89.4	>0.85	-	MESOTROPHE A EUTROPHE	Avancé
LACA10	822 296	6 327 973	12/01/2023	265	7.09	7.37	153.1	0.18	333	7.24	8.48	116.3	26.1	0.1	4 = opaque	EUTROPHE	Moyen
LACA12	822 582	6 328 254	09/01/2023	180	6.43	8.41	113.5	>0.18	-	-	-	-	-	-	1 = transparente	-	Avancé
LACA159	820 936	6 328 713	13/01/2023	316	7.36	7.07	101.6	0.56	374	7.07	12.77	66	20	0.81	3 = trouble	MESOTROPHE	Moyen
LACA160	820 775	6 328 732	10/01/2023	182	6.59	7.07	130.6	>0.4	252	7.37	13.34	118.5	45.9	>0.3	1 = transparente	OLIGOTROPHE	Faible
LACA178	823 230	6 327 483	09/01/2023	500	7.16	7.04	196.8	0.42	502	7.35	10.16	183.3	68.4	>0.55	-	MESOTROPHE	Moyen à avancé
LACA21	822 120	6 328 087	12/01/2023	245	7.08	7.38	104	0.5	271	8.06	16.86	166.9	151.7	>0.6	1 = transparente	OLIGOTROPHE A MESOTROPHE	Moyen
LACA23	822 125	6 328 165	12/01/2023	195	6.73	6.2	57.3	0.38	225	6.98	13.59	141.9	66	0.41	2 = claire	EUTROPHE A HYPEREUTROPHE	Moyen
LACA47	821 787	6 328 392	12/01/2023	128	7.22	6.08	145	0.15	150	6.46	11.83	210.7	13.1	0.17	3 = trouble	MESOTROPHE	Moyen
LACA55	821 768	6 328 290	12/01/2023	133	6.51	6.7	71.1	0.16	174	6.38	9.45	99.7	10.6	0.17	2 = claire	EUTROPHE	Moyen
LACA59	821 398	6 328 312	13/01/2023	117	6.92	8.18	60.7	0.14	-	-	-	-	-	-	4 = opaque	-	Moyen
LACA63	820 718	6 328 701	10/01/2023	251	6.87	5.64	141.4	0.56	227	7.04	14.07	22.9	32.9	0.69	2 = claire	OLIGOTROPHE A MESOTROPHE	Avancé (avant le faucardage des phragmites réalisé en octobre 2022)
MARE01	821 462	6 328 504	10/01/2023	201	7.2	9.25	139.3	0.13	221	7.69	14.15	206.5	54.2	0.34	-	OLIGOTROPHE A MESOTROPHE	Faible
VICTOU08	820 477	6 328 782	10/01/2023	170	6.56	6.24	-13	0.5	192	7.23	12.58	92.7	67.5	0.85	2 = claire	MESOTROPHE	Faible
VICTOU16	820 191	6 328 908	10/01/2023	121	6.87	5.57	123.4	0.13	164	6.96	10.94	109.9	28.7	0.14	-	MESOTROPHE A EUTROPHE	Moyen

Tableau 11 : Synthèse des investigations de terrain

2.3 Synthèse du fonctionnement hydrologique des pièces d'eau

2.3.1 Caractéristiques principales des pièces d'eau

2.3.1.1 Etang de la Capelle

L'étang de la Capelle s'est formé dans une dépression topographique drainant un bassin versant de 13,3 km². Ce bassin versant est donc endoréique : il ne présente pas d'exutoire superficiel. Les eaux de ce bassin versant s'accumulent donc en fond de la dépression dont la lithologie argilo-limoneuse associée à des alluvions fluviatiles quaternaires constitue un milieu peu perméable et qui retient l'eau en surface. L'étang présente ainsi une superficie en eau d'environ 2 ha à la cote 175.8 m NGF.

Dans le détail, les formations des alluvions quaternaires limoneuses, sont baignées au niveau de l'étang par une nappe superficielle de faible épaisseur (inférieure à 10m) globalement peu perméable. Les faciès argileux sont prédominants et forment la base de la formation (jusqu'à 7 m). Ce sont elles qui imperméabilisent, entre autres, la base de l'étang de la Capelle et des gours creusés lors de son aménagement.

Ces argiles favorisent donc une indépendance hydraulique avec l'aquifère sous-jacent des sables et grès du Cénomaniens moyen et assurent donc l'étanchéité de l'étang. Une couche d'argile noire au sommet des formations Crétacé sous-jacente semble également favoriser l'étanchéité de l'étang. Celle-ci ne semble cependant pas continue, elle se développe essentiellement dans la partie au Sud-Ouest de l'étang. Des niveaux sablo-argileux ou limoneux à cailloutis sont observés au sein des alluvions fluviatiles, permettant le développement de niveaux de nappe plus perméables. Cette nappe est en relation directe avec l'étang, les niveaux de ce dernier étant bien corrélés avec ceux observés sur la nappe.

L'hydrochimie de l'étang montre un faciès bicarbonaté à sulfaté calcique, ce qui semble associé aux caractéristiques des alluvions quaternaires susceptibles d'apporter des ions sulfates. Les conductivités mesurées sur l'étang sont proches de celles mesurées sur la nappe des alluvions quaternaires bien que légèrement inférieures (effet de dilution par les eaux superficielles au niveau de l'étang).

La piézométrie de la nappe des alluvions quaternaires montre globalement un drainage vers le fond de l'étang. Les coteaux gréseux au Nord semblent alimenter la nappe ainsi que les formations sablo-gréseuses du Cénomaniens moyen au Sud-Ouest. Une connexion locale entre l'aquifère des sables et grès du Cénomaniens moyen avec la nappe des alluvions quaternaires et donc avec l'étang n'est pas à exclure, les niveaux piézométriques des deux nappes étant très proches dans ce secteur, notamment à l'étiage. L'inversion de charge localisée créée par les pompages sur le forage AEP F1 pourraient notamment à l'étiage favoriser le rabattement de la nappe de l'étang vers le forage.

Cette connexion pourrait être favorisée par une couche d'argile noire localement absente ou à son creusement lors de la réalisation de la pêcherie de l'étang.

Ceci pourrait donc avoir des implications sur la disponibilité en eau de l'étang qui parallèlement reçoit de moins en moins d'eaux superficielles suite aux sécheresses des dernières années.

Une incidence sur la qualité des eaux du forage F1 serait également possible si les deux nappes présentent une connexion, en favorisant l'apport d'eaux superficielles vers le forage, ce qui pourrait augmenter sa vulnérabilité à d'éventuelles pollutions.

Etant donné les enjeux, il semble donc important de disposer d'éléments complémentaires pour pouvoir affirmer ou infirmer cette hypothèse.

Il est également important de rappeler que l'envahissement croissant par la végétation (phragmites notamment) de l'étang tend à augmenter son atterrissement, favorisé par ailleurs par la baisse des apports en eau. **Une réflexion quant à la gestion de cette végétation (pâturage, faucardage, ...) semble donc également de première importance pour éviter le comblement de l'Etang.**

2.3.1.2 Réseau de mares du plateau

Le plateau qui surplombe l'étang est jalonné par un important réseau de mares, dont l'origine est associée aux extractions d'argiles et sables et autres matériaux des formations cénomaniennes qui constituent le cœur du synclinal de la Capelle. Les mares se sont donc formées par accumulation d'eau au sein de dépressions résiduelles issues de l'extraction des matériaux.

Les mares présentent des caractéristiques géométriques très variées (de quelques m² à 8000 m², profondeur de 15 cm à 5 m). La majorité d'entre elles se situent en contexte boisé, mais certaines sont également dominées par un contexte agricole (partie centrale du plateau, en zone de prairie pâturée et en partie Est, zone d'arboriculture et de viticulture). Ces contextes variés expliquent la diversité des mares et de leurs typologies, qui constituent l'un des points forts de ce réseau de mares.

On notera toutefois la présence de l'Ecrevisse de Louisiane recensée sur la partie centrale du plateau, sur une dizaine de mares et de petits étangs. La présence de l'Ecrevisse de Louisiane est un frein important au maintien et à l'expansion des populations de tritons crêtés sur la zone NATURA 2000 et d'amphibiens en général. On constate d'ailleurs l'absence du Triton crêté sur l'ensemble des mares de la partie centrale du plateau où est justement présente l'écrevisse. Ceci a pour conséquence la séparation de la métapopulation de Triton crêté en 2 entités distinctes :

- d'une part le secteur Ouest, en limite des communes de Saint-Victor-des-Oules et de La Capelle-et-Masmolène.
- d'autre part, le secteur Est, à partir de la mare LACA47 jusqu'à l'Etang de la Capelle.

2.3.2 Conditions d'alimentation des mares

Les mares recensées par le CEN sont majoritairement localisées sur la partie argileuse du plateau, au sein des argiles du Cénomaniens moyen. Ces mares résultent donc d'une accumulation dans les dépressions qui reçoivent soit les eaux d'un bassin versant amont de taille généralement réduite (souvent inférieur à 1 ha), soit presque uniquement les eaux pluviales qui s'accumulent dans la dépression. La faible perméabilité des argiles favorise le maintien de l'eau dans les dépressions, les pertes par infiltration étant très faibles, **l'assèchement des mares est alors principalement associé au phénomène d'évaporation.** Les mares situées sur la bande d'affleurement des argiles du Cénomaniens moyen sont concernées par ce mode d'alimentation.

Dans le secteur Ouest du plateau, l'affleurement des grès et sables du Cénomaniens inférieur en partie sommitale du plateau, la présence d'une faille décrochante

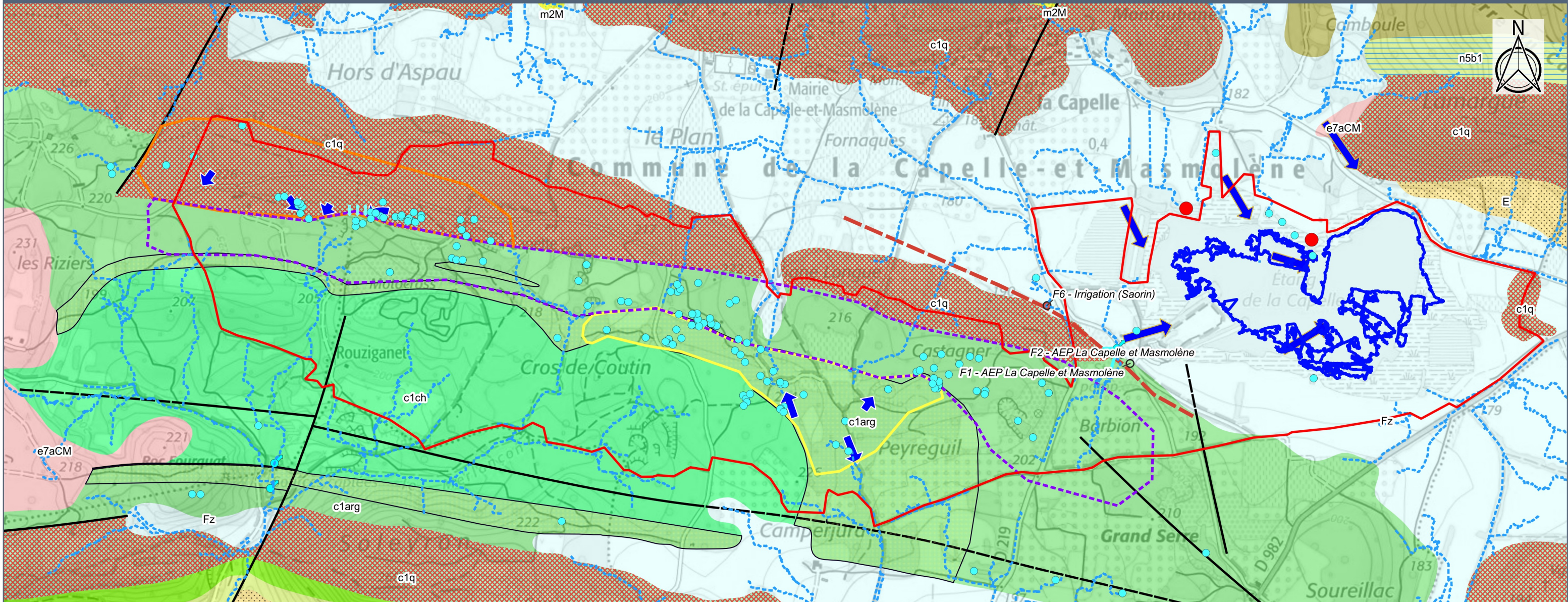
d'orientation Nord-Est Sud-Ouest et la proximité du contact avec les argiles du Cénomaniens moyen qui affleurent au Sud, semble créer les conditions favorables à la présence d'une nappe à faible profondeur. **La plupart des mares de ce secteur semblent en contact avec la nappe pour peu qu'elles présentent une profondeur significative** par rapport au terrain naturel. En effet, certaines mares dans ce secteur ont été observées en période de hautes eaux (décembre 2022 et janvier 2023) et avaient disparues en mars 2023, ce qui laisse supposer des formations géologiques perméables et le maintien de l'eau dans les mares uniquement lorsque le fond de la mare est situé sous le niveau de la nappe. La nappe étant relativement perméable, ces fluctuations en hautes eaux semblent assez rapides.

Enfin, dans la partie Est du plateau, les grès et sables du Cénomaniens moyen affleurent de façon importante, positionnés stratigraphiquement au-dessus des argiles du Cénomaniens moyen. Ces formations présentent généralement une forte perméabilité et sont le siège d'une nappe superficielle dans ces horizons sableux qui présente une relative continuité dans ce secteur. **Les mares présentant une profondeur suffisante par rapport au terrain naturel (généralement supérieure à 2-3 m) recoupent la nappe.** C'est notamment le cas de la mare LACA10 et de la vaste mare au niveau d'une ancienne carrière de sable (250 m au Nord-Est de LACA10).

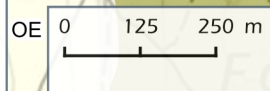
On notera le cas un peu particulier de mares en contexte argileux mais en aval immédiat du contact avec les grès et sables du Cénomaniens inférieur, dans le secteur Ouest du plateau. En effet, des suintements ont été observés au sein des sables et grès juste en amont du contact avec les argiles. En hautes eaux uniquement (suintements temporaires), **ces suintements s'écoulent ensuite vers le Sud et alimentent les mares situées dans les argiles.** La mare LACA63 est notamment concernée par ce contexte.

Carte 17 : Synthèse du mode d'alimentation des mares du plateau et de l'Étang de la Capelle

Échelle
1:12 500



<p>ZONE D'ETUDE</p> <p>Zone Natura 2000</p> <p>ÉCOLOGIE</p> <p>Recensement mares CEN</p> <p>HYDROLOGIE</p> <p>Talwegs principaux</p> <p>HYDROGÉOLOGIE</p> <p>Suintements déc 2022</p> <p>Secteur à dominante argileuse peu perméable</p> <p>Secteurs influencé par la nappe superficielle</p> <p>Grès et sables du Cénomanien inférieur</p> <p>Grès et sables du Cénomanien moyen</p> <p>Sens d'écoulement supposé de la nappe superficielle</p> <p>Pompage nappe étang</p> <p>Sources</p> <p>Tranchées drainantes source Barbion</p>	<p>BERGASUD</p> <p>Forages d'eau</p> <p>c1arg</p> <p>c1q</p> <p>Sens écoulement nappe alluvions quaternaires oct 1996</p> <p>GÉOLOGIE</p> <p>Faïlle supposée sous couverture</p> <p>Interprétation dominance grès-argiles Cénomanien moyen</p> <p>Grès</p> <p>BRGM</p> <p>Structures géologiques</p> <p>1, Faïlle observée, visible, de nature non distinguée</p> <p>2, Faïlle supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée</p>	<p>Lithologie BRGM 50000 revue</p> <p>OE, Loess in situ (Quaternaire : Würm tardif p.p.) - 37</p> <p>E, Eboulis de pierrailles actuels à récents (Quaternaire récent) - 46</p> <p>Fz, Alluvions récentes à actuelles de basses à très basses terrasses - 64</p> <p>Fy, Alluvions anciennes de moyennes et basses terrasses (Pléistocène sup., Würm ?) - 68</p> <p>m2M, "Marnes sableuses ("Marnes de Caumont") (Burdigalien)" - 94</p> <p>e7aCM, "Calcaires et marnes ("Calcaire de Monteils") (Priabonien inf.)" - 129</p> <p>c1ch, Calcaires argileux et cherts à Exogyra Columba (Cénomanien) - 166</p> <p>c1arg, Sables, grès et argiles (Cénomanien) - 169</p> <p>c1q, "Grès quartzites, "grès rouges" (Cénomanien, inférieur ?) - 172</p> <p>n6t, sables, grès (calcaires), marnes, poudingues (Albien terminal) - 173</p> <p>n5b2, "Calcaires gréseux à Discoïdes (Aptien sup. = "Gargasien")" - 175</p> <p>n5b1, Marnes, marnes à Belemnites (Aptien, Aprien sup.) - 176</p> <p>n4-5U, "Calcaires à faciès "urgonien" - 178</p>
--	---	--



2.3.3 Bilan hydrique de l'étang et des mares investiguées

Les termes du bilan hydrique des mares sont synthétisés sur la figure ci-dessous :

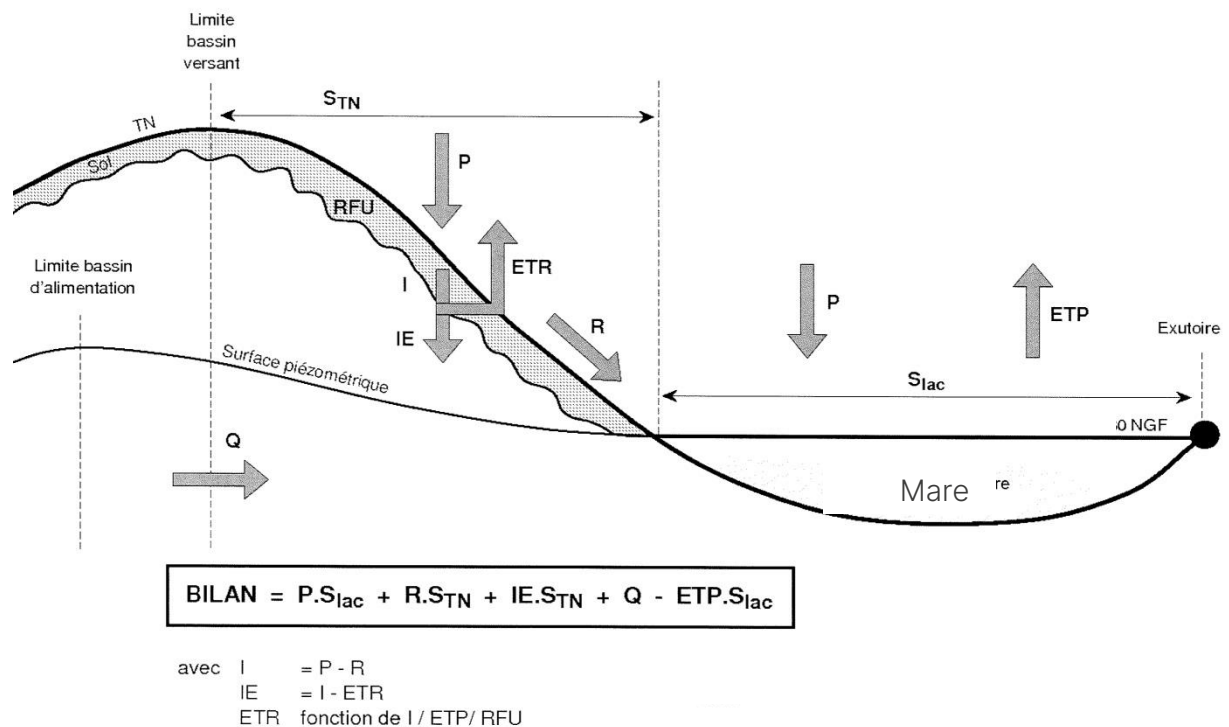


Figure 16 : Schéma de principe du bilan hydrique des pièces d'eau

Les bilans hydrologiques des mares ont été menés uniquement sur les 3 mares du plateau ayant été instrumentées entre décembre 2022 et juin 2023 (VICTOU08, LACA63 et LACA47). En effet, ces données ont permis de réaliser un calage à partir du modèle hydrologique SWMM (Storm Water Management Model) développé par l'US EPA (Agence Environnementale Américaine). Ce logiciel permet de réaliser des simulations événementielles (détermination des hydrogrammes de crues au pas horaire ou infra-horaire) et également des simulations longues durées (simulation sur des périodes longues au pas de temps journalier). C'est cette dernière méthodologie qui a été utilisée pour réaliser le bilan hydrologique des mares.

Par ailleurs, disposant d'un suivi des niveaux d'eau (mesures à pas de temps aléatoires mais en moyenne tous les 15 jours) en plusieurs points de l'Etang de la Capelle, entre septembre 2015 et juillet 2022, le bilan hydrologique de l'Etang de la Capelle a été mené avec tentative de calage des données sur la période de mesure.

La même méthodologie que pour les 3 mares du plateau a été mise en œuvre (utilisation du modèle SWMM en simulation longue durée au pas de temps journalier).

Pour les autres mares investiguées, étant donné l'absence de données de calage, les bilans n'ont pas été réalisés. Une transposition par rapport aux mares mesurées est possible mais sujette à des incertitudes notables. Toutefois, chacune des 3 mares étant dans un contexte hydrogéologique différent, des conclusions sur le fonctionnement des mares du plateau par rapport à leur type d'alimentation sera discuté.

La méthode consiste dans un premier temps à caler le modèle à partir de la période d'observation des niveaux d'eau des mares puis de réaliser des simulations sur une chronique météorologique des années passées (2010 à 2023), soit 13 années consécutives.

2.3.3.1 Données d'entrée du modèle

Données météorologiques

Les données météorologiques en entrée du modèle sont la pluviométrie et l'évapotranspiration potentielle calculée à partir de la formule de Penman Montheit au pas de temps journalier.

Les données sont issues des sources suivantes :

- **Pluviométrie :**
 - de septembre 2014 à décembre 2020 : données disponibles issues du pluviomètre situé à la mairie de La Capelle-et-Masmolène, fournies par la mairie de la Capelle,
 - de juin 2010 à septembre 2014 et de janvier 2021 à juin 2023 : en l'absence de données au poste de la Capelle, la station METEO France la plus proche de la zone d'étude a été utilisée. Elle se situe dans le village de Cavillargues à environ 8 Km au Nord de la zone d'étude. La station se trouve à une altitude de 130 m NGF, soit à une altitude inférieure à celle de la zone NATURA 2000 de la Capelle (175 à 230 m NGF). Les données de cette station ont été acquises auprès de METEO France,
- **Evapotranspiration potentielle (ETP) :** juin 2010 à juin 2023 : données acquises auprès de METEO France au point de grille le plus proche de la zone d'étude. Ces données correspondent à une interpolation par rapport aux mesures des stations de mesure METEO France réalisée à l'aide d'un modèle climatologique.

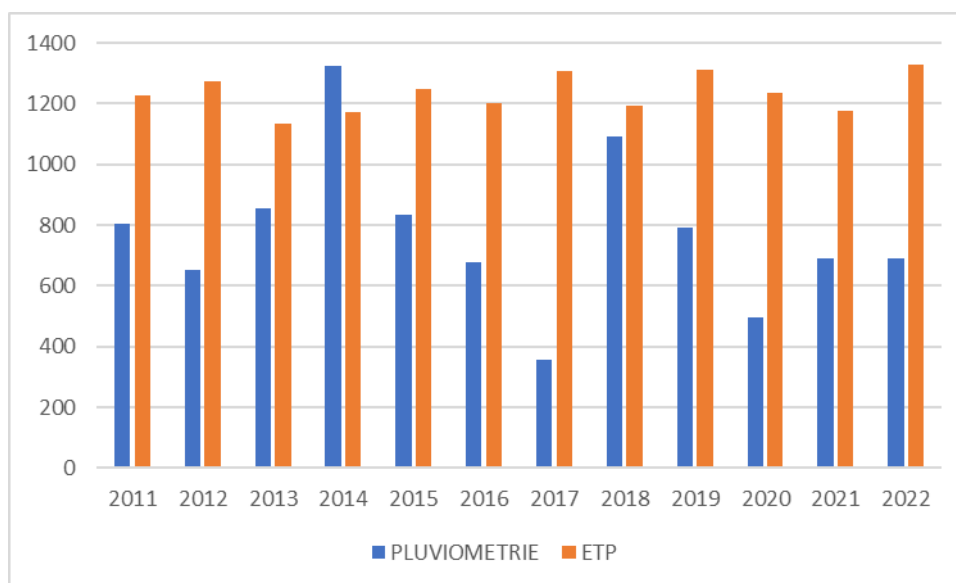


Figure 17 : Pluviométrie et ETP des années complètes considérées en entrée du modèle

Données de débits entrants et sortants pour l'Etang de la Capelle

Autour de l'Etang de la Capelle, les sources et prélèvements suivants ont été intégrés au modèle afin d'entrer dans le bilan hydrique. Ces débits ont été estimés au pas de temps mensuel et considérés identiques sur toutes les années.

MOIS	Q STEP La Capelle (m3/mois)	Q STEP Pouzilhac (m3/mois)	Q source Barbion (m3/mois)	Pompage trous d'eau (m3/mois)
JANVIER	1829	1829	372	0
FEVRIER	1829	1829	339	0
MARS	1829	1829	372	0
AVRIL	1829	1829	360	-10000
MAI	3840	3840	372	-10000
JUIN	3840	3840	360	-10000
JUILLET	3840	3840	372	-10000
AOÛT	3840	3840	372	-10000
SEPTEMBRE	3840	3840	360	-10000
OCTOBRE	1829	1829	372	0
NOVEMBRE	1829	1829	360	0
DÉCEMBRE	1829	1829	372	0

Tableau 12 : Bilan des débits entrant et sortants de l'étang en moyenne mensuelle

Les rejets des STEP (STation d'EPuration) des communes de la Capelle-et-Masmolène et de Pouzilhac sont drainés vers l'Etang de la Capelle. Les débits en jeu ont donc été intégrés au bilan.

Les données de rejet de la STEP de la Capelle-et-Masmolène ont été fournies par la mairie avec une variation entre les mois de mai à septembre (période touristique) par rapport aux autres mois de l'année. Concernant la STEP de Pouzilhac, les débits de rejet ne nous étant pas connus, ils ont été considérés équivalents à ceux de la Capelle.

Les débits de la source de Barbion ont été considérés constants dans l'année et équivalents à la mesure réalisée en janvier 2023.

Les pompages sur les trous d'eau (x2 au Nord de l'Etang) ne nous ont pas été communiqués. Ils ont été évalués de façon arbitraire en fonction des périodes d'irrigation supposées d'avril à septembre avec une valeur constante mensuelle.

Toutes ces valeurs sont très hypothétiques, néanmoins, au regard des volumes mis en jeu par l'apport des eaux pluviales à l'échelle du bassin versant et par évaporation au niveau de l'étang et échange avec la nappe ces volumes ont peu d'impacts sur le résultat des bilans.

2.3.3.2 Calage du modèle

La méthode de calcul du ruissellement et de l'infiltration est basée sur la méthode du SCS (Soil Conservation Service), développée par le NRCS (Natural Resources Conservation Service) du département de l'agriculture des Etats-Unis.

Cette méthode permet d'estimer les volumes de ruissellement associés à une pluie de projet pour un bassin-versant à partir de la hauteur de pluie et de certaines

caractéristiques physiographiques du bassin versant. Elle permet de définir des hydrogrammes de crue de bassins versants non jaugés.

Elle a été développée à partir de mesures réalisées sur des petits bassins versants agricoles aux Etats-Unis et met en jeu un paramètre empirique qui caractérise le potentiel de ruissellement d'un sol : le Curve Number (CN). Ce dernier est défini à partir du type de sol, de sa perméabilité et de l'occupation des sols. Un abaque est fourni par le NRCS pour sa détermination.

Cette méthode est plutôt adaptée à des calculs de débit de crue, toutefois, elle peut être adaptée à des simulations longue durée idéalement en disposant de mesures pour calibrer le coefficient (CN) pour des mesures au pas de temps journalier.

Le modèle nécessite le calage de plusieurs paramètres et notamment ceux listés dans le tableau suivant :

Type de paramètre	Paramètre	Unité	VICTOU08	LACA63	LACA47	ETANG LA CAPELLE
Principaux paramètres contrôlant le ruissellement et l'infiltration à l'échelle du bassin versant	Surface du bassin versant	ha	0.270333	0.566638	1.282276	1316
	CN (Curve Number)	-	58	60	59	69
	Largeur moyenne du bassin versant	m	25	35	150	1500
	Pente moyenne du bassin versant	%	22.1	17.8	20.5	8.2
	Coefficients de Manning moyen du bassin versant	-	0.9	0.2	0.1	0.2
	Interception initiale par les dépressions du bassin versant	mm	0.5	3	1	3
Principaux paramètres contrôlant le comportement de la pièce d'eau	Géométrie (loi hauteur d'eau-surface et hauteur d'eau-volume, issues des mesures topographiques de terrain couplées au relevé LIDAR HD)	m	-	-	-	-
	Facteur d'évaporation (facteur appliqué sur les mesures de l'ETP pour définir l'évaporation sur le plan d'eau)	-	1	1	1	1.3
	Perméabilité du fond de la pièce d'eau autorisant ou non la perte par infiltration et/ou les échanges avec la nappe superficielle	mm/h	0.4	0.025	0.17	0.5
Principaux paramètres contrôlant le comportement de la nappe superficielle si présente	Perméabilité de la nappe	mm/h	120	-	43	1
	Point de flétrissement	-	0.15	-	0.15	0.15
	Capacité au champ	-	0.3	-	0.3	0.17
	Fraction de la zone non saturée soumise à évaporation	-	0.415	-	0.43	0.6

Tableau 13 : Valeurs des principaux paramètres de calage du modèle pour les différentes pièces d'eau

Les mares VICTOU08 et LACA47 et l'Etang de la Capelle n'ont pas permis un calage satisfaisant des niveaux d'eau sans faire intervenir une nappe en lien avec la pièce d'eau. En revanche, pour la mare LACA63, le calage a été très satisfaisant en considérant

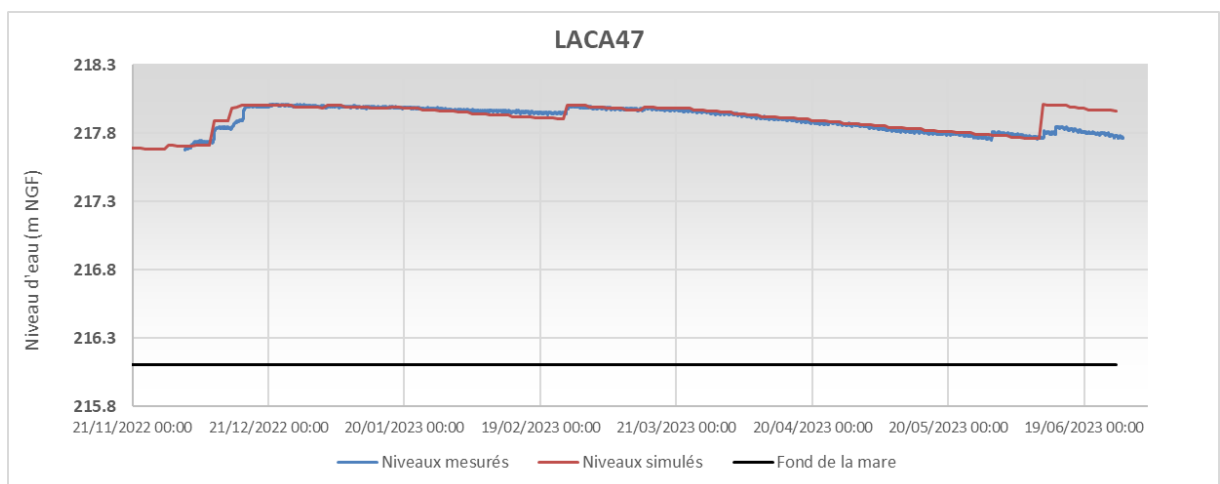
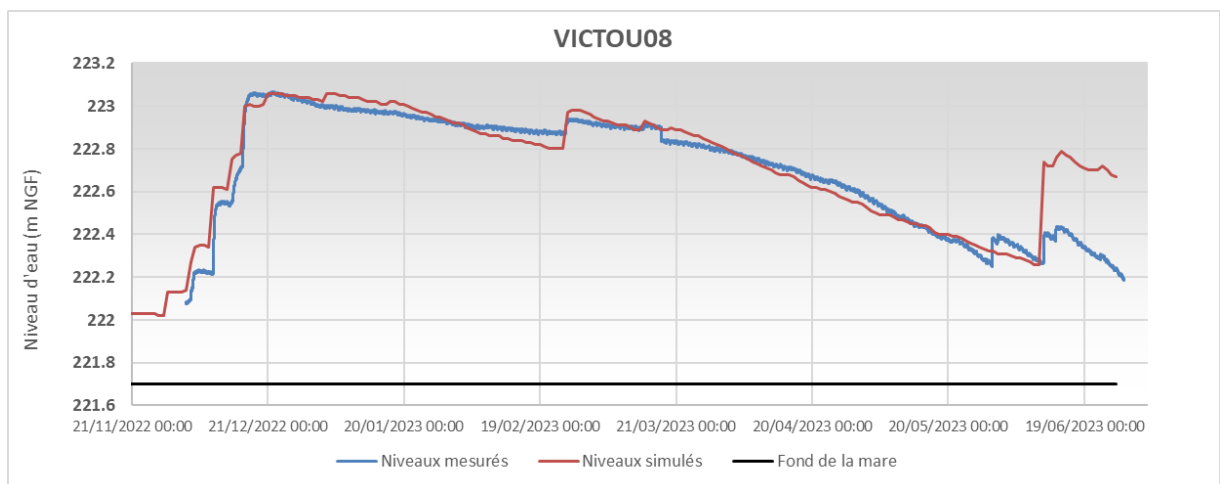
l'absence d'interaction entre la mare et la nappe. C'est pourquoi, aucune valeur n'est donnée dans les paramètres liés à la nappe pour cette mare.

Ceci est cohérent avec les observations hydrogéologiques du secteur, la mare LACA63 étant située sur des terrains argileux peu perméables alors que les mares VICTOU08 (contexte sablo-gréseux) et LACA47 (interface entre sables et grès et les argiles) présentaient donc potentiellement une relation avec une nappe superficielle. L'Etang de la Capelle est quant à lui clairement en lien avec la nappe des alluvions quaternaires limoneuses.

Mares du plateau

Le modèle a été calé à partir des données des sondes de mesure de niveaux d'eau mises en place sur les mares VICTOU08, LACA63 et LACA47 entre le 2 décembre 2012 et le 26 juin 2023 (environ 6 mois d'observation).

Les graphiques résultants de l'optimum du calage des données des mares du plateau sont donnés ci-dessous pour chacune des trois mares.



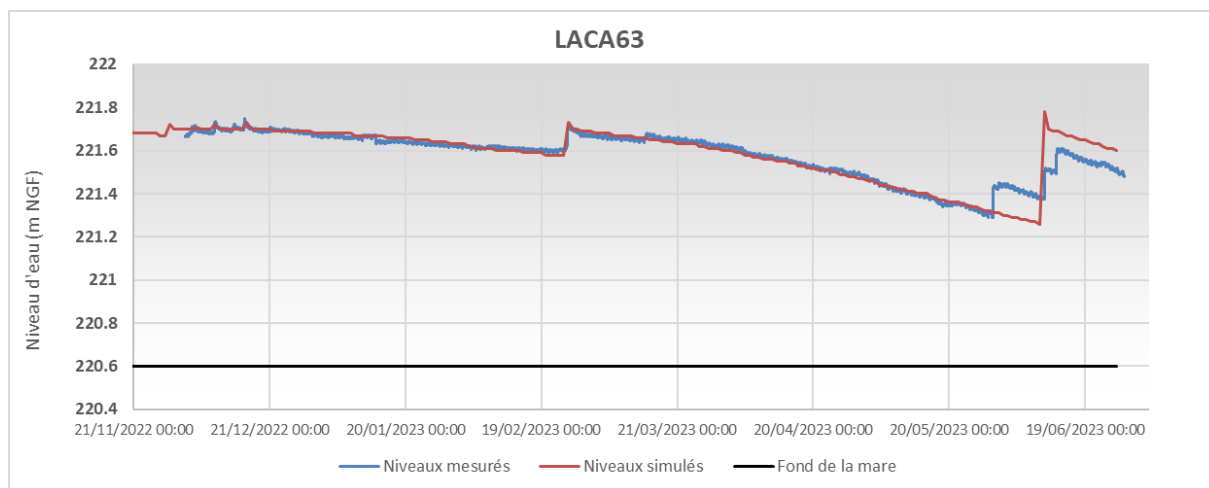


Figure 18 : Graphiques du calage du modèle sur les 3 mares du plateau

Les graphiques pour les 3 mares montrent une bonne corrélation entre les niveaux mesurés et les niveaux simulés par le modèle. On notera toutefois un important écart entre les mesures et les résultats des simulations à partir de début juin. En effet, le modèle surestime largement la montée des niveaux d'eau suite aux orages du mois de juin. Il est probable que pour ces phénomènes orageux, par essence très localisés, les cumuls à Cavillargues ont été nettement supérieurs à ceux survenus sur la Capelle-et-Masmolène.

Le modèle simule cependant bien la montée des niveaux d'eau en fin d'automne et les périodes de récession durant l'hiver et le printemps.

Afin d'évaluer la validité du calage, il a été procédé au calcul des indicateurs suivants :

- Somme des moindres carrés,
- Coefficient de détermination (R^2).

Les indicateurs ont été calculés sur la période du 02 décembre 2022 au 31 mai 2023, afin d'exclure le mois de juin pour lequel les données pluviométriques ne semblent pas représentative des conditions climatiques étant survenues à la Capelle.

Indicateur de calage	VICTOU08	LACA63	LACA47
Somme des moindres carrés	0.389	0.065	0.089
Coefficient de détermination R^2	0.963	0.970	0.924

Tableau 14 : Résultats des indicateurs de validité du calage du modèle

On constate des valeurs des moindres carrés faibles et inférieures à 0.4 et des coefficients de détermination supérieur à 0.9. Ceci traduit un calage très satisfaisant pour les 3 mares. Les mares VICTOU08 et LACA47 montrent toutefois un moins bon calage que la mare LACA63, pour laquelle l'absence de contact avec une nappe simplifie la conceptualisation du modèle.

Concernant la mare LACA63, le calage a été réalisé en octobre 2022 après faucardage des phragmites. Même si les phragmites ont repoussé au printemps 2023, elles étaient moins abondantes que les années précédentes, au cours desquelles elles

participaient probablement à une plus forte évaporation des eaux de la mare. Les bilans sur les années précédant l'année 2023 surestiment donc potentiellement les niveaux d'eau (voir paragraphe 2.3.3.3).

Etang de la Capelle

Le modèle a été calibré à partir des mesures réalisées sur l'échelle limnimétrique de la pêcherie de l'étang dont la cote de l'échelle a été levé au GPS différentiel lors de la mission de janvier 2023. Les niveaux d'eau lus sur l'échelle P1 (pêcherie) fournis par le CEN Occitanie ont donc pu être convertis en m NGF permettant une équivalence avec la loi hauteur surface et hauteur volume de l'étang.

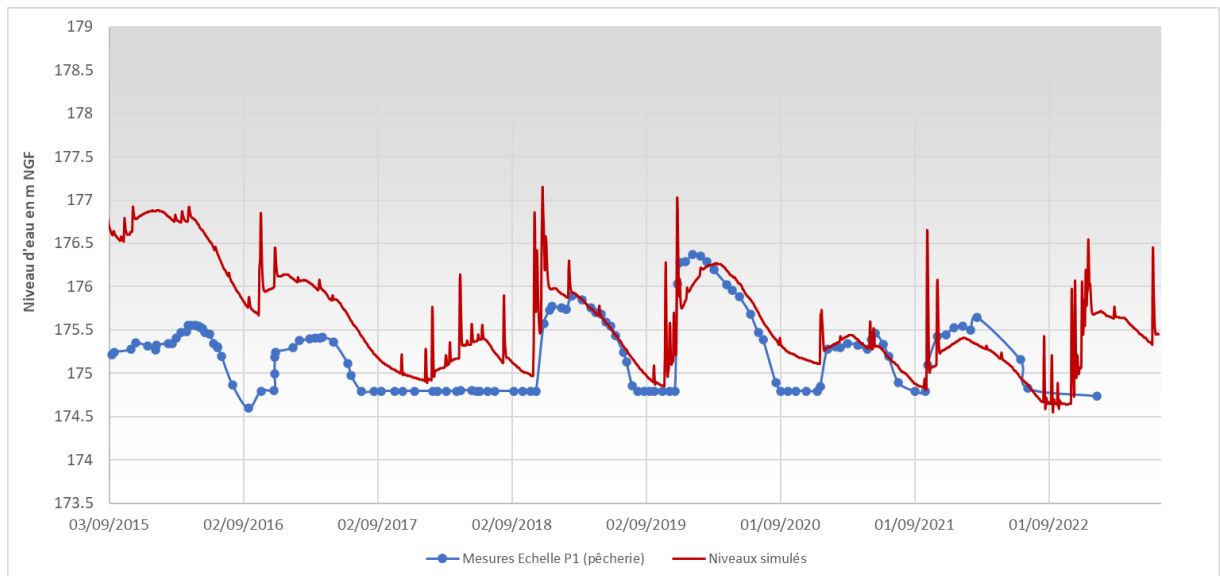


Figure 19 : Graphiques du calage du modèle sur l'Etang de la Capelle

Les indicateurs de calage donnent les valeurs suivantes :

- Somme des moindres carrés : 73
- Coefficient de détermination R^2 : 0.25

Pour l'Etang de la Capelle, le calage est donc nettement moins bon que pour les mares du plateau. Ceci peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

- La bathymétrie de l'étang n'est pas connue. Les lois hauteur surface et hauteur volume de ce dernier sont donc entachées d'une forte imprécision,
- L'occupation des sols à l'échelle du bassin versant, a probablement évolué entre 2010 et 2023,
- Les précipitations sur les postes météorologiques de la Capelle et Cavillargues ne sont probablement pas représentatives de la répartition des précipitations à l'échelle du vaste bassin versant de l'étang.

Les deux premières années présentent un mauvais calage par rapport aux niveaux observés. En revanche, à partir de l'automne 2018, le calage des niveaux est plus proche des observations. La tendance globale est à peu près conforme à ce qui a été mesuré sur l'échelle limnimétrique.

2.3.3.3 Résultats des simulations sur la chronique météorologique de 2010 à 2023

Les bilans ont été réalisés sur la période juin 2010 à juin 2023 au pas de temps journalier, à partir des modèles calés.

Mares du plateau

Pour chaque mare, il a été procédé aux calculs des périodes et durées des assecs en ôtant la première année (juin 2010 à juin 2011), considérée comme une année d'initialisation du bilan pour s'affranchir des niveaux initiaux non connus en début de simulation. Les assecs ont été considérés dès que le niveau d'eau dans la mare est inférieur à 5 cm par rapport au fond de la mare (moins de 0.5 m³ d'eau restant).

Les graphiques mettent en évidence la chronique journalière simulée sur les 13 années de données météorologiques. Une droite (pointillé rouge) met en évidence la tendance générale des niveaux d'eau.

VICTOU08 :

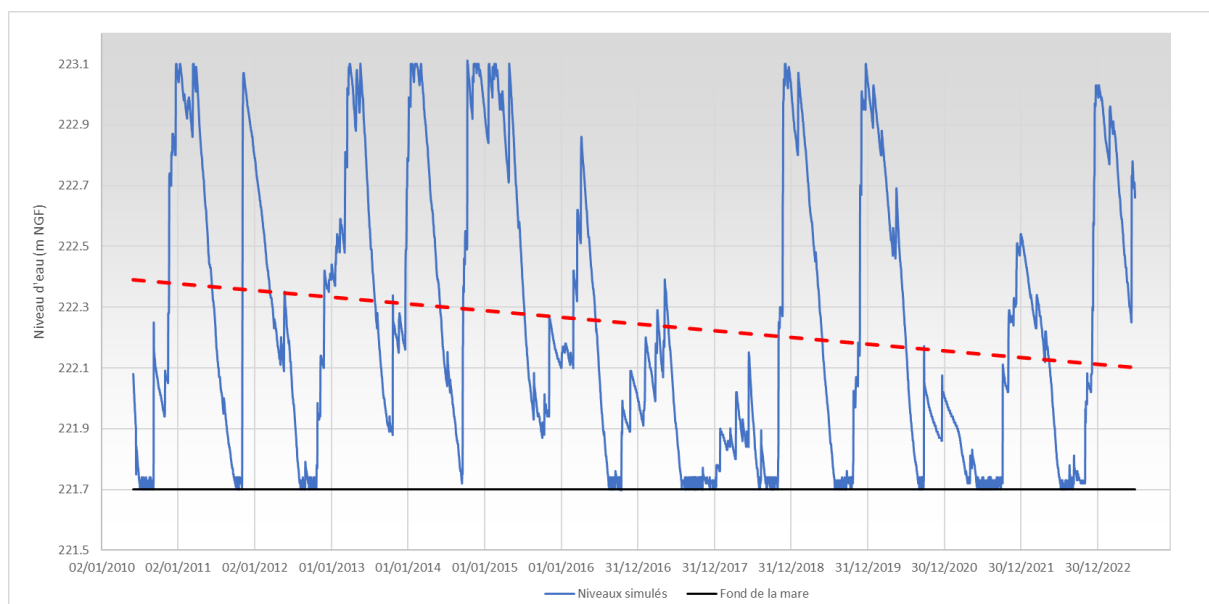


Figure 20 : Simulation de l'évolution des niveaux d'eau dans la mare VICTOU08 2010 à 2023

La mare semble pouvoir déborder en période hivernale par surverse au Sud (cote supérieure à 223.1 m NGF). Environ 5 années ont montré des débordements qui sont de courtes durées.

Les volumes de la mare suivants sont observés sur la période simulée :

- Volume minimum : 0 m³,
- Volume moyen : 19 m³,
- Volume maximum : 84 m³.

Sur les 13 années de chroniques, les apports par ruissellement au sein de la mare représentent en moyenne 16% du cumul des précipitations, soit environ 350 m³/an. Ceci représente un taux de renouvellement de 417% du volume maximal de la mare. Ce renouvellement a cependant lieu principalement en période automnale à hivernale.

L'évolution des niveaux de la mare VICTOU08 met en évidence de nombreuses périodes d'assec. En effet, même si la mare semble en lien avec une nappe superficielle, la forte perméabilité des formations sablo-gréseuses en présence tend à faire baisser les niveaux d'eau assez rapidement. En effet, la nappe semble généralement sous les niveaux moyens de la mare, en conséquence, dès que le niveau de la nappe descend sous le niveau du fond de la mare cette dernière s'assèche. La mare a donc plutôt tendance à être drainée par la nappe par percolation en période sèche et alimentée par la nappe en période de recharge.

Selon les résultats de la simulation, on comptabilise 9 périodes d'assecs sur les années 2011 à 2023.

Début assec	Fin assec	Durée (jours)
24/09/2011	03/11/2011	40
31/07/2012	22/10/2012	83
12/09/2014	15/09/2014	3
11/08/2016	13/10/2016	63
24/07/2017	08/01/2018	168
26/07/2018	29/10/2018	95
23/07/2019	21/10/2019	90
24/08/2020	23/09/2020	30
15/04/2021	03/10/2021	171
29/06/2022	31/10/2022	124

Tableau 15 : Synthèse des assecs simulés sur la mare VICTOU08

Les assecs surviennent généralement à partir de fin juillet et fin septembre et se terminent entre mi-septembre et début novembre au moment des événements cévenols. La durée des assecs est en moyenne de 87 jours avec un minima à 3 jours et un maxima à 171 jours.

On notera deux périodes d'assecs exceptionnellement longue :

- de fin juillet 2017 à début janvier 2018 (168 jours), l'année 2017 ayant été particulièrement peu pluvieuse (355 mm),
- de mi-avril 2021 à début octobre 2021 (171 jours), la mare aurait été hors d'eau dès le début du printemps.

La tendance globale des niveaux d'eau sur cette mare montre une pente décroissante assez nette, avec une baisse généralisée des niveaux d'eau de la mare liée principalement à une baisse de la pluviométrie concomitante avec une augmentation de la demande évaporative. Ceci semble affecter durablement les niveaux de nappe et donc les niveaux de la mare.

Les deux dernières années 2021 et 2022 ont montré des assecs prolongés et apparaissant plus tôt dans l'année (avril à juin).

LACA63 :

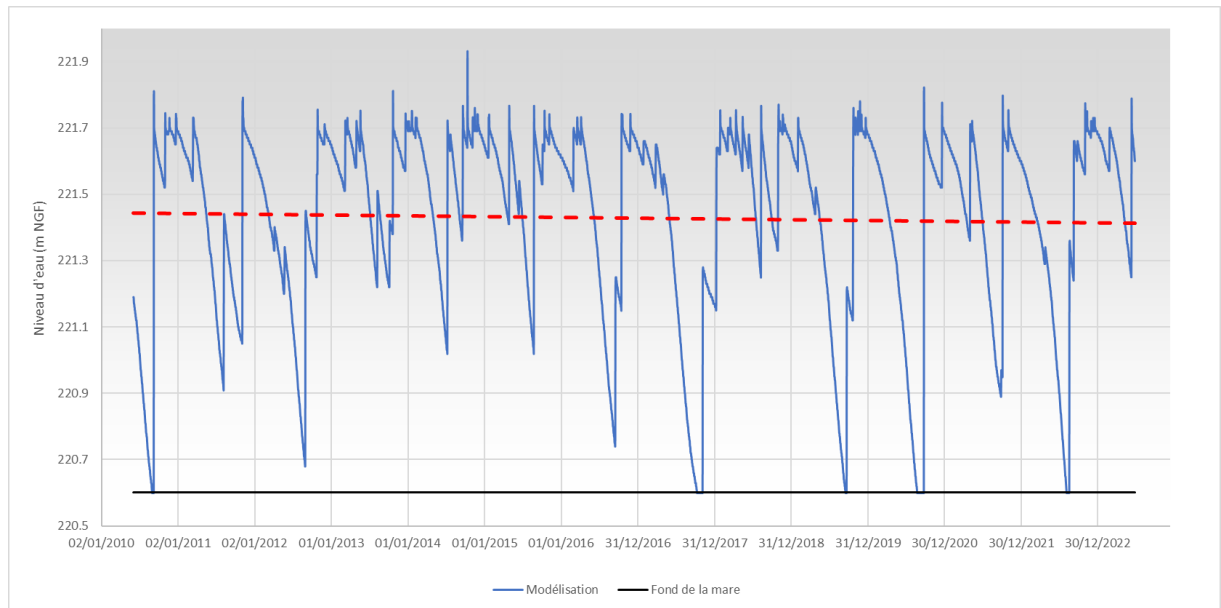


Figure 21 : Simulation de l'évolution des niveaux d'eau dans la mare LACA63 de 2010 à 2023

Les débordements par surverse au Sud de cette mare sont fréquents (cote supérieure à 221.7 m NGF).

Les volumes de la mare suivants sont observés sur la période simulée :

- Volume minimum : 0 m³,
- Volume moyen : 36 m³,
- Volume maximum : 96 m³.

Sur les 13 années de chroniques, les apports par ruissellement au sein de la mare représentent en moyenne 18% du cumul des précipitations, soit environ 785 m³/an. Ceci représente un taux de renouvellement de 817% du volume maximal de la mare. Ce renouvellement a cependant lieu principalement en période automnale à hivernale.

La mare LACA63 met en évidence de nombreuses périodes de faibles niveaux d'eau, mais uniquement 4 périodes d'assescs stricts (<5cm d'eau dans la mare).

Début assec	Fin assec	Durée (jours)
28/09/2017	04/11/2017	37
08/09/2019	21/09/2019	13
16/08/2020	23/09/2020	38
31/07/2022	17/08/2022	17

Tableau 16 : Synthèse des assescs simulés sur la mare LACA63

Les assescs surviennent à partir de fin juillet et début septembre et se terminent entre fin août et début novembre. La durée des assescs est en moyenne de 26 jours avec un minima à 13 jours et un maxima à 38 jours. Les niveaux d'eau montrent une tendance globale à la baisse mais avec une décroissance modérée.

La faible perméabilité du substratum de la mare (argiles plastiques) favorise le maintien de l'eau arrivant par ruissellement en automne hiver, les pertes en eau étant quasi uniquement liées à l'évaporation sur le miroir d'eau de la mare.

LACA47 :

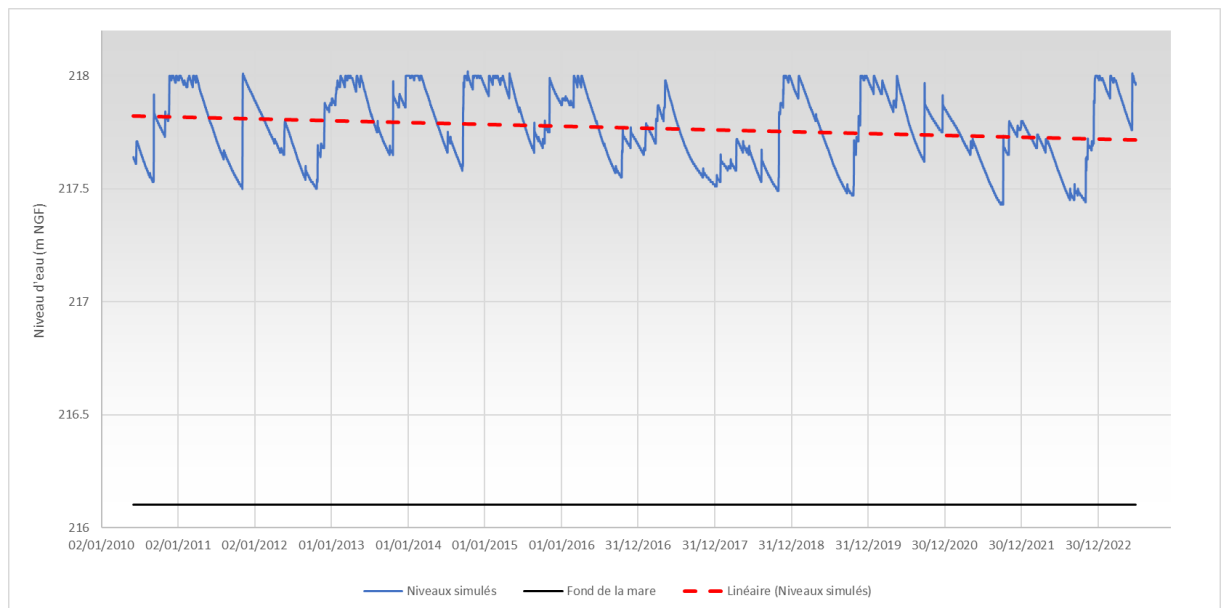


Figure 22 : Simulation de l'évolution des niveaux d'eau dans la mare LACA47 de 2010 à 2023

La mare présente des périodes de débordements en période hivernale pouvant durer plusieurs jours. En revanche, pour cette mare, aucune période d'assec n'est observée sur les simulations du bilan hydrique. Le niveau d'eau étant toujours supérieur à 1.4 m par rapport au point bas de la mare.

Les volumes de la mare suivants sont observés sur la période simulée :

- Volume minimum : 159 m³,
- Volume moyen : 330 m³,
- Volume maximum : 496 m³.

Les apports par ruissellement au sein de la mare représentent en moyenne 17% du cumul des précipitations, soit environ 1780 m³/an. Ceci représente un taux de renouvellement de 359% du volume maximal de la mare et permet d'assurer un bon renouvellement de celle-ci.

Cette mare présente des volumes nettement supérieurs aux deux autres. Par ailleurs, son bassin versant présente des dimensions plus importantes (supérieur à 1 ha). De plus, la mare semble bénéficier de l'apport d'eaux souterraines par la nappe des sables et grès du Cénomaniens inférieur, notamment en période automnale à hivernale. Toutes ces conditions favorisent donc la pérennité de la mare.

Néanmoins, la tendance d'évolution des niveaux d'eau montre une baisse généralisée avec les plus bas niveaux observés en septembre 2021 et octobre 2022.

Etang de la Capelle

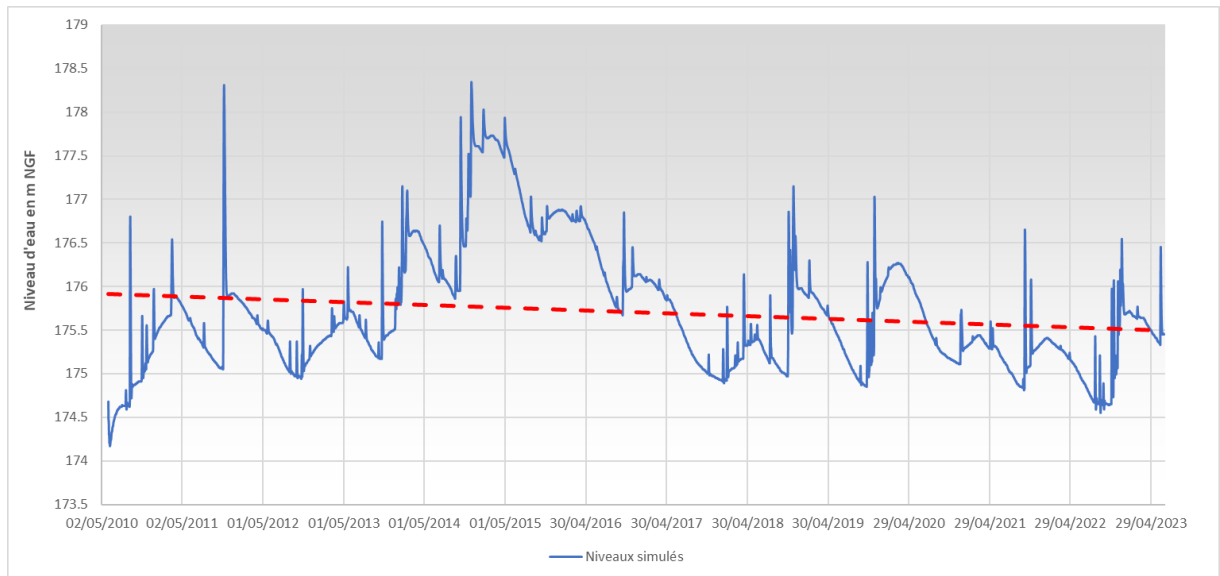


Figure 23 : Simulation de l'évolution des niveaux d'eau de l'Étang de la Capelle de 2010 à 2023

Il est à noter que l'étang ne possède pas d'exutoire, le niveau de débordement potentiel de ce dernier à l'Ouest, est situé à environ 32 m au-dessus du niveau bas de l'étang, ce niveau n'est donc jamais atteint.

Les apports par ruissellement sur le bassin versant de l'étang représentent en moyenne 22% du total des précipitations.

L'évolution des niveaux d'eau montre d'importantes montées des eaux de l'étang en 2011, 2014 et 2015. Depuis 2015, les niveaux montrent globalement une tendance à la baisse avec des montées des eaux de plus faibles amplitudes.

Les plus bas niveaux ont été observés à l'automne 2022, avec des niveaux d'environ 50 cm d'eau au-dessus du point bas de l'étang au niveau de la pêcherie. De tels niveaux ne semblaient jamais avoir été observés auparavant.

2.3.3.4 Interprétations

Mares du plateau

On constate que sur les 3 mares ayant fait l'objet d'un suivi et d'un calcul de leur bilan hydrologique, 2 sur 3 présentent un comportement de mares temporaires. C'est le cas de la plupart des mares du plateau **dont les assecs estivaux se produisent généralement entre les mois de juillet et octobre.**

Les observations faites sur ces 3 mares peuvent être étendues aux différents contextes d'alimentation des mares du plateau :

- **VICTOU08** : cette mare située dans la zone Ouest, correspond à une dépression au sein des formations sablo-gréseuses du Cénomaniens inférieur, présentant une perméabilité relativement importante. Elle est représentative des mares situées dans la zone Ouest sur le secteur d'affleurement des sables et grès. En période de hautes eaux, la nappe peut alimenter la mare en complément des eaux de ruissellement provenant du bassin versant amont. En période de basses eaux, si la mare n'est pas très profonde (cas de la mare VICTOU08), celle-ci s'assèche par

retrait du niveau de la nappe sous le fond de la mare. La perméabilité importante des terrains en place favorise donc le drainage des mares par percolation vers la nappe en période sèche. La tendance semble montrer une baisse généralisée de la nappe des sables et grès du Cénomaniens inférieur, ce qui tend à augmenter la durée des assecs estivaux et à les voir apparaître de plus en plus tôt (avril à juin). Des assecs printaniers de ces mares peuvent donc constituer une menace pour la reproduction du Triton crêté, notamment dans un contexte de dérèglement climatique augmentant les températures (*i.e.* l'évaporation) et faisant varier plus fortement les précipitations tant dans leur fréquence que leur intensité, ,

- **LACA63** : cette mare également située dans la partie Ouest du plateau se caractérise par une dépression dans un secteur argileux peu perméable, à proximité du contact avec les sables et grès du Cénomaniens inférieur. Elle semble d'ailleurs recevoir des suintements au sein de ces formations juste en amont de la mare, uniquement en période de hautes eaux. Son alimentation principale provient du ruissellement sur son bassin versant. Son tarissement se fait principalement par évaporation. La faible perméabilité des formations argileuses, limite les pertes par percolation et permet donc un certain maintien des niveaux d'eau. Toutefois, en période estivale en l'absence de précipitations notable prolongé, elle peut subir des assecs. Elle est assez caractéristique des mares du plateau creusées en contexte argileux, avec néanmoins la particularité de recevoir un apport d'eaux souterraines par suintement en période de hautes eaux en amont dans les formations sablo-gréseuses,
- **LACA47** : cette mare correspond à une dépression relativement importante (plusieurs centaines de m³) creusée au contact entre les argiles au Nord et les grès et sables du Cénomaniens moyen au Sud. Elle semble recevoir l'apport d'une nappe dans ces dernières formations qui est proche de la surface particulièrement au niveau de la zone de contact avec les argiles. Cependant, étant donné son bassin versant relativement important elle semble majoritairement alimentée par les eaux de ruissellement provenant de ce dernier. Elle est donc globalement plutôt caractéristique d'une mare en contexte argileux alimentée principalement par ruissellement.

La présence d'une nappe superficielle dont le niveau est proche de celui de la mare n'est pas nécessairement un atout pour sa pérennité. En effet, **la tendance à la baisse généralisée des niveaux d'eau ces dernières années semble également affecter les nappes et donc les mares qui y sont connectées**. Dans le cas où les mares en contexte sablo-gréseux sont peu profondes, le niveau de la nappe peut baisser assez rapidement à l'étiage et donc ne plus permettre le maintien en eau de la nappe.

Les 3 mares étudiées présentent des dimensions notables avec des volumes moyens supérieurs à 20 m³, ce qui leur permet d'être en eau la majeure partie de l'année. La mare LACA47 étant de dimensions importantes (volume moyen de l'ordre de 300 m³), elle présente une pérennité des niveaux d'eau, y compris en année sèche.

Bon nombre de mares du plateau présentent des dimensions plus modestes (quelques m³). En fonction de la taille de leur bassin versant et de leur lien ou non avec une nappe superficielle, elles peuvent connaître des assecs plus précoces et plus longs, et sont donc plus menacées par la tendance des dernières années à des périodes de sécheresse prolongées.

Etang de la Capelle

L'Etang de la Capelle semble être en contact direct avec la nappe des alluvions quaternaires limoneuses. Il n'a pas été simulé les relations potentielles avec la nappe sous-jacente des sables et grès du Cénomaniens moyen, ce qui nécessiterait l'utilisation d'un modèle hydrogéologique.

Le calage est peu satisfaisant en raison des nombreuses incertitudes se cumulant sur l'hydrologie à l'échelle du bassin versant de l'étang. Néanmoins, les simulations semblent donner une tendance conforme aux observations de terrain, notamment sur les dernières années. En effet, **les niveaux d'eau montrent globalement une dynamique à la baisse comme pour les mares du plateau**. Les niveaux de l'automne 2022 ont été drastiquement bas et mis en péril une partie de la faune piscicole du plan d'eau. Cette tendance semble en premier lieu attribuable à des sécheresses plus drastiques, notamment au cours des années 2021 et 2022.

Par ailleurs, **l'atterrissement de l'étang tend également à accélérer ce phénomène. Le fort développement de la phragmitaie peut en effet favoriser les pertes par évaporation et génère un comblement progressif de l'étang** par accumulation de matière organique.

2.3.4 Influence des paramètres biotiques et abiotiques sur la faune et la flore des mares

L'objectif de cette partie est de déterminer les facteurs biotiques et abiotiques déterminants, pouvant expliquer la dynamique des populations du Triton crêté et des Characées à l'échelle locale. Par conséquent, les données récoltées à ce jour par le CEN Occitanie et MICA Environnement (14 mares du plateau à investigations approfondies) ont fait l'objet d'un traitement statistique afin d'en dégager des corrélations significatives et *a minima*, des tendances. Ce travail permet d'identifier les facteurs limitants au développement de ces espèces et donc les orientations de gestion à préconiser pour les maintenir et les conserver.

Les analyses statistiques ont été menées à l'aide du logiciel R studio (R Core Team, 2021) avec un indice de confiance placé à 5% ($p\text{-value} < 0,05$).

2.3.4.1 Paramètres influençant la répartition du Triton crêté

Protocoles statistiques et choix d'analyse

D'après les données récoltées et la bibliographie menée dans la première partie de ce document, plusieurs facteurs ont été choisis en particulier. Il s'agit de la profondeur et de la surface des mares, ainsi que du nombre de mare dans un rayon de 300m, l'exposition de la mare à l'ensoleillement, le taux d'oxygène dissous, la turbidité (mesurée au disque de Secchi) et la trophie.

Une analyse multivariée d'une matrice des données de MICA Environnement et du CEN Occitanie a été menée sous la forme d'une Analyse en Composante Principale (ACP).

Cette première étape dans l'analyse permet d'identifier les premières tendances et les liens entre les paramètres, si elles existent.

Par la suite, afin de préparer les analyses bivariées, les jeux de données ont été soumis à un test d'homoscédasticité de Bartlett (nombre d'individus <50) et d'un test de Shapiro pour vérifier leur normalité. Il a été choisi de réaliser les analyses bivariées à l'aide des relevés du nombre de larves. Ce choix se justifie par un plus grand nombre de données et traduisant un succès de reproduction pour l'espèce dans les conditions données et donc que les exigences écologiques des individus adultes sont remplies. Lorsque cela était nécessaire, une régression linéaire a été menée.

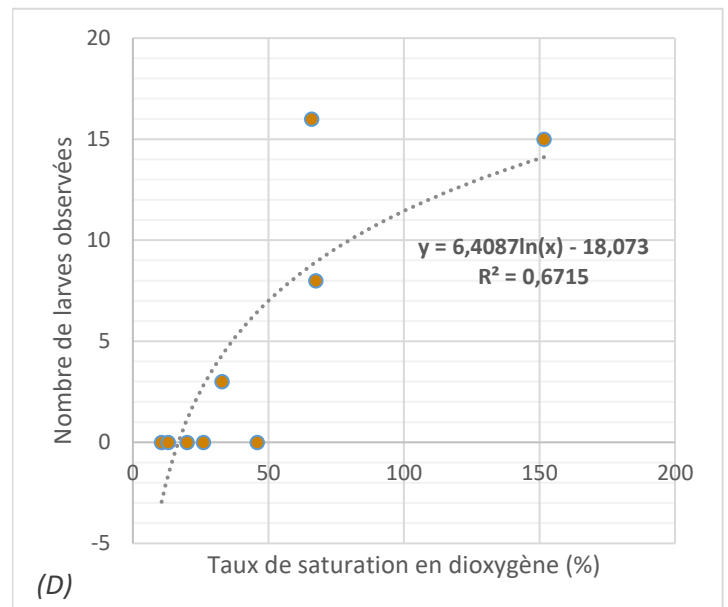
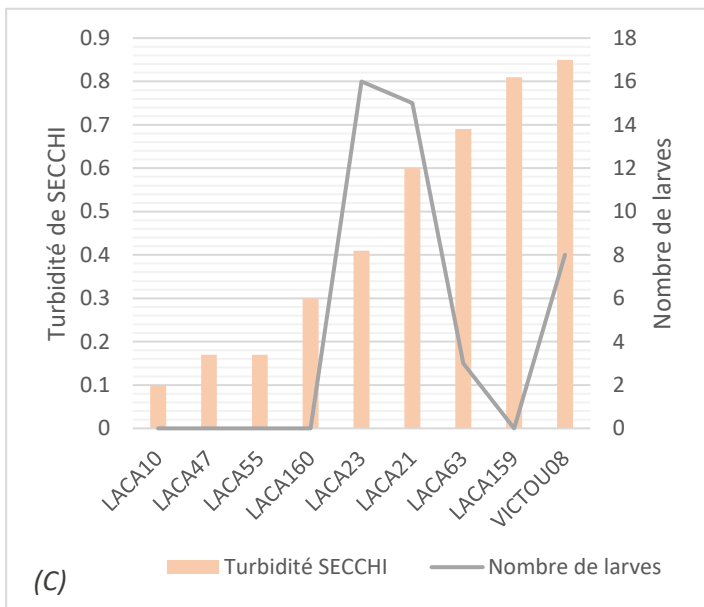
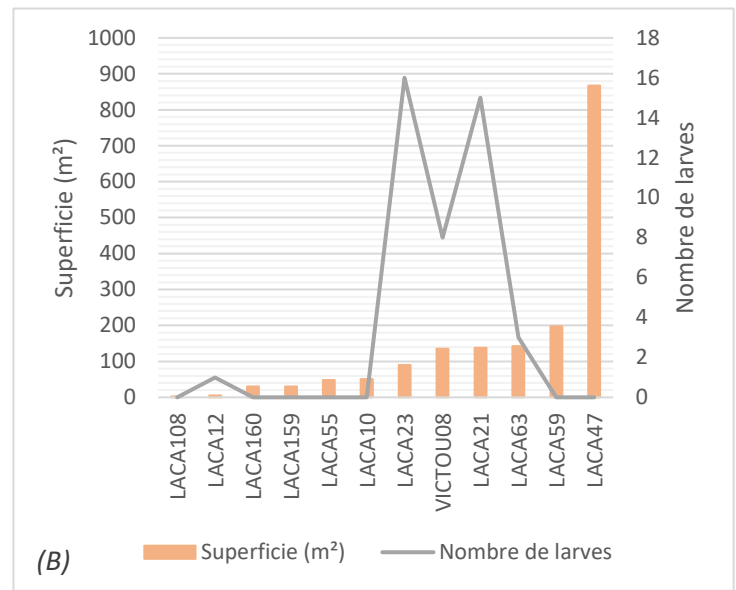
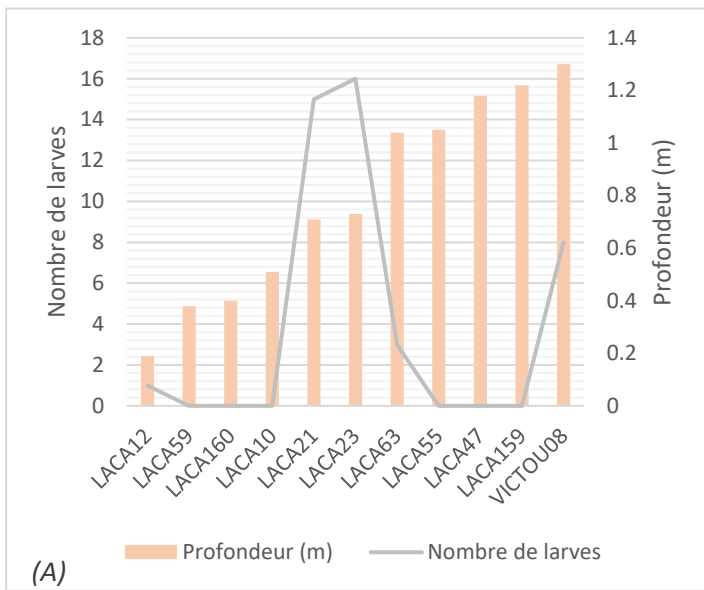
Résultats

L'analyse des différentes caractéristiques morphologiques et physico-chimiques a mis en évidence plusieurs caractéristiques déterminantes dans la présence du Triton crêté dans le cadre des conditions biotiques et abiotiques du site de La-Capelle-et-Masmolène.

Ainsi, **l'espèce semble avoir une affinité pour les mares ayant les caractéristiques suivantes :**

- Une profondeur comprise entre 0,5 m et 1m environ ;
- Une superficie comprise entre 50 m² et 200 m² environ ;
- Une turbidité comprise entre 0,3 et 0,81 environ ;
- Un taux d'oxygénation minimal d'environ 20%.

Les graphiques ci-dessous permettent de mettre en évidence ces valeurs au travers de l'analyse du jeu de données acquis au cours de la présente étude et des études précédentes (notamment le nombre de larves de tritons crêtés identifiés au cours de la campagne de suivi de 2019).



Caractéristiques physico-chimiques et morphologiques prépondérantes dans la répartition du Triton crêté sur les mares du plateau
(A) Nombre de larves observées en fonction de la profondeur des mares ; (B) Nombre de larves observées en fonction de la superficie de la mare ; (C) Nombre de larve observée en fonction de la turbidité ; (D) Nombre de larves observées en fonction du taux de saturation en oxygène (régression linéaire, p-value = 0,006)

Interprétations

L'analyse complet du jeu de données a permis de mettre en évidence les critères déterminants pour la reproduction du Triton crêté au regard des conditions abiotiques du site de l'Etang et mares de La Capelle. Ces résultats sont conformes à la bibliographie qui met en avant des valeurs similaires à celles obtenues dans la présente étude. On citera notamment une surface d'optimum écologique de la mare située entre 25 et 100 m², une profondeur située entre 30 cm et 1m, une turbidité peu élevée et une sensibilité à la désoxygénation (ONEMA & MNHN, 2015, VARANGUIN N., 2013).

Afin de rester favorable, les eaux d'une mare doivent posséder une valeur de turbidité qui ne doit pas être trop élevée ni trop faible (entre 0,3m à 0,7m selon la méthode

SECCHI). Ce résultat peut s'expliquer par le fait que la turbidité puisse trouver sa source à la fois dans la présence de micro-organismes (dont l'espèce se nourrit), mais aussi dans des perturbations provenant de ruissellements chargés en matière en suspension ou à la remise en suspension de sédiments par le passage d'animaux sauvages, notamment les sangliers dans le cas présent.

Le taux d'oxygénation apparaît comme un paramètre important car il permet aux individus de survivre. La conservation d'un taux d'oxygénation suffisant trouve probablement sa source dans la présence de producteur primaire, notamment les herbiers aquatiques immergées. A l'inverse, une chute de l'oxygénation est généralement liée à l'absence de végétation aquatique, un faible renouvellement des eaux, ou à un état d'eutrophisation avancé. Ces caractéristiques représentent le cas de figure d'une mare en cours d'atterrissement.

D'autres paramètres comme le pH ou la densité de mare peuvent aussi être des facteurs limitants. Dans le cas présent, aucun effet particulier n'a été mis en évidence concernant le pH. La gamme de pH observé dans les mares du site est en cohérence avec les besoins écologiques de l'espèce (4,4 à 9,5). De même pour la densité de mare, un besoin minimal de 5 à 6 mares dans un rayon de 300m est nécessaire. Ici, les valeurs s'échelonnent de 7 à 38 mares avec une valeur moyenne de 22,5 mares pour le jeu de données analysés. Ces deux paramètres ne sont donc pas des facteurs limitants pour l'espèce.

L'ensoleillement et la présence d'assec sont aussi deux paramètres pouvant affecter la présence du Triton crêté. Les données n'ont pas permis de mettre en évidence un quelconque effet. Ceci s'explique à la fois par des données lacunaires (biais d'observateur, manque de précisions sur la date d'assec, ...), mais aussi par le fait que les conditions actuelles ne semblent pas critiques pour l'espèce et n'ont donc pas mis en avant de dysfonctionnement.. En effet, dans le cadre d'une fermeture des milieux (lié à l'abandon des pratiques agro-sylvicole) et du réchauffement climatique, les paramètres d'ensoleillement et de l'apparition d'assec pourraient devenir substantiels à moyen terme voir à court terme.

Rappelons que cette analyse traduit les préférences de l'espèce, et non pas tous les cas figures où elle peut être observable. Pour atteindre cet objectif, un jeu de données plus conséquent serait nécessaire.

2.3.4.2 Paramètres influençant la dynamique des herbiers à Characées

Protocoles statistiques

D'après les données récoltées et la bibliographie menée dans la première partie de ce document, plusieurs facteurs ont été choisis. Il s'agit des caractéristiques des herbiers (proportion de la surface de la mare ou surface absolue de l'herbier) des paramètres physico-chimiques de l'eau (pH, REDOX, Conductimétrie, Turbidité, concentration en phosphore total, azote kjedhal, silice, fer) ainsi que des caractéristiques morphologiques de la mare (épaisseur de matière organique, ensoleillement).

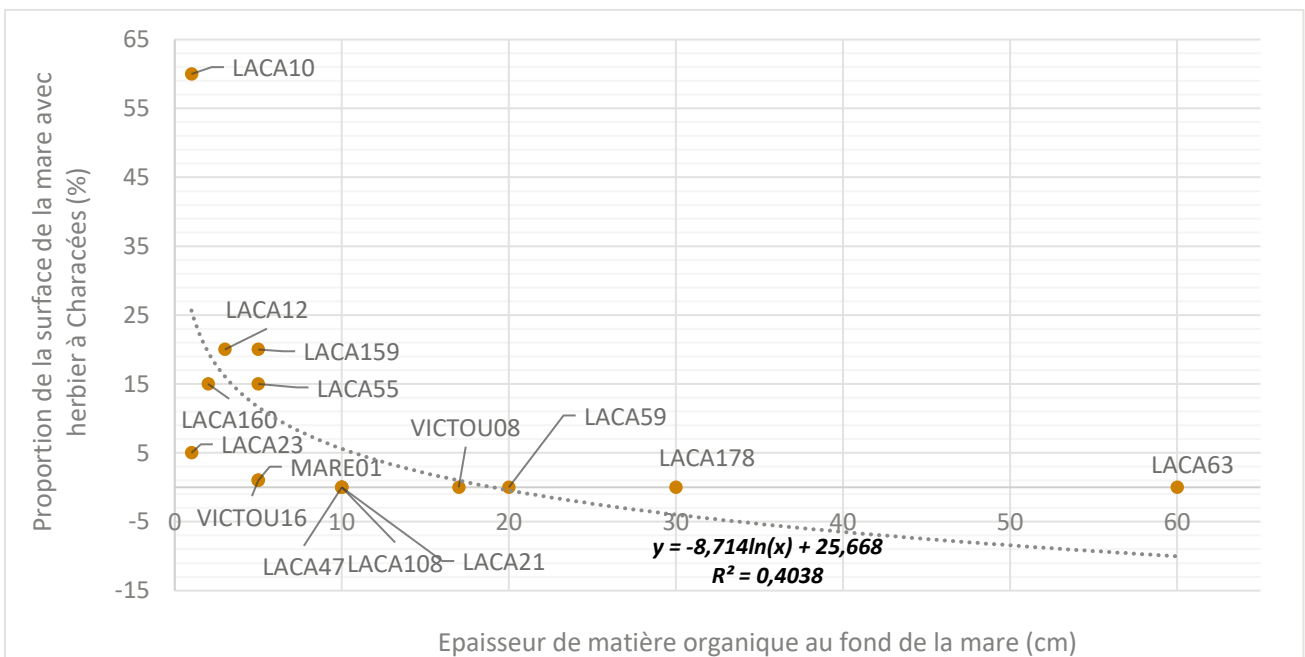
Une analyse multivariée d'une matrice des données de MICA Environnement et du CEN Occitanie a été menée sous la forme d'une Analyse en Composante Principale (ACP). Cette première étape dans l'analyse permet d'identifier les premières tendances et les liens entre les paramètres, s'ils existent.

Par la suite, afin de préparer les analyses bivariées, les jeux de données ont été soumis à un test d'homoscédasticité de Bartlett (nombre d'individus <50) et d'un test de Shapiro pour vérifier leur normalité. Ces tests ont permis de s'orienter à la fois vers des tests paramétriques et non-paramétriques suivant les jeux de données analysés.

📊 Résultats

Les analyses des différents facteurs abiotiques pouvant expliquer la répartition et le développement des herbiers à Characées n'ont mis en évidence que deux facteurs déterminants.

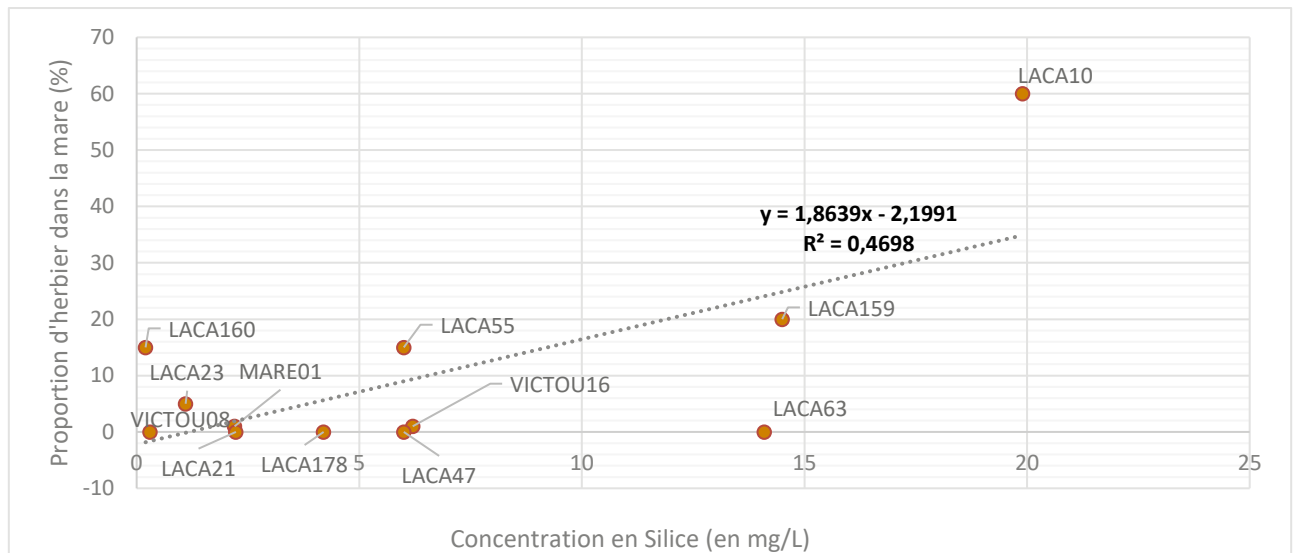
D'une part, l'épaisseur de matière organique est corrélée négativement avec la proportion d'herbier dans la mare. La mesure de cette donnée sur les mares du plateau a permis d'établir une valeur seuil pour laquelle les herbiers à Characées disparaissent. Celle-ci se situe autour de 8 cm d'après les données (ou 25cm d'après le modèle établi).



Relation entre l'envasement et la proportion d'herbier dans les mares

Corrélation négative d'après régression linéaire (p-value = 0,01)

D'autre part, la proportion de characées est corrélée positivement à la concentration en silice dans les mares.



Relation entre la concentration en silice et la proportion d'herbier dans les mares

Corrélation positive d'après une régression linéaire (p-value = 0,01)

Plusieurs autres paramètres semblent affecter la proportion d'herbiers dans la mare (niveau d'eau, milieu oxydant ou réducteur, concentration en phosphore, ...) mais aucune relation n'est significative au seuil de 5% et le jeu de données n'est pas assez robuste (nombre de (pseudo-)réplicas suffisants, pertinence de l'indicateur utilisé).

Interprétations

Les Characées étant des espèces oligo-mésotrophes, la corrélation négative observée entre l'envasement et la proportion d'herbier dans une mare est prévisible. En effet, l'envasement donne une indication sur l'atterrissement de la mare et donc sur son niveau trophique.

Toutefois, la mesure de cette donnée sur les mares du plateau a permis d'établir une valeur seuil pour laquelle les herbiers à Characées disparaissent. Celle-ci se situe autour de 8cm. L'épaisseur de matière organique au fond des mares est donc un indicateur de suivi efficace et simple à mettre en place afin de gérer les mares de manière préventive avant l'observation d'un déclin des herbiers à Characées et une évolution dans la dynamique des végétations.

En ce qui concerne la concentration en silice, les fortes concentrations de cet élément dans l'eau traduisent très probablement des apports d'eau dans les mares via les nappes siégeant dans les couches sablo-gréseuses du Cénomaniens. Cette concentration en silice est un paramètre expliquant en partie la proportion d'herbiers dans les mares. En effet, les eaux de nappe possèdent une bonne qualité physico-chimique (faible teneur en matière organique et faible turbidité) elles sont donc favorables au développement des Characées.

Etant donné une valeur de R^2 faible, les valeurs obtenues sont sujettes à évoluer avec des données plus précises, fiables et en nombre plus conséquent.

Les Characées sont un groupe d'espèces peu tolérant aux concentrations élevées en azote et quasi intolérant aux concentrations supérieures à 0,02 mg/L de phosphate. Les analyses d'eau des mares ont montré des concentrations en phosphore et en azote relativement faibles. Localement, ces éléments ne sont donc pas des facteurs limitants au développement des Characées d'où des résultats non-significatifs lors des analyses.

Cette interprétation s'explique par un contexte local favorable à des concentrations faibles de ces éléments :

- Une végétation principalement ligneuse sur le plateau et les bassins versant des mares et donc très faiblement anthropisés ;
- Des sols principalement argileux avec une bonne Capacité d'Echange Cationique ;
- Des sols avec un pH acide et riche en oxyde de fer favorables au maintien de concentrations modérées en phosphore, couplés à des conditions oxydantes dans les mares. En condition de pH acide et oxydante, les ions fer s'associent au phosphore permettant de fixer ce dernier sous forme solide dans les sédiments des mares.

Les autres paramètres n'ont pas permis de mettre en avant d'effet favorable ou défavorable au développement des herbiers à characées. Ce constat peut s'expliquer par :

- L'absence d'effet du paramètre en règle générale ou dans le contexte local ;
- Un effet du paramètre s'appliquant à l'échelle de l'espèce en prenant en considération les exigences écologiques de chaque espèce.

2.3.4.3 Synthèse des analyses et orientation de gestion

L'analyse des paramètres relevés dans le cadre de plusieurs études a permis d'établir des préconisations pour la gestion des mares du plateau du site NATURA 2000 de l'étang et mares de la Capelle.

Les risques d'eutrophisation, via l'apport de matière organique et inorganique dans les mares, apparaissent comme limités du fait d'un contexte forestier favorable au maintien des éléments nutritifs dans les sols et la litière forestière. De plus, ces derniers permettent de ralentir de manière efficace les écoulements de surface et donc les apports sédimentaires vers les mares.

En revanche, **l'atterrissement des mares est le problème majeur tant pour la conservation des herbiers à Characées que celle du Triton crêté.**

Afin de concilier les besoins du Triton crêté et ceux des Characées, une gestion en rotation temporelle et/ou spatiale peut être mise en place. Il s'agit alors de gérer les mares au moment opportun. L'intervention de gestion doit avoir lieu lorsque la mare présente un faciès défavorable au Triton ainsi qu'aux Characées, c'est-à-dire lors du développement d'une phragmitaie traduisant la dernière phase d'atterrissement de la mare.

Il s'agit alors de retirer la végétation et la couche de matière organique pour obtenir un système pionnier et relancer la dynamique de végétation (voir figure ci-dessous). Lorsque la mare est suffisamment grande, une gestion différenciée peut être aussi mise en place. Il s'agit alors d'obtenir tous les stades de colonisation de la végétation dans une seule et même mare afin de favoriser non seulement le Triton crêté mais aussi un maximum d'espèces. La mare peut alors être divisée, de manière symbolique, en quatre entités ayant une gestion alternative dans le temps s'appliquant toujours sur la phragmitaie, stade ultime avant comblement (voir figure en page suivante).

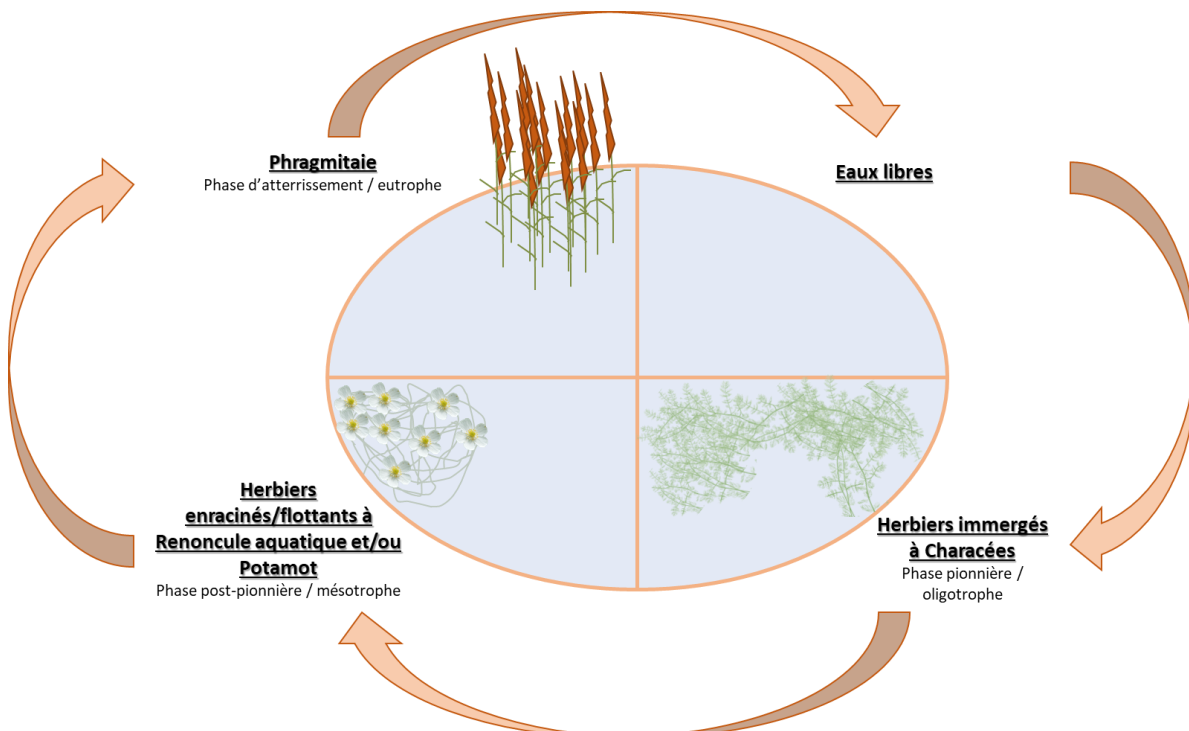


Figure 24 : Dynamique de végétation et rotation de gestion temporelle et/ou spatiale

2.3.5 Définition d'une typologie des mares

Etant donnée la grande diversité de contextes et de typologies de mares, dont les principaux éléments de différenciation (morphologiques, biotiques, etc.) ont été présentés plus haut, il n'apparaît pas pertinent de définir une typologie de mares.

En revanche, dans le but de faciliter la prise de décision pour la gestion des mares du plateau en faveur du Triton crêté et/ou de l'habitat H3140, un tableau synthétique des paramètres déterminants de l'état des mares a été établi. Présenté dans la partie 2.4.3, il précise les actions de gestion à entreprendre en fonction des gammes de paramètres observés dans l'optique de répondre aux enjeux de conservation principaux de la zone, à savoir le maintien des populations de Triton crêté et la conservation de l'habitat 3140.

Ce tableau est présenté dans la partie 2.4.3. concernant la gestion et l'entretien des mares du plateau.

2.4 Préconisations de restauration des mares du plateau

2.4.1 Critères de sélection des mares à restaurer

Le choix des mares à restaurer a reposé sur plusieurs critères écologiques et sur leur mode d'alimentation. Le critère premier est la fonctionnalité de la mare au regard des enjeux écologiques identifiés : les mares favorables à l'accueil du Triton crêté mais présentant des signes d'atterrissement ou de la fermeture du milieu ont été retenues prioritairement. Les mares fonctionnelles en l'état pour la phase de reproduction du Triton crêté ont quant à elles été écartées.

Dès lors que des enjeux faune / flore ont été identifiés sur une mare, sa restauration consiste à lui rendre sa fonctionnalité. Autrement dit, seules les mares potentiellement favorables au Triton crêté, identifiées à l'aide des critères établis en 2.3.4.1, mais présentant des dysfonctionnements (atterrissement, fermeture, etc.) sont candidates aux travaux de restauration.

Sur cette base, le choix des mares à restaurer a porté sur plusieurs critères : Les **critères morphologiques** favorisant la présence du Triton et notamment la surface et la profondeur,

- **L'emplacement des mares par rapport aux populations de tritons existantes** dans le but de favoriser le maintien ou l'extension du réseau existant),
- **L'approvisionnement en eau** de la mare (alimentation par le bassin versant et ou par une nappe superficielle), permettant d'assurer un apport suffisant au printemps durant la période de reproduction, tout en autorisant un assec de fin d'été défavorable à l'installation de prédateurs des tritons crêtés (poissons, écrevisses, ...)
 - **L'accessibilité** des mares aux machines (ou à défaut, sur la faisabilité d'un travail de restauration manuel).
 - **La présence d'écrevisses de Louisiane** : les zones de présence avérée ou suspectée d'écrevisse de Louisiane (notamment la zone centrale du plateau) ont été écartées afin de limiter au maximum les risques d'expansion de ce prédateur.

Au total, il est préconisé de restaurer 41 mares du plateau, . la plupart ayant pu être observées au cours de la visite de terrain de mars 2023. Une priorisation (code de 0 à 3) a été affectée à chaque mare à restaurer (Cf Annexe III).

Code priorisation	Priorisation d'intervention
0	Pas d'intervention
1	Intervention à prévoir rapidement 2023 ou 2024
2	Intervention à prévoir assez rapidement 2024
3	Intervention à prévoir moins urgente (post 2024?)

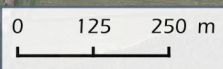
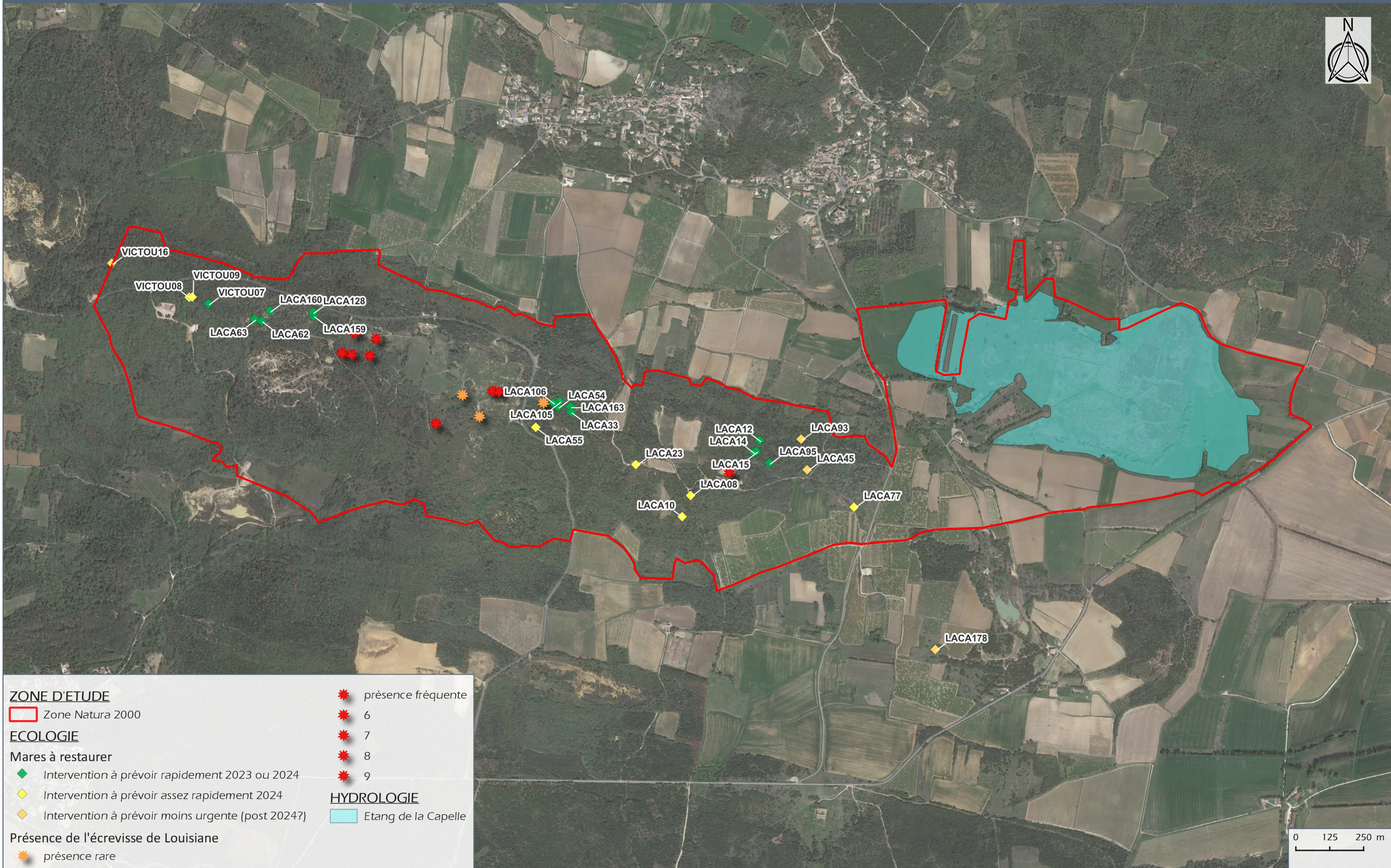
Tableau 17 : Code de priorisation de restauration des mares

Finalement, 15 mares ont été retenues (Cf Carte 18), leur restauration étant considérée comme prioritaire (intervention à prévoir rapidement 2023 ou 2024).

Chacune a fait l'objet d'une fiche descriptive comprenant des préconisations de restauration (Cf Annexe III). Les autres mares (niveau de priorisation 0, 2 et 3) sont listées dans cette même Annexe, dans des tableaux avec les préconisations de restaurations correspondantes.

Carte 18 : Proposition de mares à restaurer

Échelle
1:12 500



2.5 Perspectives d'évolution et de restauration de l'habitat 3170

Les différents suivis effectués sur la ZSC « Etang et mares de la Capelle » ont permis de cartographier et d'analyser l'état de conservation des végétations se rattachant à l'habitat d'intérêt communautaire 3170. Ce dernier a été identifié uniquement au niveau de l'étang de la Capelle via sa déclinaison de l'*Heleochoion schoenoidis*, avec un état de conservation qui se dégrade avec plusieurs raisons identifiées d'origine anthropique ou naturelle (dynamique de fermeture de la végétation, modification des pratiques agricoles, modification du régime hydrique).

La présente étude a permis de mieux comprendre le fonctionnement hydrologique de l'étang et donc les principaux facteurs biotiques et abiotiques régissant le développement des communautés floristiques du 3170. Dans le cadre d'une modification du régime hydrique liée à une pression anthropique grandissante sur la ressource en eau (notamment les nappes phréatiques et aquifères) et des effets du changement climatique se faisant de plus en plus sentir, il est possible d'évaluer les tendances d'évolution de cet habitat.

2.5.1 Perspectives d'évolution sur l'étang

2.5.1.1 Estimation des effets du changement climatique

D'après les estimations récentes du GIEC, les scénarios du réchauffement climatique les plus probables se situent entre +1,5°C et +3°C. Cette élévation de la température induit plusieurs modifications prévisibles sur cycle de l'eau et par extension le régime hydrique de l'étang, et donc l'habitat 3170 :

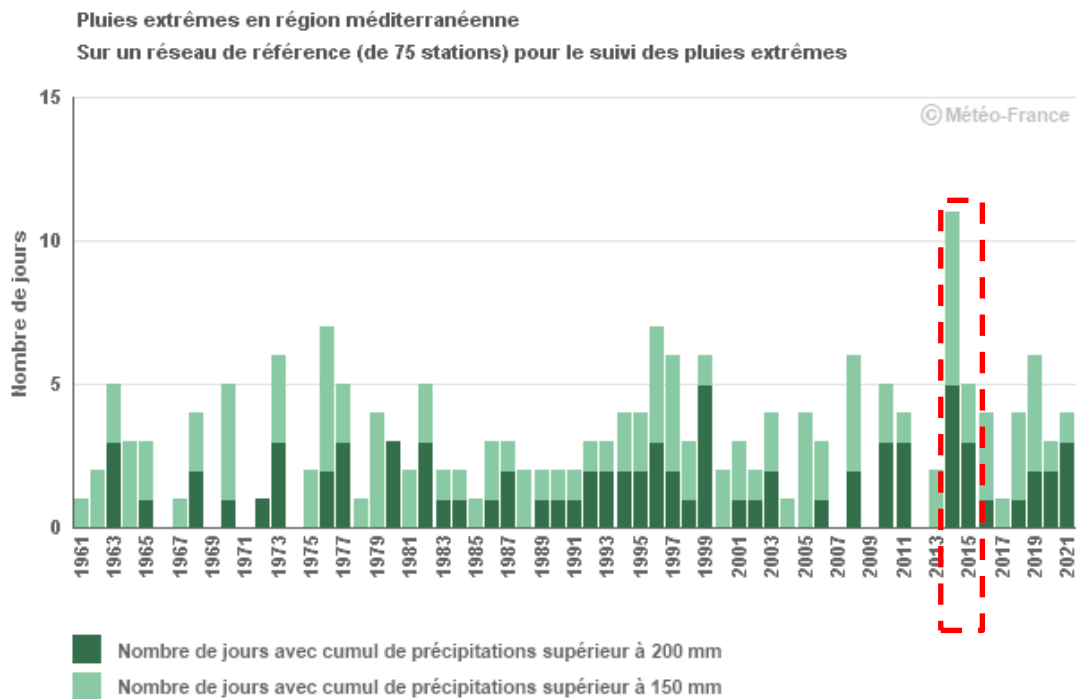
- **Une modification de la répartition temporelle des précipitations** : il n'est pas attendu de modification substantielle du cumul annuel des précipitations. En revanche, le contraste entre saison estivale et hivernale devrait s'accroître avec une augmentation des précipitations en hiver et une diminution en été avec des périodes de sécheresse de plus en plus longues ;
- **Un accroissement de l'évapotranspiration (ETP)** : L'augmentation de la température augmentera l'ETP de manière significative (environ 7% par degré (°C) d'élévation de la température) ;
- **Une augmentation de la fréquence des événements de pluie extrême (>150 mm/j)** ;

Ces nouvelles conditions climatiques auront pour principaux effets :

- **Une modification de la répartition des apports hydriques avec** :
 - **Une augmentation des apports pluviométriques hivernaux et des pluies extrêmes** (survenant notamment en automne pendant les épisodes cévenoles) pour lesquels le niveau de l'étang semble réagir assez activement. En effet, durant la période 2014-2015, l'étang a atteint l'un des niveaux d'eau les plus élevés des deux dernières décennies. Dans le même temps, le nombre de jour avec cumul de précipitations supérieurs à 150 et 200mm a aussi atteint un pic (Fig. 25). Cette observation peut s'expliquer

par le fait que l'étang soit un système endoréique comportant un bassin versant avec une grande superficie ;

- **Diminution de la recharge des nappes** (baisse de l'ordre de -10 à -20% environ) liée à une augmentation de l'ETP et une diminution des pluies efficaces (Fig. 26) ;
- **D'augmenter la température moyenne de l'eau** ayant un effet sur la germination des espèces du 3170 affectionnant plutôt les eaux froides ;
- **De modifier les dates et durée d'exondations de l'étang** avec probablement des assèchements de plus en plus précoces et plus long ;



Crédits : Météo-France

Figure 25 : Évolution de la fréquence des pluies extrêmes (Cumul > 150 mm ou > 200 mm) sur les régions méditerranéennes de la France à partir de 1961

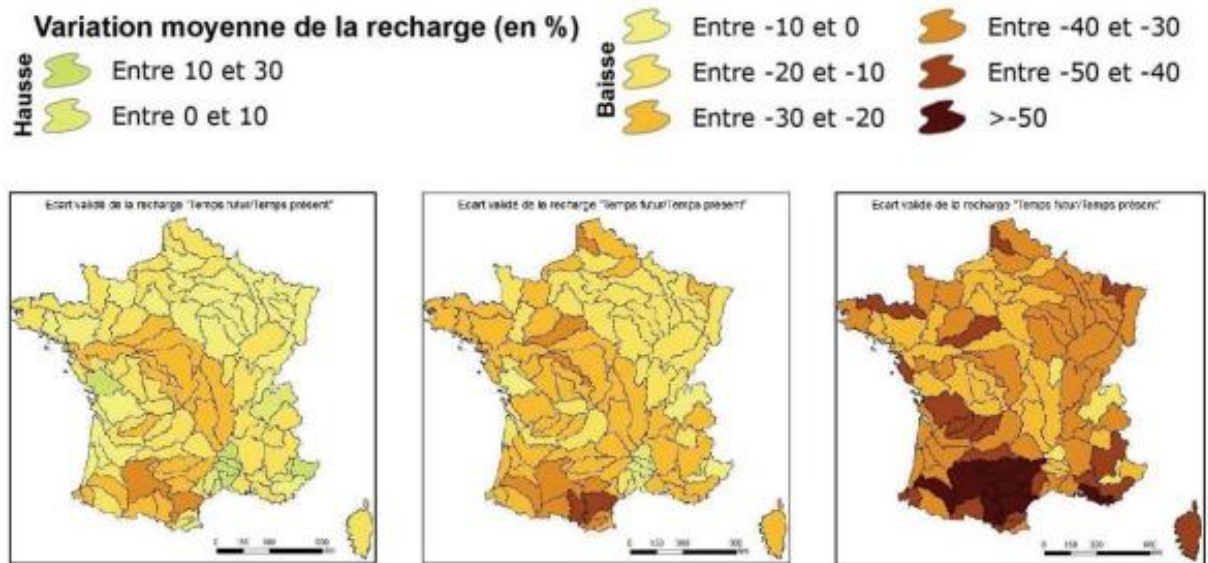


Figure 26 : de gauche à droite : variation moyenne de la recharge (en %) minimale, moyenne et maximale à l'horizon 2045 - 2065 par rapport à la période 1961 - 1990 (AUBE D., 2016)

En considérant tous ces éléments, les végétations caractéristiques du 3170 risquent donc d'être impactées. D'une part, il est probable que celles-ci voient leur répartition s'orienter vers le centre de l'étang là où les niveaux d'eau seront suffisamment constants et froids. D'autre part, étant donné que les variations du niveau d'eau de l'étang seront sans doute plus fortes, il est attendu que la phragmitaie continue de coloniser l'étang d'autant plus vite.

Toutefois, il est aussi important de considérer les pressions anthropiques qui pèsent sur le régime hydrique de l'étang.

2.5.1.2 Pressions anthropiques sur les nappes phréatiques

Comme précisé précédemment dans l'étude, une connexion locale entre l'aquifère des sables et grès du Cénomaniens moyen exploités par le forage AEP F1 de la Capelle-et-Masmolène avec la nappe des alluvions quaternaires et donc avec l'Étang n'est pas à exclure. En effet, les niveaux piézométriques des deux nappes étant très proches dans ce secteur, l'inversion de charge localisée créée par les pompages sur le forage AEP F1 pourraient notamment à l'étiage favoriser le rabattement de la nappe de l'étang vers le forage.

Ceci pourrait donc avoir des implications sur la disponibilité en eau de l'étang qui parallèlement reçoit de moins en moins d'eaux superficielles suite aux sécheresses des dernières années,

Remarque : une incidence sur la qualité des eaux du forage F1 serait également possible si les deux nappes présentent une connexion, en favorisant l'apport d'eaux superficielles vers le forage, ce qui pourrait augmenter sa vulnérabilité à d'éventuelles pollutions.

2.5.1.3 Restauration de l'habitat 3170

A l'aide de tous ces éléments, une stratégie de restauration se dessine et peut s'orienter selon deux axes :

1) La gestion de la dynamique de la végétation

A l'heure actuelle, la phragmitaie continue de progresser dans l'étang. Ce phénomène devrait s'aggraver avec le réchauffement climatique. Il apparaît donc nécessaire de mettre en place des méthodes pour contenir la dynamique de la phragmitaie et conserver un espace vitale nécessaire pour les végétations *l'Heleochoion schoenoidis*. Plusieurs méthodes peuvent être envisager en synergie. Celles-ci sont abordées dans le chapitre « 4.2 Préconisations de gestion et de suivi de l'Etang de la Capelle ».

2) La gestion de l'eau

Sachant les modifications du cycle de l'eau induite par le réchauffement climatique et l'impact par les forages AEP et les prélèvements agricoles sur le niveau de la nappe, une gestion de l'eau à l'échelle des nappes et du bassin versant de l'étang semble nécessaire. Celle-ci pourrait être formaliser clairement dans les objectifs du SAGE du Gardon, ou faire l'objet d'un document à part. En effet, il apparaît nécessaire de trouver un équilibre entre les activités socio-économiques et le maintien de la biodiversité présente sur l'étang de la Capelle.

En parallèle, une étude, menée par le CEN Occitanie, est en cours pour la restauration/création de secteurs favorables à l'habitat 3170 autour de l'Etang de la Capelle.

2.5.2 Perspectives de restauration sur les mares du plateau

Les conditions abiotiques relevées sur le plateau ne sont pas les mêmes que celles sur l'étang. Par conséquent, la restauration de l'habitat 3170 sur le plateau induira la présence de végétations différentes. Ainsi, il apparaît comme probable le développement de communautés végétales apparentées à *l'Antinorio agrostideae – Isoëtion velatae* [syn. *Isoetion durieu*] et non *l'Heleochoion schoenoidis* présent sur l'étang. Etant donné ce constat, il semble intéressant de questionner la pertinence de restauration de cet habitat au niveau des mares.

D'une part, les conditions semblent réunies (masse d'eau temporaire) pour le développement des végétations caractéristiques de l'habitat 3170 autour des mares pourtant aucune observation de cet habitat n'a été faite aujourd'hui. Ce constat peut trouver sa source par une hydropériode non adaptée et/ou des pentes des berges trop fortes. La restauration de cet habitat impliquerait donc des travaux sur les mares ayant une possibilité d'échec non-négligeable et un coût financier pouvant être élevé.

D'autre part, ces deux alliances phytosociologiques présentent un intérêt floristique différent. Les végétations caractéristiques de l'habitat 3170 sur l'étang présentent intrinsèquement un très fort enjeu de conservation mais aussi des espèces patrimoniales rares (voir exceptionnelle au niveau national) avec des menaces identifiées à l'échelle locale.

Après cette analyse succincte, il apparaît plus intéressant à l'heure actuelle de concentrer les efforts de gestion sur l'étang en ce qui concerne l'habitat 3170.

3 MISSION 02 : Détermination des secteurs et préconisations pour la création de nouvelles mares

3.1 Identification des secteurs propices à la création de mares

Les secteurs retenus pour la création de mares tiennent compte de plusieurs critères :

- Ils présentent un intérêt géographique pour **l'extension de l'aire de présence du Triton crêté**, tout en restant à l'intérieur de la zone NATURA 2000,
- Ils permettent autant que possible de **densifier le réseau de mares actuel** en reliant plusieurs ensembles de mares existantes dans lesquelles le Triton crêté a été observé,
- Ils sont suffisamment éloignés des secteurs où l'Ecrevisse de Louisiane a été observée, pour en limiter le développement et l'extension,
- Ils sont situés à des **emplacements stratégiques d'un point de vue hydrologique**, en fond de talwegs ou dans des zones où la nappe est proche de la surface, afin de sécuriser l'alimentation des mares en eau,
- Enfin, ils sont relativement **accessibles** à des machines de chantier telles que des pelles mécaniques.

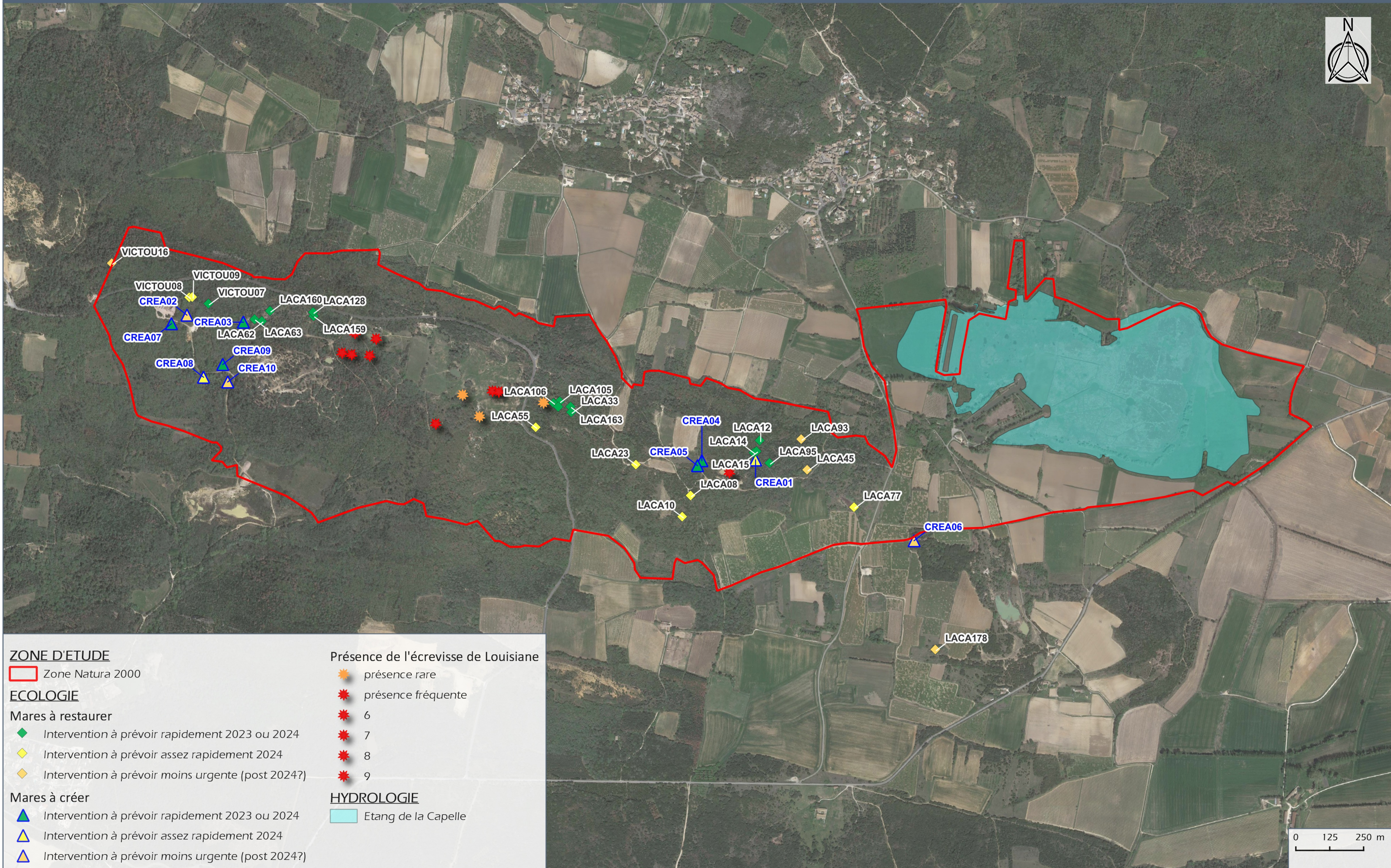
Les choix des secteurs retenus se sont basés à la fois sur un travail cartographique, à partir des données topographiques, géologiques, écologiques, hydrologiques et géographiques à disposition, et sur des prospections de terrain réalisées en mars 2023.

Par ailleurs, tout le travail de synthèse bibliographique complété par les différentes missions de terrain effectuées dans le cadre de la Mission 01 a été mis à profit pour cibler les secteurs qui semblent pertinents pour la création de mares.

Les différents éléments cités ci-dessus nous ont permis d'identifier 5 secteurs intéressants pour la création de nouvelles mares. 5 autres secteurs ont retenu notre attention, mais apparaissent moins prioritaires du fait de leur emplacement, de leur contexte hydrogéologique, ou de leur bassin versant à la taille limitée. Chacun de ces secteurs de création potentiel a fait l'objet d'une fiche descriptive avec carte et schéma de principe en Annexe IV.

Carte 19 : Proposition de mares à restaurer et à créer

Échelle
1:12 500



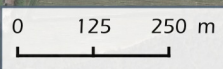
ZONE D'ETUDE
 Zone Natura 2000

ÉCOLOGIE
Mares à restaurer
 Intervention à prévoir rapidement 2023 ou 2024
 Intervention à prévoir assez rapidement 2024
 Intervention à prévoir moins urgente (post 2024?)

Mares à créer
 Intervention à prévoir rapidement 2023 ou 2024
 Intervention à prévoir assez rapidement 2024
 Intervention à prévoir moins urgente (post 2024?)

Présence de l'écrevisse de Louisiane
 présence rare
 présence fréquente
 6
 7
 8
 9

HYDROLOGIE
 Etang de la Capelle



3.2 Préconisations pour la création des mares

Préalablement au chantier de creusement, il est préconisé de réaliser des puits à la pelle mécanique (sur 3 à 5 m de profondeur) à l'emplacement des futures mares pour connaître la nature du sous-sol et reconnaître une éventuelle nappe superficielle.

Au vu du caractère temporaire souhaité pour ces mares, et parce que certaines des mares à créer devraient être alimentées par la nappe affleurante, nous ne préconisons pas d'étanchéification systématique des mares. Le choix d'une étanchéification ou non d'une mare dépendra des matériaux trouvés en sous-sol, après creusement des fosses à la pelle mécanique. Si les investigations mettent en évidence la présence d'une nappe en contexte sablo-gréseux à moins de 4 m de profondeur, alors la mare devra tant que faire se peut recouper le toit de la nappe. Dans le cas de formations sableuses perméables mais où la nappe ne sera pas recoupée par les puits à la pelle à moins de 4 à 5 m de profondeur, il est préférable pour réduire les risques d'assec printanier de procéder à son étanchéification, , par apport d'argiles prélevées localement.

Le fond des mares à étanchéfier (mares non alimentées par une nappe) devra être compacté par les engins de chantier.

3.2.1 Caractéristiques des mares à créer

3.2.1.1 Géométrie des mares

Les pentes des mares seront progressives et le contour de la mare irrégulier. La valeur biologique des mares augmente en proposant une plus grande diversité au sein de son design. En diversifiant les profils de berge (Cf Figure 1) et les profondeurs d'eau (Cf Figures ci-dessous) sur une même mare, cela permet de proposer à la faune et à la flore des conditions d'habitats variées

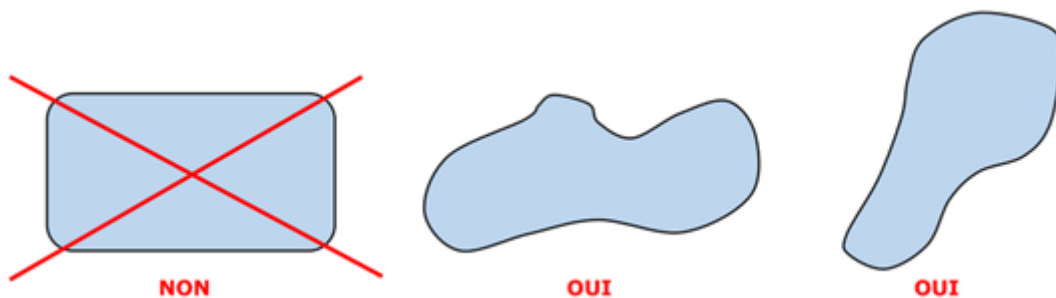


Figure 27 : Design d'une mare à restaurer ou créer. Source : Syndicat des Rivières Dombes Chalaronne Bords de Saône, 2020.



Figure 28 : Schématisation d'une restauration d'une mare, avec intérêt porté sur la pente de celle-ci. Source : Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et d'Environnement de l'Eure (CAUE27), 2013.

La profondeur maximale des 5 mares sera comprise entre 1 et 1,5 m (à l'exception de la mare CREA04 qui va nécessiter un surcreusement plus important pour espérer recouper la nappe (2 à 4 m de profondeur). Pour cette mare, la lame d'eau maximale devra toutefois rester inférieure à 1,5m. Leurs surfaces seront comprises entre 25 et 185 m².

1.1.1.1 Garantir une alimentation en eau de qualité

Pour éviter toute pollution au sein des mares, il sera important d'identifier les zones qui sont soumises à des pollutions (ex ; zones agricoles, bassin versant avec un recouvrement faible en végétation). De plus, des structures en capacités de ralentir les eaux de ruissellement pourront être mises en place. Ces dernières peuvent prendre la forme de bassin de décantation, de fascinage, de noue ou de secteurs revégétalisés.

4 Préconisations pour la gestion et le suivi des mares du plateau et de l'étang de la Capelle

4.1 Préconisations de gestion et d'entretien des mares du plateau

Sans intervention humaine, toute mare est soumise à terme au phénomène d'atterrissement, ce qui conduirait à sa disparition. Pour cela, un entretien régulier et adapté est nécessaire. Les actions suivantes sont donc préconisées pour pérenniser la présence d'un réseau de mare fonctionnel sur le plateau :

- **Contrôle / destruction des espèces invasives** selon des protocoles d'intervention adaptés : avec identification des espèces invasives et/ou néfastes pour les espèces à enjeux de conservation,
- **Favoriser une gestion des mares du plateau par rotation temporelle et/ou spatiale.** L'intervention s'effectue lorsque la mare présente un faciès défavorable au Triton ainsi qu'aux Characées, c'est-à-dire le développement d'une phragmitaie traduisant la dernière phase d'atterrissement de la mare. La gestion se matérialise par le retrait de la végétation et d'une couche de matière organique suffisante pour obtenir un système pionnier et relancer la dynamique de végétation (cf paragraphe 0 en page 115),
- **Curage partiel périodique** des mares en phase d'atterrissement avancé en début d'automne (lors de son assec), en laissant à proximité les matériaux de curage durant l'année du curage (en prenant soin de ne pas favoriser un retour des sédiments et matière organique vers la mare). Les matériaux sont évacués l'année suivante.,
- **Ralentissement des ruissellements et piégeage des sédiments** lorsque que des eaux chargées en MES sont observées ou que la couverture végétale semble insuffisante dans le bassin versant de la mare. Plusieurs méthodes peuvent être envisagées: (1) Décanter les eaux via la présence de petits bassins ou noues en amont des mares ;(2) le fascinage des zones à plus forte pente afin de ralentir les ruissellements de surface.

Pour rappel, toutes interventions sur les mares doivent être accompagnées de mesures strictes de nettoyage des outils et EPI (bottes, casques, chaussures, gants) dans le but d'éviter la propagation de maladies du Triton crêté et la propagation d'espèces invasives. Le nettoyage doit être effectué sur site avant et après chaque intervention.

Plusieurs actions connexes à la restauration des mares du plateau sont préconisées afin d'améliorer la connaissance de ce secteur et de limiter les menaces sur le Triton crêté et notamment :

- Poursuite du suivi de l'Ecrevisse de Louisiane et prospection sur de nouvelles mares,
- Définir un plan d'action contre l'Ecrevisse de Louisiane,
- Prospection pour trouver de nouvelles mares dans le périmètre de la zone NATURA 2000 et sur ces marges et intégration au réseau de suivi,
- Mise en place de 1 à 3 piézomètres sur le plateau pour améliorer la compréhension du fonctionnement hydrogéologique de cette zone et des relations mares/nappe. Idéalement, ceux-ci seraient à mettre en place à proximité des mares : LACA10,

VICTOU08 et LACA159. Ils devront capter la nappe superficielle dans les horizons sablo-gréseux. Des sondes de mesure des niveaux d'eau en continu pourraient être mises en place dans ces piézomètres afin de suivre une éventuelle poursuite de la baisse des niveaux de nappe sur le long terme et pouvoir adapter la gestion des mares en lien avec une nappe superficielle.

Le tableau en page suivante est une proposition d'aide à la gestion du site par suivi de plusieurs indicateurs et actions de gestion à mettre en œuvre en fonction des observations effectuées.

Paramètre		Indicateur	Action de gestion à entreprendre		
1- Maintien de l'alimentation de la mare	1.1- Apport de nappe majoritaire	Petit bassin versant Plus forte en SiO2 (>= 10 mg/L), Conductivité > 250 µS/cm, Contexte géologique grésosableux	Tendance à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des assèchs, diminution des niveaux d'eau	Voir si opportunités de capter des eaux de ruissellement (proximité pistes par exemple). A faire si pas d'enjeux sur la qualité de l'eau de la mare et si bassin versant capté peu anthropisé - Léger surcreusement de mares en lien avec la nappe pour espérer diminuer l'intensité et la fréquence des assèchs printanniers en favorisant la proximité avec la nappe	
			Maintien d'une alimentation correcte	Néant	
	1.2- Apport par ruissellement majoritaire	Grand bassin versant Faible teneur en SiO2 (< 10 mg/L) Conductivité < 250 µS/cm, Contexte géologique argileux	Tendance à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des assèchs, diminution des niveaux d'eau	- Voir si opportunités de capter des eaux de ruissellement (proximité pistes par exemple). A faire si pas d'enjeux sur la qualité de l'eau de la mare et si bassin versant capté peu anthropisé	
			Maintien d'une alimentation correcte	Néant	
2- Etat d'atterrissement	2.1- Type de végétation aquatique majoritaire	Herbier à Characées purs (>75%)	Néant		
		Herbiers à renoncules et/ou potamo (>75% de recouvrement)	Néant		
		Phragmites (>10 à 20% de recouvrement en fonction de la superficie de la mare)	Faucardage et décaissage des rhizomes		
	2.2- Envasement / comblement (dépôt sédimentaire, accumulation de matière organique, feuilles mortes, branchages)	<10 cm		Néant	
				Cas 1 : apport sédimentaire par le bassin versant important	- Fascinage sur les talwegs d'apport, voir bassin sédimentation amont - En fonction de la végétation aquatique majoritaire et du taux d'oxygénation de la mare, prévoir ou non un curage différencié échelonné sur 2 à 3 ans en fonction du volume de la mare
		>10 cm		Cas 2 : peu d'apports sédimentaire par le bassin versant	Cas 02a : Envahissement par la phragmitaie Faucardage et décaissage des rhizomes Cas 02b : Comblement par matière organique issue de la végétation rivulaire (feuilles, branchage,...) Elagage voir abattage de la végétation rivulaire et curage différencié
				Néant	
	2.3- Oxygénation	Bonne (>30%)	Néant		
Faible (<30%)		Action à déterminer en fonction de la végétation aquatique majoritaire et de l'envasement/comblement	Se reporter aux paramètres 2.1 et 2.2		
3- Ensoleillement	Faible	Elagage voir abattage			
	Moyen	Elagage, voir coupe ponctuelle, voir néant (évaluation cas par cas)			
	Fort	Néant			
4- Traces de fréquentation par la grande faune (sangliers)	Faible	Néant			
	Moyen	Néant			
	Fort	Mise en défend pendant quelques années, mesures de gestion cynégétique			
5-Présence d'espèces invasives	OUI	Cas 01 : Espèce invasive végétale (lampourde,...)	Intervention avec arrachage manuel ou mécanisé		
		Cas 02 : Espèce invasive animale (écrevisse de Louisiane, ragondin,...)	Gestion des population directe (piégeage) et/ou indirecte (barrières à la dispersion)		
	NON	Néant			

Tableau 18 : Principaux paramètres de détermination de l'état des mares et actions de gestion associées

4.2 Préconisations de gestion et de suivi de l'Étang de la Capelle

Concernant la gestion à long terme de l'étang, il est préconisé de mettre en œuvre les actions suivantes :

- Plan de gestion particulier à définir et mettre en œuvre, notamment un pâturage ovin et/ou bovin ;
- Sécurisation de la qualité de l'eau du bassin versant via notamment les documents d'urbanisme et autres (PLUi, notice d'incidence Natura 2000, SAGE,...) ;
- Gestion par faucardage de la phragmitaie s'accompagnant d'un décaissement des racines sur au moins 30 cm, suivi d'un pâturage bovin et/ou équin ;
- Favoriser les mosaïques d'habitats ;
- Sensibilisation/échanges avec les agriculteurs qui pompent sur les trous d'eau périphériques à l'étang. La mise en place de compteurs pourrait être une mesure à envisager.

Etant donné les enjeux, il semble donc important de disposer d'éléments complémentaires pour pouvoir affirmer ou infirmer les hypothèses émises durant cette étude.

1) Suivi hydrogéologique

En première approche, il est préconisé de réaliser un doublon de piézomètres entre le forage F1 et la pêcherie communale :

- Un piézomètre serait crépiné dans la nappe des alluvions quaternaires limoneuses (profondeur totale entre 3 à 10 m) ;
- Un piézomètre situé quelques mètres à côté du premier serait crépiné dans les sables et grès du Cénomaniens moyen (profondeur totale 15 à 30 m).

Il conviendrait de réaliser *a minima* une tournée piézométrique sur ces ouvrages (piézomètres et forage F1) en fin de période estivale lorsque les niveaux de nappe sont bas et que les prélèvements sur le forage F1 sont au maximum (période touristique, au mois d'août par exemple) afin de voir un éventuel drainage de la nappe vers le forage. Idéalement, la mise en place d'une sonde de mesure des niveaux d'eau en continu dans chacun des piézomètres serait l'idéal et permettrait une comparaison fine avec les données de niveau d'eau enregistrées sur le forage F1 par la mairie de la Capelle.

La mise en place d'une sonde de niveau d'eau en continu sur l'étang au niveau de la pêcherie est également préconisée afin de voir les liens entre les 2 nappes et l'étang.

Les sites d'instrumentation sont proposés sur la figure suivante. Il est à noter que l'implantation des piézomètres doit faire l'objet d'une étude préalable.

Il pourrait aussi être intéressant de noter les périodes d'assec avec la date d'exondation et la date de remise en eau chaque année selon différents secteurs définis au préalable.

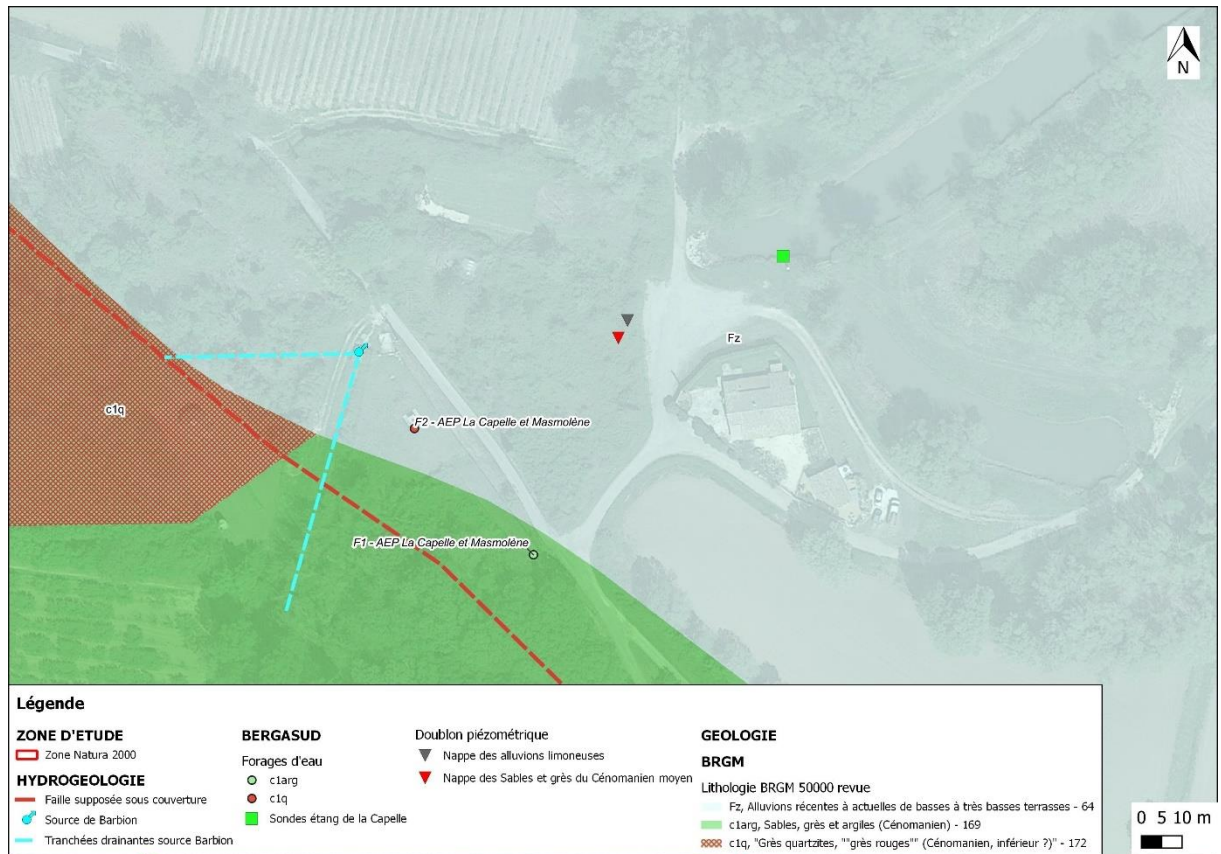


Figure 29 : Proposition des sites de suivi des eaux souterraines et de surface au niveau de l'Étang de la Capelle

Il est également important de rappeler que l'envahissement croissant par la végétation (phragmites notamment) de l'étang tend à augmenter l'atterrissement de celui-ci qui est également favorisé par la baisse des apports en eau. **Une réflexion quant à la gestion de cette végétation (pâturage, faucardage, ...) semble donc également de première importance pour éviter le comblement de l'étang.**

2) Suivi de végétation

L'amélioration du protocole de suivi de l'habitat 3170 et de son état de conservation est aussi un indicateur intéressant pour suivre l'évolution de l'étang. Il pourrait s'agir notamment de mettre en place des placettes de suivi fixes dans le temps et de calculer des indicateurs d'eutrophisation via les types biologiques des espèces relevées ou l'indice de trophie d'Ellenberg (CHARLES M. & VIRY D., 2015). Le suivi réalisé par le CBN méditerranéen des effets du changement globale sur l'habitat 3170 dans le cadre du Réséda flore apparaît être aussi intéressant (SAVARY *et al*, 2023)

5 Conclusions

Un travail de synthèse des données bibliographiques et des reconnaissances terrain entre 2022 et 2023, ont permis de récolter une base données conséquente (bilan hydrique, mesures physico-chimique, géologie, investigations hydrogéologiques, pédologie, installations de sondes de mesure de niveau d'eau de 3 mares,...). permettant de mieux cerner le fonctionnement des mares et les niches écologiques :

Les principales conclusions suivantes ont pu être tirées de l'étude concernant les mares du plateau :

- Bien que les mares possèdent quasiment toutes un comportement d'assec temporaire, il existe plusieurs contextes d'alimentation pouvant co-exister : apport météoriques, apport du bassin versant et alimentation par la nappe superficielle ;
- Le Triton crêté présente une niche écologique similaire aux écosystèmes de la moitié nord de la France avec des mares ayant les caractéristiques suivantes : superficie entre 25 et 100 m², profondeur entre 30 cm et 1m, faible turbidité, forte densité de mares, bonne oxygénation, période d'assec favorable, ... ;
- L'envasement et la présence de silice sont les facteurs expliquant la présence d'herbier à Characées. Ces deux paramètres traduisent un milieu pionnier (peu d'envasement) avec des eaux claires et oligotrophes (potentiellement influencées par les eaux de nappe chargées en silice).

Dans un second temps, l'amélioration de la compréhension du fonctionnement de ces mares a conduit à proposer des mesures de restauration de plusieurs mares du plateau (15 classées comme prioritaires) et à proposer des secteurs favorables à la création de nouvelles mares (5 secteurs identifiés). L'objectif prioritaire de ces mesures est de favoriser le maintien et le développement des populations de Triton crêté.

Concernant l'Etang de la Capelle, l'étude a mis en évidence une connexion entre l'Etang et la nappe des alluvions limoneuses peu perméables qui baignent le fond de la dépression. Les faciès argileux sont prédominants et forment la base de la formation alluvionnaires et favorisent une indépendance hydraulique avec l'aquifère sous-jacent des sables et grès du Cénomaniens moyen. Cependant cet horizon ne semblent pas continu. En effet, une connexion locale entre l'aquifère des sables et grès du Cénomaniens moyen avec la nappe des alluvions quaternaires et donc avec l'étang n'est pas à exclure, notamment dans le secteur Sud-Ouest de l'Etang potentiellement à la faveur d'une couche d'argile noire localement absente ou à son creusement lors de la réalisation de la pêcherie de l'étang. Dans ce secteur, les niveaux piézométriques des deux nappes sont très proches. L'inversion de charge localisée créée par les pompages sur le forage AEP F1 pourrait notamment à l'étiage favoriser le rabattement de la nappe de l'étang vers le forage.

Ceci pourrait donc avoir des implications sur la disponibilité en eau de l'étang qui parallèlement reçoit de moins en moins d'apports par les eaux superficielles suite aux sécheresses des dernières années.

Un protocole de suivi et d'acquisition de données complémentaires sur le contexte hydrogéologique de l'Etang a donc été proposé. En parallèle, des mesures de gestion visant à endiguer le phénomène d'atterrissement auquel est soumis l'Etang ont été formulées.

6 Bibliographie

Bibliographie en écologie

AUBE D., 2016. *Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse - Bilan actualisé des connaissances*. Collection « eau & connaissance ». Agence de l'eau Rhône MéditerranéeCorse. 114 pages.

BAIZE D. & GIRARD M-C, 2008. *Référentiel Pédologique*. INRA-AFES.

BENSETTITI F., GAUDILLAT V. & HAURY J. (coord.), 2002. *Cahiers d'habitats » NATURA 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire*. Tome 3 : Habitats humides. MATE/MAP/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 457 p.

BERNARD P. & PRIOL P., 2021. NEWTON CORRIDORS « Le réseau de mares entre Cèze et Gardon à l'épreuve du changement climatique et des activités humaines : agir sur la trame turquoise pour préserver le Triton crêté en Occitanie ». Bilan de la phase 1. CEN Occitanie 2021. 61 p

CEDG, 1999. *Manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne*. NATURA 2000, EUR15/2, Protection de la nature, zones côtières et tourisme. 132p

CEN L-R, 2009. Site NATURA 2000 « Etang et mares de la Capelle » - FR9101402 : Diagnostic écologique et socio-économique & Propositions d'objectifs. NATURA 2000.

Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et d'Environnement de l'Eure (CAUE27). Guide de bonnes pratiques, l'aménagement intégré des mares, pour associer paysage, hydraulique et écologie. Edition 2013.

CORILLION R., 1975. Flore des Charophytes (Characées) du Massif Armoricaïn et des contrées voisines d'Europe occidentale. Flore et végétation du Massif Armoricaïn, Tome IV. Ed. Jouve, CNRS. 110p.

CHARLES M. & VIRY D., 2015. État de conservation des mares temporaires méditerranéennes (UE 3170*), habitat d'intérêt communautaire - Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1. Rapport SPN 2015-56, Service du patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle / Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Paris, 64 pages.

DE FOUCAULT B., 2013. Contribution au prodrome des végétations de France : les Isoëtetea velatae de Foucault 1988 et les Juncetea bufonii de Foucault 1988 ("Isoëto - Nanojuncetea bufonii"). Partie 1 & 2. PVF2. Journal botanique de la Société botanique de France, n°62. 80p.

FALIPOU P., BORNAND M., BARTHES J-P., BONFILS P., 1999. Carte des pédopaysages du Languedoc-Roussillon : départements de l'Aude, du Gard, de l'Hérault, de la Lozère et des Pyrénées-Orientales. Etude n°2166. Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), UMR 1221 LISAH et OPenIG

FELZINES J-C. & LAMBERT E., 2012. *Contribution au prodrome des végétations de France : les Charetea fragilis F. Fukarek 1961.* PVF2. Journal de la Société Botanique de France n°59 : p133 - 188. 56p

FERNEZ T., 2017. Les Characées du Bassin parisien : état des connaissances et clé de détermination. Symbiose, nouvelle série, n°35-36. 13p.

GAZAIX A., 2019. Ecologie des Lythrum annuels des mares temporaires méditerranéennes : applications à la conservation de *L. thesioides* dans les Costières de Nîmes. Thèse, Biologie végétale. Université Montpellier. Français.

GUENIOT P. & KLESCZEWSKI M. 2018. *Suivis scientifiques sur le site NATURA 2000 « étang et mares de La Capelle ».* Rapport CEN L-R, Syndicat mixte des gorges du Gardon, Montpellier : 25 p.

KLESCZEWSKI M., KUNTZBURGER S., QUERTIER P., BERNARD P. & BOSSAERT M., 2019. *Suivis scientifiques sur le site NATURA 2000 « étang et mares de La Capelle ».* Année 2019. Rapport Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon, Syndicat mixte des gorges du Gardon, Montpellier. 25 p.

KLESCZEWSKI M., GRILLAS C., LECOMPTE C., BOSSAERT M. & BERNARD P. 2020. *Suivis scientifiques sur le site NATURA 2000 « Étang et mares de La Capelle ».* Année 2020. Rapport CEN Occitanie, Syndicat Mixte des gorges du Gardon : 26 p.

LECOMPTE C., BERNARD P., CLOUET L., KLESCZEWSKI M. & BOSSAERT M., 2021. *Suivis scientifiques sur le site NATURA 2000 « Étang et mares de La Capelle ».* Année 2021. Rapport CEN Occitanie, Syndicat Mixte des gorges du Gardon : 39 p.

MOURONVAL J-B., BAUDOUIN S., BOREL N., SOULIE-MARSCH I., KLESCZEWSKI M. & GRILLAS P., 2015. *Guide des Characées de France méditerranéenne.* Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, Paris.. 214p

NICOLAS S., 2013. Caractérisation des herbiers à Characées (3140) en Auvergne. Conservatoire botanique national du Massif central \ Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement d'Auvergne. 21 p.

OERTLI B. & FROSSARD P-A., 2013. *Mares et étangs : écologie, gestion, aménagement et valorisation.* Science & ingénierie de l'environnement. Ed : Presses polytechniques et universitaires des romandes, 1ère. Fondation La maison de la Rivière, HEPIA Genève, InTNE Lullier, OFEV Berne, Pro NATURA Bâle, Département des transports, de l'équipement et de l'environnement - Service des forêts et du paysage. 495p.

PRIOL P. & BERNARD P. 2017. Bilan annuel 2017 des suivis de Triton crêté (*Triturus cristatus*) et d'Ecrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*) sur l'ensemble des mares de la Capelle. Rapport pour le Syndicat Mixte des Gorges du Gardon. CEN L-R et StatiPOP. 22 p.

R Core Team, 2021. *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SAVARY C., TURPIN L., DIADEMA K., GRILLAS, P., ARGAGNON O. 2023. *Suivi des effets du changement global sur l'habitat d'intérêt communautaire 3170* - Mares temporaires méditerranéennes.* Rapport . CBNMED, RESEDA-FLORE. 15p.

VARANGUIN N., 2012. *Les amphibiens de Bourgogne : Triton crêté – Triturus cristatus (Laurenti, 1768).* Ordre : Urodèles, Famille : Salamandrinés. Revue : Science Bourgogne-Nature, p 329 – 346.

Bibliographie en géologie, hydrologie et hydrogéologie

Auteur	Titre	Année	Sujet
BD LISA	Fiches Masses souterraines d'eau – 534AN00 (Calcaires urgoniens sous couverture de la vallée des Gardons) et 643AD02 (Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur du bassin d'Uzès)	2018	Nappes d'eau souterraines à l'aplomb du site d'étude
BERGA Sud	Rapport hydrogéologique n°30/067 H 03 081 – Compte-rendu des sondages de reconnaissance géologique de l'étang et du suivi des travaux de creusement des gours	2006	Reconnaissance préliminaire et suivi des travaux de creusement afin de ne pas affecter la barrière d'argile imperméable assurant l'étanchéité du substratum de l'étang
BERGA Sud	Rapport hydrogéologique n°30/067 H 03 081 – Détermination des possibilités de creusement de l'étang	2003	Réinterprétation des données de sondages et mesures effectuées en 1996 pour un nouveau projet de creusement et

Auteur	Titre	Année	Sujet
			d'aménagement de l'étang de la Capelle
BERGA Sud	Rapport hydrogéologique n°30/067 F 97003 – Étude hydrogéologique de l'étang de la Capelle / Interprétation des données piézométriques	1997	Interprétation des données piézométriques de l'étang de la Capelle
BERGA Sud	Rapport hydrogéologique n°30/067 E 96111 – Étude hydrogéologique de l'étang de la Capelle / Géologie et hydrogéologie générale	1996	Contextes géologique et hydrogéologique de l'étang de la Capelle
BRGM	Fiches BSS des sondages effectués pour l'irrigation, l'AEP ou l'exploitation de ressources minérales – 002DM FV, GS, HV, HW, HX, HY, JS, JT, JU, JY, KA, KB, PV et 003F LWO et MAO	-	Logs et niveaux piézométriques parfois disponibles
BRGM	Rapport 72 SGN 307 LRO – Possibilités d'évacuation du trop-plein de l'étang de la Capelle	1972	Sondages électriques au voisinage de l'étang afin d'estimer la structure du substratum
BRGM	Carte géologique de la France au 1 : 50 000ème – feuille de Uzès (N939)	1968	Contexte géologique local et historique minier
CHABAUD, A.	Les documents et la méthode pour l'étude de la structure et de l'économie agraires dans la France du Sud. L'exemple de l'Uzège et du pays de Bagnols-sur-Cèze : les Formes anciennes de la structure et de l'économie agraires	1967	Chapitre traitant du mode d'exploitation du sol et qui présente les activités extractives historique de la région
JOLY D., BROSSARD T., CARDOT H., CAVAILHE S J., HILAL M. & WAVRESKY	Les types de climats en France, une construction spatiale. Cybergeo : European Journal of Geography. [En ligne], Cartographie, Imagerie, SIG, document 501,. Disponible sur : https://journals.openedition.org/cybergeo/23155#t=octo3n6		Description climatique

7 Annexes

Annexe I : Compte rendu de la réunion de terrain du 30 mars 2023

Compte rendu –

Objet de la réunion : Présentation résultats action A6 : étude hydrologique des mares temporaires méditerranéennes et visite terrain : présentation et choix des mares à restaurer/créer pour l'action C8

La Capelle et Masmolène, 23/03/2023 et 20/03/2023

I. Participants

- Jean Charles Montaufier, Mica-environnement,
- Felix Grippon, Permalab,
- Vincent Marty, Office Française de la Biodiversité,
- Pauline Priol, Statipop,
- Jean-Philippe Reygrobelle, EPTB des Gardons,
- Camille Lecompte, Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie,
- Elsa Leborgne, Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie,
- Martin Picart, animateur du site Natura Etang et mares de la Capelle au Syndicat mixte des gorges du Gardon (SMGG),
- Mélissa Hoffmann Bernard, coordinatrice du projet LIFE Terra Musiva au Syndicat mixte des gorges du Gardon (SMGG),
- Juliette Jay, Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie,
- Luc Capon, Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie.

Personne excusée :

- Xavier Gayte, Maire de la Capelle et Masmolène,

II. Ordre du jour

- A- Présentation des résultats de l'étude A6 sur la partie étude hydrologique réalisée par Mica-environnement,
- B- Présentation des secteurs et mares à enjeux à créer ou restaurer,
- C- Visite, choix et préconisations des mares à restaurer et à créer.

A- Présentation des résultats de l'étude A6

Une première partie a été consacrée par Mica-environnement et Permalab à la présentation des résultats de l'étude hydrologique des mares. Ce travail a notamment permis de connaître le type d'alimentation en eau des mares selon les différents substrats présents sur la zone d'étude : alimentation par ruissellement et pluie sur la partie centrale et est, Partie ouest et nord-ouest connexion des mares avec la nappe perchée, partie sud et sud-est, nappe des sables.

B- Présentation des secteurs et mares à enjeux à créer ou restaurer,

Mica-Environnement et Permalab ont présenté une à une les mares à restaurer et les mares à créer et ont fait l'objet de discussions.

Relevé de décisions suite aux échanges :

- Pauline Priol, dans le cadre des suivis des mares depuis de nombreuses années a apporté ces connaissances sur les mares à tritons existantes ou disparues qui mériteraient d'être restaurées ou (re)créées. Ces connaissances seront intégrées dans les propositions qui feront l'objet de la visite terrain le 30/03/2023.
- Il est convenu de ne pas s'orienter sur les secteurs de présence de l'écrevisse de Louisiane pour ne pas favoriser son expansion et ou sa colonisation dans les mares créées ou restaurées. La mare avec présence de poisson et d'écrevisse de Louisiane est écartée des mares à restaurer car peu favorable au Triton crêté.
- Dans l'intérêt du Triton crêté, il est prévu d'avoir une conduite d'intervention hétérogène de restauration ou de création de mares pour proposer des conditions écologiques différentes à cette espèce sur lequel il est difficile de prévoir comment elle va coloniser les mares créées notamment.
- Certains secteurs seront densifiés en restauration ou création pour que le réseau de mares soit renforcé dans le but de stabiliser/augmenter la population notamment avec les conditions climatiques qui évoluent.
- Pour les mares temporaires méditerranéennes sur la partie nord-ouest de la zone, une création/restauration est à intégrer dans le projet. Pour cela, une visite spécifique sera réalisée pour définir les modalités de création/restauration pour favoriser cet habitat sur cette partie de la zone d'étude.

C- Visite terrain pour le choix et les préconisations techniques des mares à restaurer et à créer :

La journée du 30 mars 2023 a été consacrée à la visite des secteurs proposées pour la restauration des mares à créer ou à restaurer et qui sont issues des propositions initiales de Mica-Environnement et Permalab et aussi suite aux échanges lors de la réunion du 23 mars 2023.

Création ou recréation de mares :

La notion de création ou de recréation de mares a été affinée. Il est établi que les mares à recréer sont affiliées à des mares très anciennes comblées, sans présence de triton crêté et qui nécessitent des interventions lourdes qui s'apparentent à une création de mare.

Aussi, la visite terrain a permis d'intégrer certaines mares à créer ou recréer qui présentaient des conditions locales favorables à la création. Certaines ont été écartées pour s'orienter sur des mares à créer qui présentaient sur le terrain des conditions locales plus favorables.

Sur ces mares, il est convenu de réaliser un passage en août 2023 avec une mini pelle. Il sera effectué un sondage pour connaître, en période sèche, la profondeur de la nappe et établir ainsi l'intérêt de ces lieux de création au regard des conditions hydriques locales.

Restauration des mares :

Sur les mares à restaurer visitées, les typologies d'intervention ont été abordées et notées pour que l'équipe travaux du CEN Occitanie, qui va réaliser les travaux, dispose de tous les éléments sur chaque mare. Le principe général sur ces mares avec présence de Triton crêté est d'intervenir de façon légère dans la restauration pour ne pas modifier en profondeur les conditions écologiques locales.

D'une façon globale, ces propositions ne valent pas réalisation. La réalisation sera conditionnée à l'autorisation préalable des propriétaires.

III. Suite à donner :

- Permalab et Mica-environnement :

- Sur la base des échanges lors de ces deux moments, réaliser une carte des mares à restaurer et à créer et un tableau reprenant les modalités d'intervention par mare,
- Finaliser et transmettre le rapport complet final de l'étude pour Juillet 2023 (rappel : respecter la charte graphique du LIFE Terra Musiva)

- CEN Occitanie :

- **Priorité 1** : Lancer les contacts auprès des propriétaires concernés pour obtenir l'autorisation d'accès et de réalisation des travaux,
- **Priorité 2** :
 - Visiter le secteur à mares temporaires méditerranéennes avec Camille Lecompte et établir les modalités de création/restauration et administrative qui seront à conduire sur ce secteur en 2024.
 - Réaliser une visite terrain et établir un retroplanning avec l'équipe travaux du CEN Occitanie pour les mares à créer ou à restaurer en 2023 et 2024,

- SMGG : Vérifier la disponibilité de la minipelle et la possibilité de mise à disposition en août pour les sondages sur les mares à créer → impossibilité de mettre à disposition la minipelle, privilégier la location

Annexe II : Bulletins d'analyse des prélèvements d'eau réalisés sur 15 pièces d'eau fin mars 2023

MICA ENVIRONNEMENT
Jean-Charles MONTAUFIER
 ecoparc phoros 1er étage
 route de saint-pons
 34600 BEDARIEUX

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 23E058152

Version du : 14/04/2023

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Date de réception technique : 01/04/2023

Première date de réception physique : 01/04/2023

Référence Dossier : N° Projet : LACA

Nom Projet : La Capelle et masmolène

Nom Commande :

Référence Commande :

Coordinateur de Projets Clients : Gilles Lacroix / GillesLacroix@eurofins.com / +336 3083 9252

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Eau de surface	(ESU)	ETG_LACA
002	Eau de surface	(ESU)	LACA10
003	Eau de surface	(ESU)	LACA19
004	Eau de surface	(ESU)	LACA54
005	Eau de surface	(ESU)	LACA21
006	Eau de surface	(ESU)	LACA23
007	Eau de surface	(ESU)	LACA47
008	Eau de surface	(ESU)	LACA55
009	Eau de surface	(ESU)	MARE01
010	Eau de surface	(ESU)	LACA159
011	Eau de surface	(ESU)	LACA160
012	Eau de surface	(ESU)	LACA63
013	Eau de surface	(ESU)	VICTOU08
014	Eau de surface	(ESU)	VICTOU16
015	Eau de surface	(ESU)	LACA178

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 23E058152

Version du : 14/04/2023

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Date de réception technique : 01/04/2023

Première date de réception physique : 01/04/2023

 Référence Dossier : N° Projet : LACA
 Nom Projet : La Capelle et masmolène
 Nom Commande :
 Référence Commande :

N° Echantillon	001	002	003	004	005	006
Référence client :	ETG_LACA	LACA10	LACA19	LACA54	LACA21	LACA23
Matrice :	ESU	ESU	ESU	ESU	ESU	ESU
Date de prélèvement :	29/03/2023	29/03/2023	29/03/2023	30/03/2023	30/03/2023	30/03/2023
Date de début d'analyse :	03/04/2023	03/04/2023	06/04/2023	04/04/2023	01/04/2023	01/04/2023
Température de l'air de l'enceinte :	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C

Préparation Physico-Chimique

ZS03G : Filtration métaux au laboratoire	001	002	003	004	005	006
	Effectuée	Effectuée	Effectuée	Effectuée	Effectuée	Effectuée

Analyses immédiates

LS002 : Matières en suspension (MES) par filtration	Unité	001	002	003	004	005	006
	mg/l	▲ # 5.4	▲ # 26	▲ # 8.8	▲ # <2.0	* <2.0	* <2.0
LS019 : Titre Alcalimétrique (TA)	°F	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00
LS020 : Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	°F	* 16.2	* 15.8	* 5.3	* 4.5	* 12.4	* 9.8
LS073 : Carbonates (CO3)	mg CO3/l	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0
LS074 : Hydrogénocarbonates (HCO3)	mg HCO3/l	149	144	15.9	6.47	103	71.2
LSH88 : Chlorophylle A	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Indices de pollution

LS02L : Azote Nitrique / Nitrates (NO3)	Unité	001	002	003	004	005	006
Nitrates	mg NO3/l	▲ # <1.00	▲ # <1.00	▲ # <1.00	▲ # <1.00	▲ # 2.11	▲ # <1.00
Azote nitrique	mg N-NO3/l	▲ # <0.20	▲ # <0.20	▲ # <0.20	▲ # <0.20	▲ # 0.48	▲ # <0.20
LS02W : Azote Nitreux / Nitrites (NO2)	Unité	001	002	003	004	005	006
Nitrites	mg NO2/l	▲ # <0.04	▲ # <0.04	▲ # <0.07	▲ # <0.07	▲ # <0.04	▲ # <0.10
Azote nitreux	mg N-NO2/l	▲ # <0.01	▲ # <0.01	▲ # <0.02	▲ # <0.02	▲ # <0.01	▲ # <0.03
LS02I : Chlorures (Cl)	mg/l	* 25.5	* 3.38	* 5.35	* 9.15	* 3.13	* 7.96
LS02R : Ammonium	mg NH4/l	▲ # 0.06	▲ # 0.14	▲ # <0.05	▲ # <0.05	▲ # 0.08	▲ # 0.11
LS02Z : Sulfates (SO4)	mg/l	* 90.2	* <5.00	* <5.00	* <10.0	* <5.00	* <5.00
LS058 : Azote Kjeldahl (NTK)	mg N/l	* 1.1	* 1.6	* 2.0	* 2.1	* 0.7	* 1.6
LS059 : Azote Global (NO2+NO3+NTK)	mg N/l	1.22	1.72	2.12	2.22	1.18	1.73

Métaux

LS128 : Calcium (Ca)	mg/l	* 81.3	* 59.5	* 18.1	* 18.9	* 48.7	* 36.4
----------------------	------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 23E058152

Version du : 14/04/2023

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Date de réception technique : 01/04/2023

Première date de réception physique : 01/04/2023

 Référence Dossier : N° Projet : LACA
 Nom Projet : La Capelle et masmolène
 Nom Commande :
 Référence Commande :

N° Echantillon	001	002	003	004	005	006
Référence client :	ETG_LACA	LACA10	LACA19	LACA54	LACA21	LACA23
Matrice :	ESU	ESU	ESU	ESU	ESU	ESU
Date de prélèvement :	29/03/2023	29/03/2023	29/03/2023	30/03/2023	30/03/2023	30/03/2023
Date de début d'analyse :	03/04/2023	03/04/2023	06/04/2023	04/04/2023	01/04/2023	01/04/2023
Température de l'air de l'enceinte :	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C

Métaux

		*	0.02	*	0.76	*	5.22	*	10.1	*	0.12	*	8.18
LS109 : Fer (Fe)	mg/l	*	0.02	*	0.76	*	5.22	*	10.1	*	0.12	*	8.18
LS133 : Magnésium (Mg)	mg/l	*	8.67	*	4.46	*	1.90	*	1.89	*	3.00	*	3.22
LS136 : Phosphore (P)	mg/l	*	0.025	*	0.071	*	0.028	*	0.080	*	0.011	*	0.107
LS138 : Potassium (K)	mg/l	*	3.46	*	4.95	*	4.40	*	1.81	*	1.36	*	3.61
LS142 : Silicium (Si)	mg/l	*	0.23	*	9.29	*	1.06	*	2.32	*	1.04	*	0.52
LS143 : Sodium (Na)	mg/l	*	9.96	*	1.81	*	2.35	*	3.73	*	1.95	*	4.55
LS154 : Baryum (Ba)	µg/l	*	32.1	*	32.9	*	10.9	*	18.5	*	24.3	*	22.0
LS112 : Zinc (Zn)	µg/l	*	19.4	*	<5.00	*	<5.00	*	14.2	*	<5.00	*	6.1
LS568 : Silice (SiO2)	mg/l		0.49		19.9		2.26		4.96		2.23		1.10

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 23E058152

Version du : 14/04/2023

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Date de réception technique : 01/04/2023

Première date de réception physique : 01/04/2023

 Référence Dossier : N° Projet : LACA
 Nom Projet : La Capelle et masmolène
 Nom Commande :
 Référence Commande :

N° Echantillon	007	008	009	010	011	012
Référence client :	LACA47	LACA55	MARE01	LACA159	LACA160	LACA63
Matrice :	ESU	ESU	ESU	ESU	ESU	ESU
Date de prélèvement :	30/03/2023	29/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023
Date de début d'analyse :	05/04/2023	01/04/2023	01/04/2023	01/04/2023	01/04/2023	01/04/2023
Température de l'air de l'enceinte :	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C

Préparation Physico-Chimique

ZS03G : Filtration métaux au laboratoire	Effectuée	Effectuée	Effectuée	Effectuée	Effectuée	Effectuée
--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Analyses immédiates

		▲ # 35	▲ # 31	* 19	* 4.9	* <2.8	* 2.7
LS002 : Matières en suspension (MES) par filtration	mg/l						
LS019 : Titre Alcalimétrique (TA)	°F	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00
LS020 : Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	°F	* 6.0	* 6.8	* 11.2	* 17.8	* 10.4	* 10.3
LS073 : Carbonates (CO3)	mg CO3/l	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0	<24.0
LS074 : Hydrogénocarbonates (HCO3)	mg HCO3/l	24.0	34.5	87.5	168	78.2	77.1
LSH88 : Chlorophylle A	µg/l	2.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Indices de pollution

LS02L : Azote Nitrique / Nitrates (NO3)							
Nitrates	mg NO3/l	▲ # <1.00	▲ # <1.00	▲ # <1.00	▲ # <1.00	▲ # <1.00	▲ # <1.00
Azote nitrique	mg N-NO3/l	▲ # <0.20	▲ # <0.20	▲ # <0.20	▲ # <0.20	▲ # <0.20	▲ # <0.20
LS02W : Azote Nitreux / Nitrites (NO2)							
Nitrites	mg NO2/l	▲ # <0.04	▲ # <0.07	▲ # <0.04	▲ # <0.04	▲ # <0.04	▲ # <0.07
Azote nitreux	mg N-NO2/l	▲ # <0.01	▲ # <0.02	▲ # <0.01	▲ # <0.01	▲ # <0.01	▲ # <0.02
LS02I : Chlorures (Cl)	mg/l	* 5.38	* 7.27	* 4.40	* 7.41	* 7.23	* 8.72
LS02R : Ammonium	mg NH4/l	▲ # <0.05	▲ # 0.15	▲ # 0.06	▲ # 0.11	▲ # <0.05	▲ # <0.05
LS02Z : Sulfates (SO4)	mg/l	* <5.00	* <5.00	* <5.00	* <5.00	* <5.00	* <5.00
LS058 : Azote Kjeldahl (NTK)	mg N/l	* 1.4	* 1.5	* 0.8	* 0.9	* 0.8	* <0.5
LS059 : Azote Global (NO2+NO3+NTK)	mg N/l	1.52	1.62	0.92	1.02	0.92	0.12

Métaux

LS128 : Calcium (Ca)	mg/l	* 19.4	* 24.8	* 36.4	* 68.5	* 43.7	* 40.2
-----------------------------	------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 23E058152

Version du : 14/04/2023

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Date de réception technique : 01/04/2023

Première date de réception physique : 01/04/2023

 Référence Dossier : N° Projet : LACA
 Nom Projet : La Capelle et masmolène
 Nom Commande :
 Référence Commande :

N° Echantillon	007	008	009	010	011	012
Référence client :	LACA47	LACA55	MARE01	LACA159	LACA160	LACA63
Matrice :	ESU	ESU	ESU	ESU	ESU	ESU
Date de prélèvement :	30/03/2023	29/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023	31/03/2023
Date de début d'analyse :	05/04/2023	01/04/2023	01/04/2023	01/04/2023	01/04/2023	01/04/2023
Température de l'air de l'enceinte :	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C	7.8°C

Métaux

		*	1.41	*	3.35	*	0.19	*	3.38	*	0.04	*	5.27
LS109 : Fer (Fe)	mg/l	*	1.41	*	3.35	*	0.19	*	3.38	*	0.04	*	5.27
LS133 : Magnésium (Mg)	mg/l	*	1.86	*	2.18	*	2.46	*	4.92	*	2.03	*	2.17
LS136 : Phosphore (P)	mg/l	*	0.020	*	0.048	*	0.010	*	0.024	*	<0.005	*	0.012
LS138 : Potassium (K)	mg/l	*	2.14	*	2.89	*	3.48	*	1.84	*	0.74	*	1.26
LS142 : Silicium (Si)	mg/l	*	2.80	*	2.81	*	1.03	*	6.77	*	0.09	*	6.57
LS143 : Sodium (Na)	mg/l	*	2.91	*	3.63	*	2.51	*	5.47	*	4.70	*	6.56
LS154 : Baryum (Ba)	µg/l	*	15.1	*	16.0	*	24.6	*	34.2	*	20.3	*	22.4
LS112 : Zinc (Zn)	µg/l	*	<5.00	*	7.9	*	<5.00	*	10.8	*	12.8	*	<5.00
LS568 : Silice (SiO2)	mg/l		6.00		6.02		2.20		14.5		0.20		14.1

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 23E058152

Version du : 14/04/2023

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Date de réception technique : 01/04/2023

Première date de réception physique : 01/04/2023

 Référence Dossier : N° Projet : LACA
 Nom Projet : La Capelle et masmolène
 Nom Commande :
 Référence Commande :

N° Echantillon	013	014	015
Référence client :	VICTOU08	VICTOU16	LACA178
Matrice :	ESU	ESU	ESU
Date de prélèvement :	31/03/2023	31/03/2023	29/03/2023
Date de début d'analyse :	01/04/2023	01/04/2023	05/04/2023
Température de l'air de l'enceinte :	7.8°C	7.8°C	7.8°C

Préparation Physico-Chimique

ZS03G : Filtration métaux au laboratoire	Effectuée	Effectuée	Effectuée

Analyses immédiates

Code	Unité	013	014	015
LS002 : Matières en suspension (MES) par filtration	mg/l	* 2.7	* 44	▲ # 5.5
LS019 : Titre Alcalimétrique (TA)	°F	* <2.00	* <2.00	* <2.00
LS020 : Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	°F	* 7.7	* 7.0	* 20.4
LS073 : Carbonates (CO3)	mg CO3/l	<24.0	<24.0	<24.0
LS074 : Hydrogénocarbonates (HCO3)	mg HCO3/l	44.8	36.0	200
LSH88 : Chlorophylle A	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1

Indices de pollution

Code	Unité	013	014	015
LS02L : Azote Nitrique / Nitrates (NO3)				
Nitrates	mg NO3/l	▲ # <1.00	▲ # 4.49	▲ # <1.00
Azote nitrique	mg N-NO3/l	▲ # <0.20	▲ # 1.01	▲ # <0.20
LS02W : Azote Nitreux / Nitrites (NO2)				
Nitrites	mg NO2/l	▲ # <0.07	▲ # <0.04	▲ # <0.04
Azote nitreux	mg N-NO2/l	▲ # <0.02	▲ # <0.01	▲ # <0.01
LS02I : Chlorures (Cl)	mg/l	* 8.13	* 5.52	* 11.8
LS02R : Ammonium	mg NH4/l	▲ # 0.06	▲ # 0.30	▲ # <0.05
LS02Z : Sulfates (SO4)	mg/l	* <5.00	* <5.00	* 60.8
LS058 : Azote Kjeldahl (NTK)	mg N/l	* 1.0	* 2.1	* 1.4
LS059 : Azote Global (NO2+NO3+NTK)	mg N/l	1.12	3.12	1.52

Métaux

Code	Unité	013	014	015
LS128 : Calcium (Ca)	mg/l	* 30.0	* 23.8	* 100

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 23E058152

Version du : 14/04/2023

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Date de réception technique : 01/04/2023

Première date de réception physique : 01/04/2023

 Référence Dossier : N° Projet : LACA
 Nom Projet : La Capelle et masmolène
 Nom Commande :
 Référence Commande :

N° Echantillon	013	014	015
Référence client :	VICTOU08	VICTOU16	LACA178
Matrice :	ESU	ESU	ESU
Date de prélèvement :	31/03/2023	31/03/2023	29/03/2023
Date de début d'analyse :	01/04/2023	01/04/2023	05/04/2023
Température de l'air de l'enceinte :	7.8°C	7.8°C	7.8°C

Métaux

LS109 : Fer (Fe)	mg/l	*	2.48	*	3.05	*	0.05
LS133 : Magnésium (Mg)	mg/l	*	2.64	*	2.83	*	4.82
LS136 : Phosphore (P)	mg/l	*	0.016	*	0.032	*	0.022
LS138 : Potassium (K)	mg/l	*	1.49	*	1.55	*	8.29
LS142 : Silicium (Si)	mg/l	*	0.15	*	2.87	*	1.94
LS143 : Sodium (Na)	mg/l	*	3.92	*	2.95	*	5.57
LS154 : Baryum (Ba)	µg/l	*	11.9	*	20.4	*	15.6
LS112 : Zinc (Zn)	µg/l	*	6.4	*	<5.00	*	<5.00
LS568 : Silice (SiO2)	mg/l		0.32		6.15		4.16

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 23E058152

Version du : 14/04/2023

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Date de réception technique : 01/04/2023

Première date de réception physique : 01/04/2023

Référence Dossier : N° Projet : LACA

Nom Projet : La Capelle et masmolène

Nom Commande :

Référence Commande :

Observations	N° d'échantillon	Référence client
Du fait d'une LQ labo supérieure à la LQ réglementaire, la valeur retenue pour le calcul de la somme Azote global (NO ₂ +NO ₃ +NTK) pour le(s) paramètre(s) Nitrates, Nitrites est LQ labo/2	(001) (002) (003) (004) (006) (007) (008) (009) (010) (011) (012) (013) (015)	ETG_LACA / LACA10 / LACA19 / LACA54 / LACA23 / LACA47 / LACA55 / MARE01 / LACA159 / LACA160 / LACA63 / VICTOU08 / LACA178 /
Du fait d'une LQ labo supérieure à la LQ réglementaire, la valeur retenue pour le calcul de la somme Azote global (NO ₂ +NO ₃ +NTK) pour le(s) paramètre(s) Nitrites est LQ labo/2	(005) (014)	LACA21 / VICTOU16 /
La conformité relative à la température relevée à réception des échantillons n'est pas remplie.	(003) (007) (015)	LACA19 / LACA47 / LACA178 /
La filtration a été réalisée préalablement à l'analyse des métaux.	(001) (002) (003) (004) (005) (006) (007) (008) (009) (010) (011) (012) (013) (014) (015)	ETG_LACA / LACA10 / LACA19 / LACA54 / LACA21 / LACA23 / LACA47 / LACA55 / MARE01 / LACA159 / LACA160 / LACA63 / VICTOU08 / VICTOU16 / LACA178 /
L'accréditation a été retirée pour l'analyse identifiée par le symbole ▲. Par conséquent, celle-ci n'est ni présumée conforme au référentiel d'accréditation ni couverte par les accords de reconnaissance internationaux.	(001) (002) (003) (004) (005) (006) (007) (008) (009) (010) (011) (012) (013) (014) (015)	ETG_LACA / LACA10 / LACA19 / LACA54 / LACA21 / LACA23 / LACA47 / LACA55 / MARE01 / LACA159 / LACA160 / LACA63 / VICTOU08 / VICTOU16 / LACA178 /
Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation. L'échantillon a néanmoins été conservé dans les meilleures conditions de stockage.	(001) (002) (003) (004) (005) (006) (007) (008) (009) (010) (011) (012) (013) (014) (015)	ETG_LACA / LACA10 / LACA19 / LACA54 / LACA21 / LACA23 / LACA47 / LACA55 / MARE01 / LACA159 / LACA160 / LACA63 / VICTOU08 / VICTOU16 / LACA178 /
Spectrophotométrie visible automatisée : l'analyse a été réalisée sur l'échantillon filtré à 0.45µm.	(001) (002) (003) (004) (005) (006) (007) (008) (009) (010) (011) (012) (013) (014) (015)	ETG_LACA / LACA10 / LACA19 / LACA54 / LACA21 / LACA23 / LACA47 / LACA55 / MARE01 / LACA159 / LACA160 / LACA63 / VICTOU08 / VICTOU16 / LACA178 /

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 23E058152

Version du : 14/04/2023

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Date de réception technique : 01/04/2023

Première date de réception physique : 01/04/2023

Référence Dossier : N° Projet : LACA
 Nom Projet : La Capelle et masmolène
 Nom Commande :
 Référence Commande :



Marion Medina
 Coordinatrice Projets Clients

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 11 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec $k = 2$) sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé par le gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg pour l'accomplissement de tâches techniques d'étude et de vérification dans le domaine de l'environnement – Détail disponible sur demande

Le résultat d'une somme de paramètres est soumis à une méthodologie spécifique développée par notre laboratoire. Celle-ci peut dépendre de la LQ réglementaire du ou des paramètres sommés. Pour plus d'informations, n'hésitez pas à contacter votre chargé d'affaires ou votre coordinateur de projet client.

Annexe technique

Dossier N° :23E058152

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Emetteur : M Jean Charles MONTAUFIER

Commande EOL : 006-10514-986262

Nom projet : N° Projet : LACA

Référence commande :

La Capelle et masmolène

Nom Commande :

Eau de surface

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LS002	Matières en suspension (MES) par filtration	Gravimétrie [Filtre Millipore AP40] - NF EN 872	2	25%	mg/l	Eurofins Analyses pour l'Environnement France
LS019	Titre Alcalimétrique (TA)	Volumétrie - NF EN ISO 9963-1	2	5%	°F	
LS020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)		2	30%	°F	
LS021	Chlorures (Cl)	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1	1	30%	mg/l	
LS02L	Azote Nitrique / Nitrates (NO3)	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1				
	Nitrates		1	35%	mg NO3/l	
	Azote nitrique		0.2	35%	mg N-NO3/l	
LS02R	Ammonium	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1	0.05	22%	mg NH4/l	
LS02W	Azote Nitreux / Nitrites (NO2)	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1				
	Nitrites		0.04	20%	mg NO2/l	
	Azote nitreux		0.01	20%	mg N-NO2/l	
LS02Z	Sulfates (SO4)		5	20%	mg/l	
LS058	Azote Kjeldahl (NTK)	Volumétrie - NF EN 25663	0.5	35%	mg N/l	
LS059	Azote Global (NO2+NO3+NTK)	Calcul - Calcul			mg N/l	
LS073	Carbonates (CO3)	Calcul - NF EN ISO 9963-1			mg CO3/l	
LS074	Hydrogénocarbonates (HCO3)				mg HCO3/l	
LS109	Fer (Fe)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	0.01	20%	mg/l	
LS112	Zinc (Zn)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	5	31%	µg/l	
LS128	Calcium (Ca)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	1	25%	mg/l	
LS133	Magnésium (Mg)		0.01	30%	mg/l	
LS136	Phosphore (P)		0.005	30%	mg/l	
LS138	Potassium (K)		0.1	25%	mg/l	
LS142	Silicium (Si)		0.02	16%	mg/l	
LS143	Sodium (Na)		0.05	25%	mg/l	
LS154	Baryum (Ba)		ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.2	15%	µg/l
LS568	Silice (SiO2)	Calcul - Calcul			mg/l	
LSH88	Chlorophylle A	Flux continu - NF T 90-117	0.1		µg/l	
ZS03G	Filtration métaux au laboratoire	Filtration - Méthode interne				

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flacons des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 23E058152

N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-073664-01

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-986262

Nom projet : N° Projet : LACA

Référence commande :

La Capelle et masmolène

Nom Commande :

Eau de surface

N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique (1)	Date de Réception Technique (2)	Code-Barre	Nom Flacon
001	ETG_LACA	29/03/2023 13:25:00	01/04/2023	01/04/2023		
002	LACA10	29/03/2023 13:25:00	01/04/2023	01/04/2023		
003	LACA19	29/03/2023 13:25:00	06/04/2023	06/04/2023		
004	LACA54	29/03/2023 13:25:00	04/04/2023	04/04/2023		
005	LACA21	29/03/2023 13:25:00	01/04/2023	01/04/2023		
006	LACA23	29/03/2023 13:25:00	01/04/2023	01/04/2023		
007	LACA47	29/03/2023 13:25:00	05/04/2023	05/04/2023		
008	LACA55	29/03/2023 13:25:00	01/04/2023	01/04/2023		
009	MARE01	29/03/2023 13:25:00	01/04/2023	01/04/2023		
010	LACA159	29/03/2023 13:26:00	01/04/2023	01/04/2023		
011	LACA160	29/03/2023 13:26:00	01/04/2023	01/04/2023		
012	LACA63	29/03/2023 13:26:00	01/04/2023	01/04/2023		
013	VICTOU08	29/03/2023 13:26:00	01/04/2023	01/04/2023		
014	VICTOU16	29/03/2023 13:26:00	01/04/2023	01/04/2023		
015	LACA178	29/03/2023 13:26:00	05/04/2023	05/04/2023		

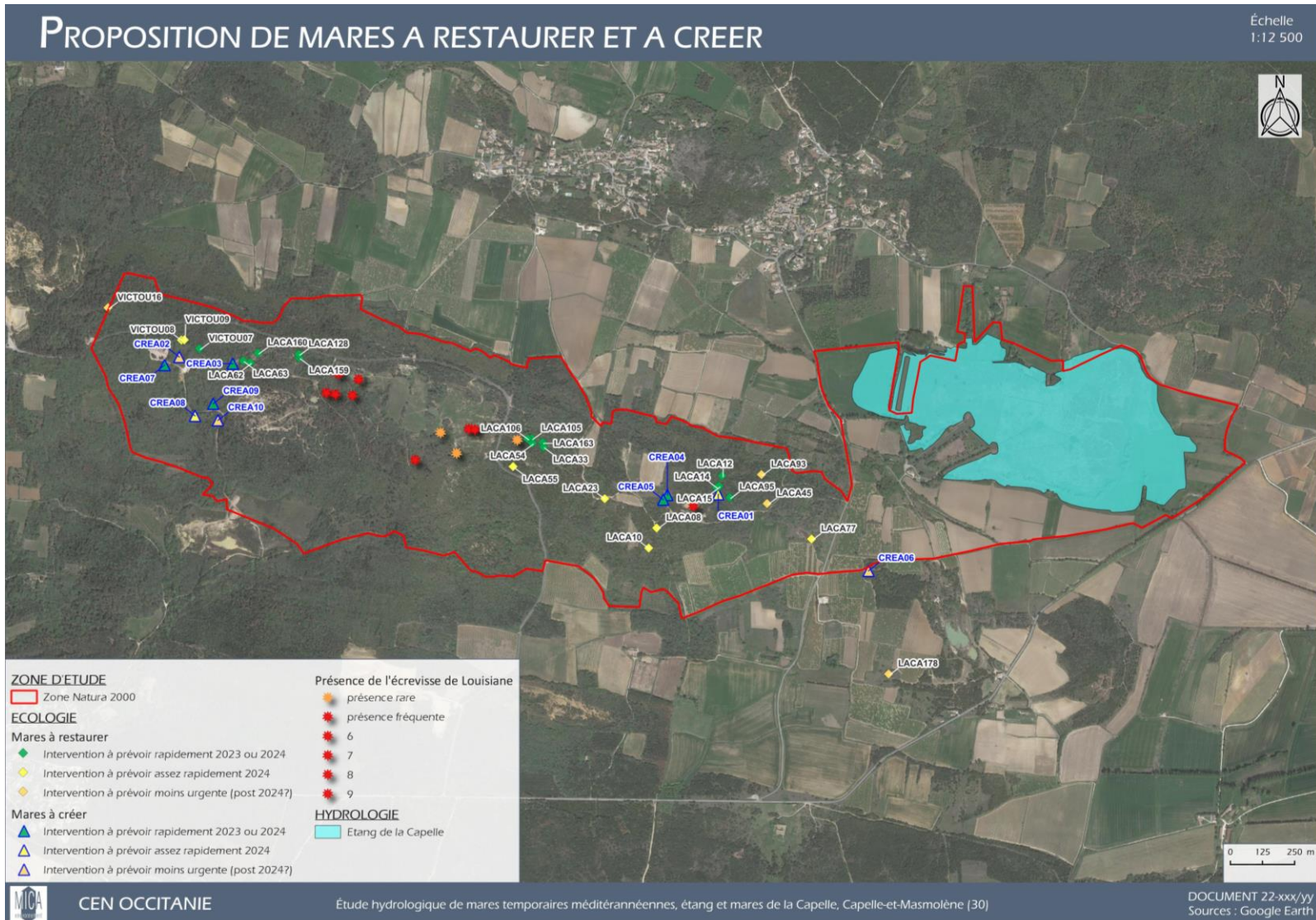
(1) : Date à laquelle l'échantillon a été réceptionné au laboratoire.

Lorsque l'information n'a pas pu être récupérée, cela est signalé par la mention N/A (non applicable).

(2) : Date à laquelle le laboratoire disposait de toutes les informations nécessaires pour finaliser l'enregistrement de l'échantillon.

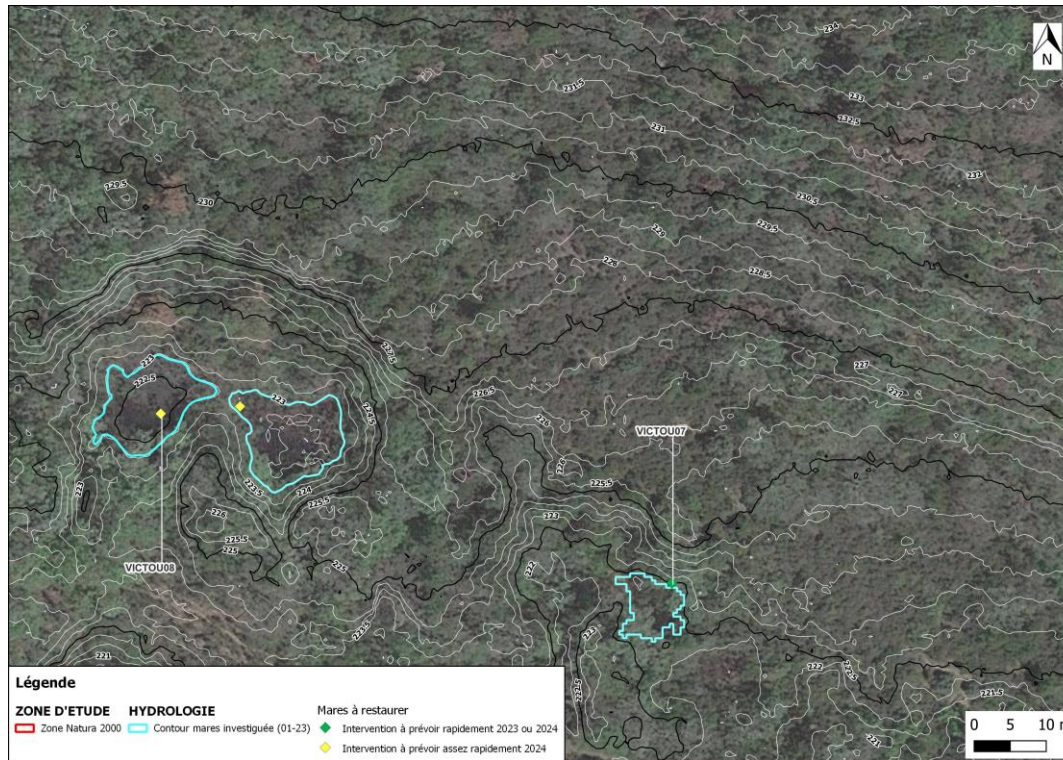
Annexe III : Fiches descriptives des mares à restaurer

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER



PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

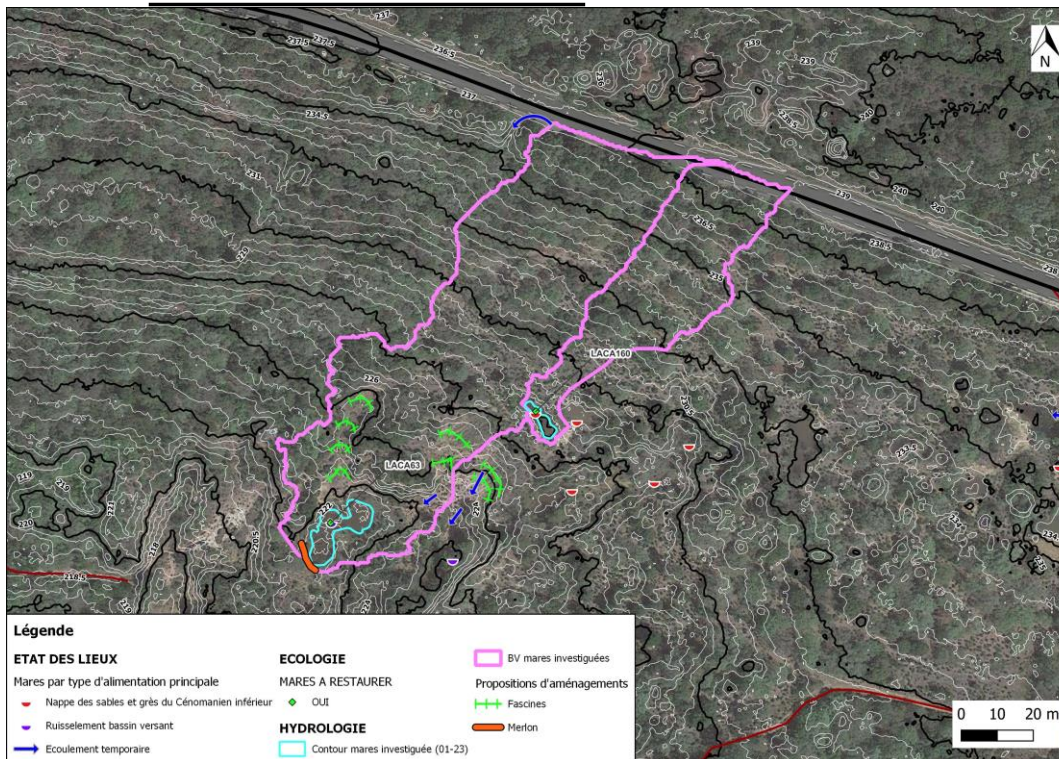
- VICTOU07



Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention	Remarque
VICTOU07	Moyen à fort	<ul style="list-style-type: none"> - Réouverture sur les côtés (du côté des phragmites) - Faucardage phragmites et décaissement pour suppression des rhizomes 	En partie commune de Saint-Victor-des-Oules	Fort (tritons)	Moyen	Moyen	

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

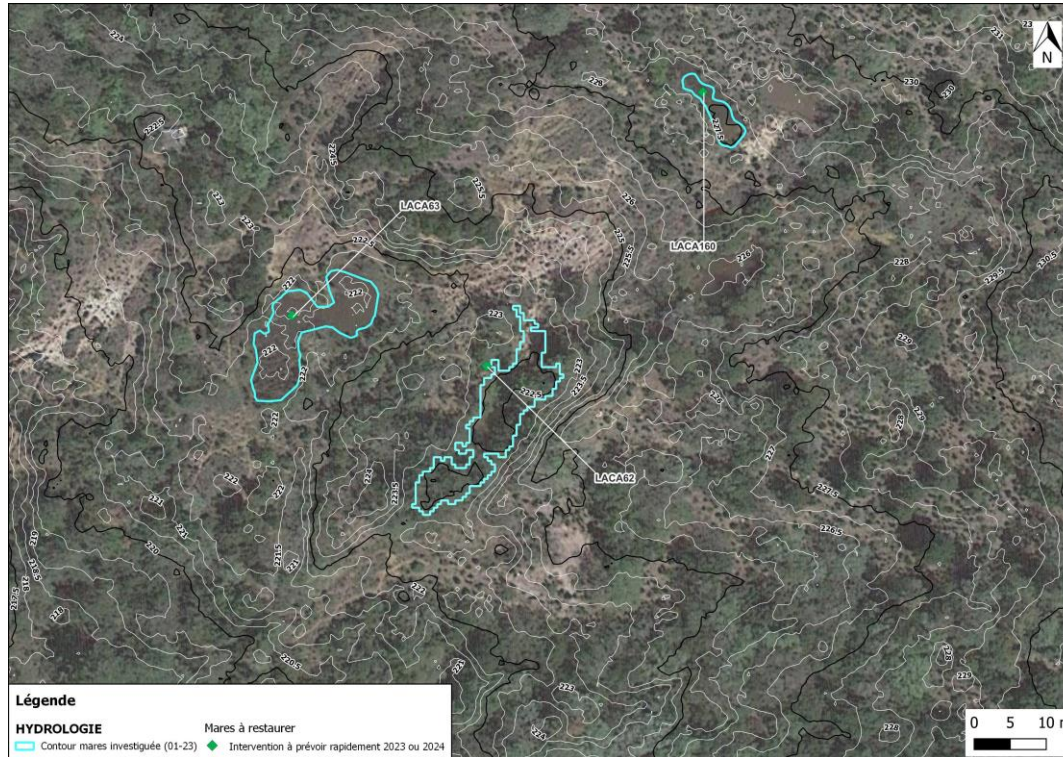
• LACA63 ET LACA160



Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention
LACA063	Avancé (avant le faucardage des phragmites réalisé en octobre 2022)	<ul style="list-style-type: none"> - Fascinage en amont (anti-érosion) pour piégeage sédiments - Faucardage à prévoir de façon récurrente tous les 2 ans à minima (chantier bénévole ?) 	Commune de La Capelle et Masmolène	Fort (présence triton)	Moyen	Elevé
LACA160	Faible	<ul style="list-style-type: none"> - Enlever l'accumulation de feuilles et de matière organique sur une faible épaisseur (5 cm) - Conserver des eaux peu profondes pour Nitella tenuissima (0 à 1m), - Léger surcreusement (50 cm max) à la main (pelles et pioches) du secteur Nord-Ouest et suppression de l'arbre situé dans la mare, pour prolongement de la période de présence potentielle de Nitella tenuissima durant l'été - Mettre quelques blocs dans la zone surcreusée pour limiter la présence de sangliers 	Commune de La Capelle et Masmolène	Fort (charas)	Difficile	Faible

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

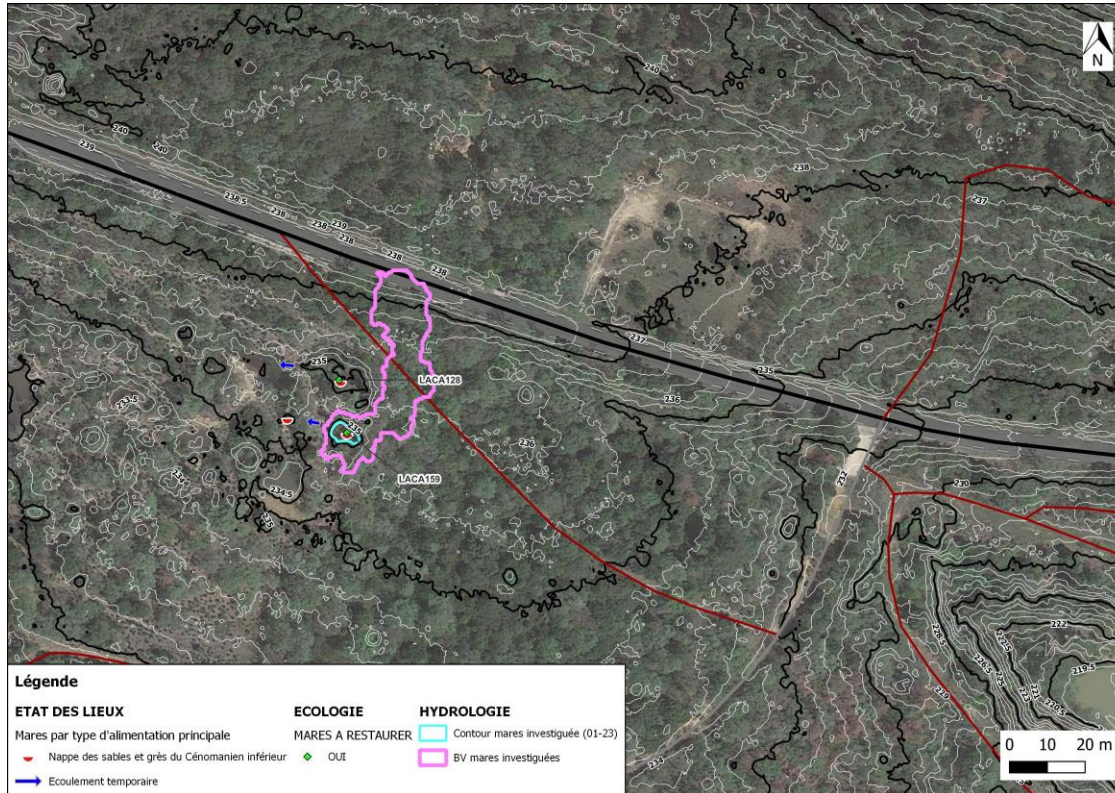
- LACA62



Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention
LACA62	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> - Couper les pins dans la mare, ainsi que quelques uns au sud et au nord de la mare - Fascinage en amont 	Commune de La Capelle et Masmolène	Moyen à fort (charas 2022, mais pas de tritons)	Moyen	Moyen à élevé

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

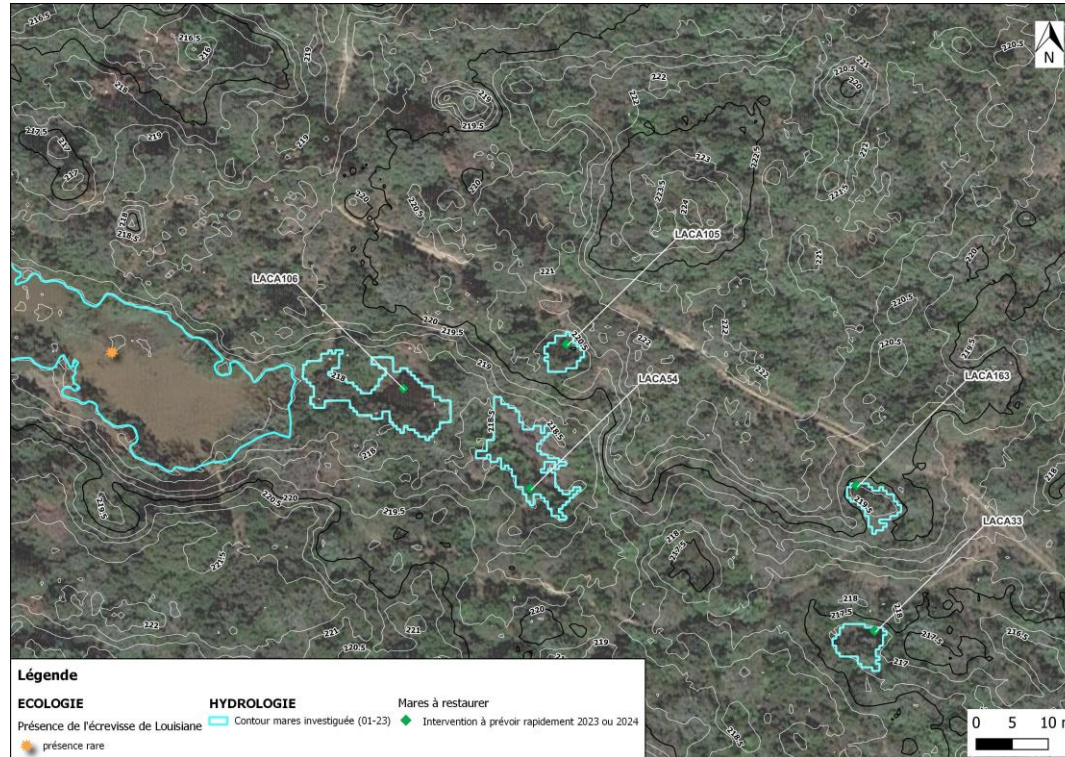
• LACA128 ET LACA159



Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention	Remarque
LACA128	Moyen	- Faucardage phragmite et décaissement sur env 30 cm pour suppression des rhizomes	Commune de La Capelle et Masmolène	Fort (triton+charas)	Moyen (60 m au Nord d'une piste) et uniquement garrigue entre piste et mare	Moyen	Intervention possible en même temps sur ces deux mares situées juste à côté
LACA159	Moyen	- Réouverture légère végétation rivulaire - Laisser des morceaux de bois coupés à l'interface eau-terre - Créer des irrégularités des contours en rive Nord (augmenter la longueur de l'interface eau/terre) - Curage différentiel (sur 2 ans)	Commune de La Capelle et Masmolène	Fort (charas)			

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

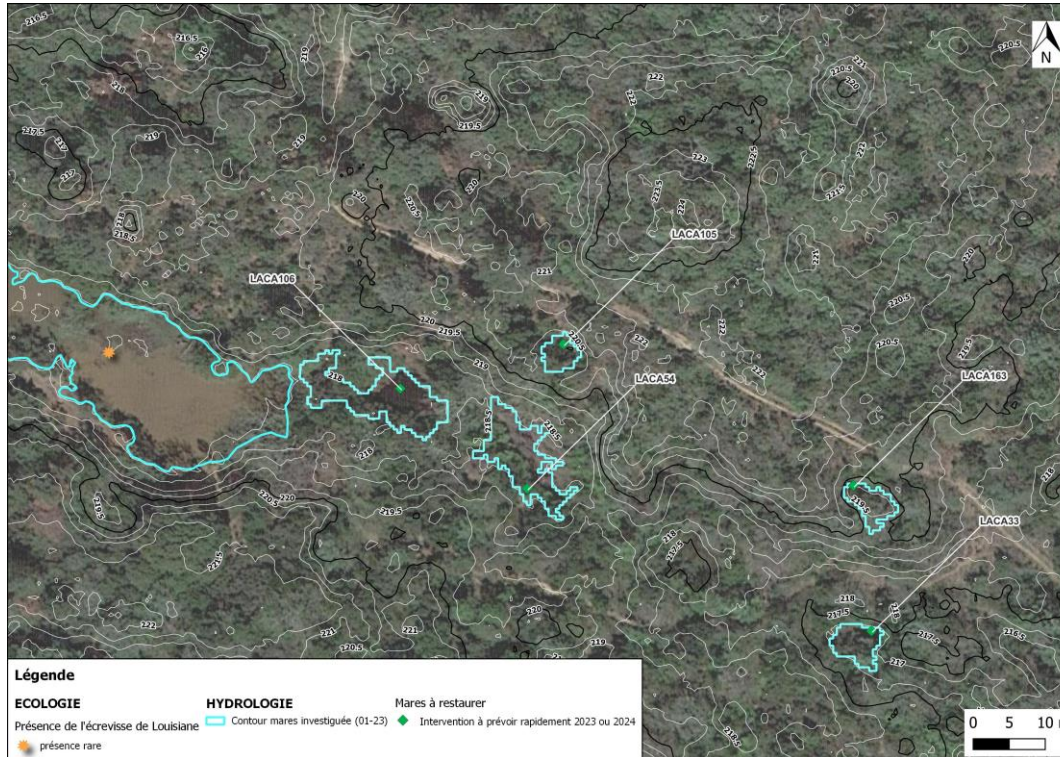
- LACA105 ET 106



Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention
LACA105	Fort	- Surcreuser sur environ 50 cm	Privé	Fort (tritons)	Assez facile, proche chemin	Faible
LACA106	Fort	- Surcreuser sur environ 50 cm	Privé	Fort (tritons)	Assez facile, proche chemin	Faible

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

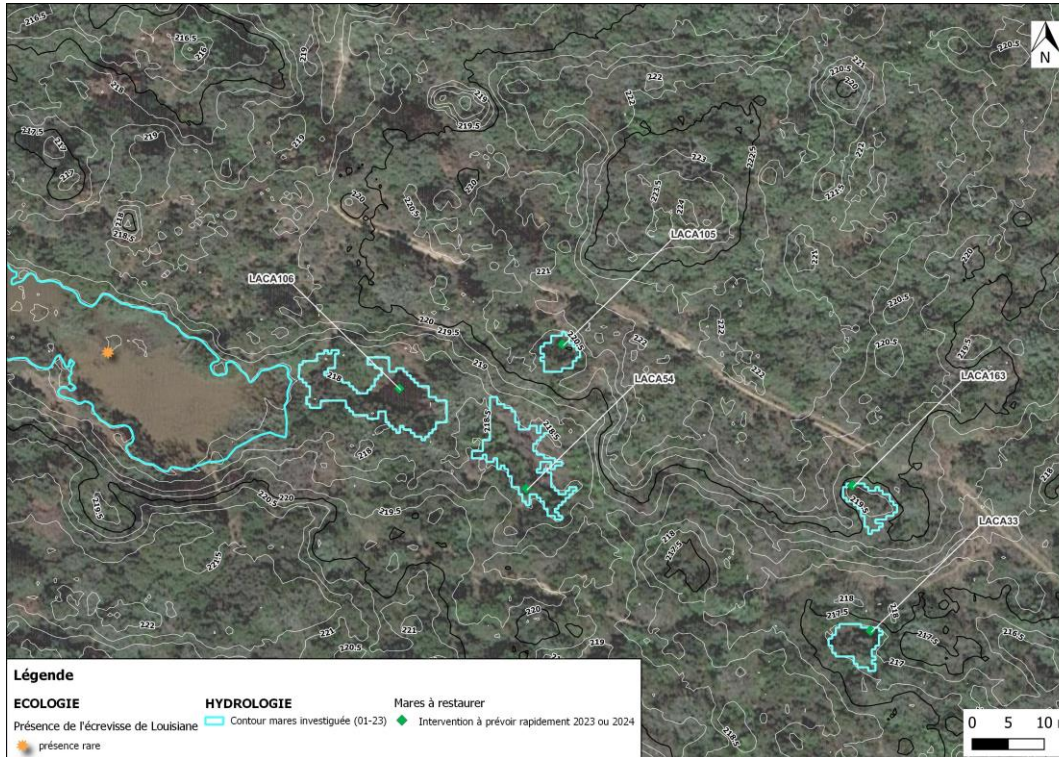
- LACA54



Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention
LACA054	Fort	- Faucardage phragmites - Curage sur 30 cm pour suppression des rhizomes	Privé	Fort (tritons)	Moyen	Moyen

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

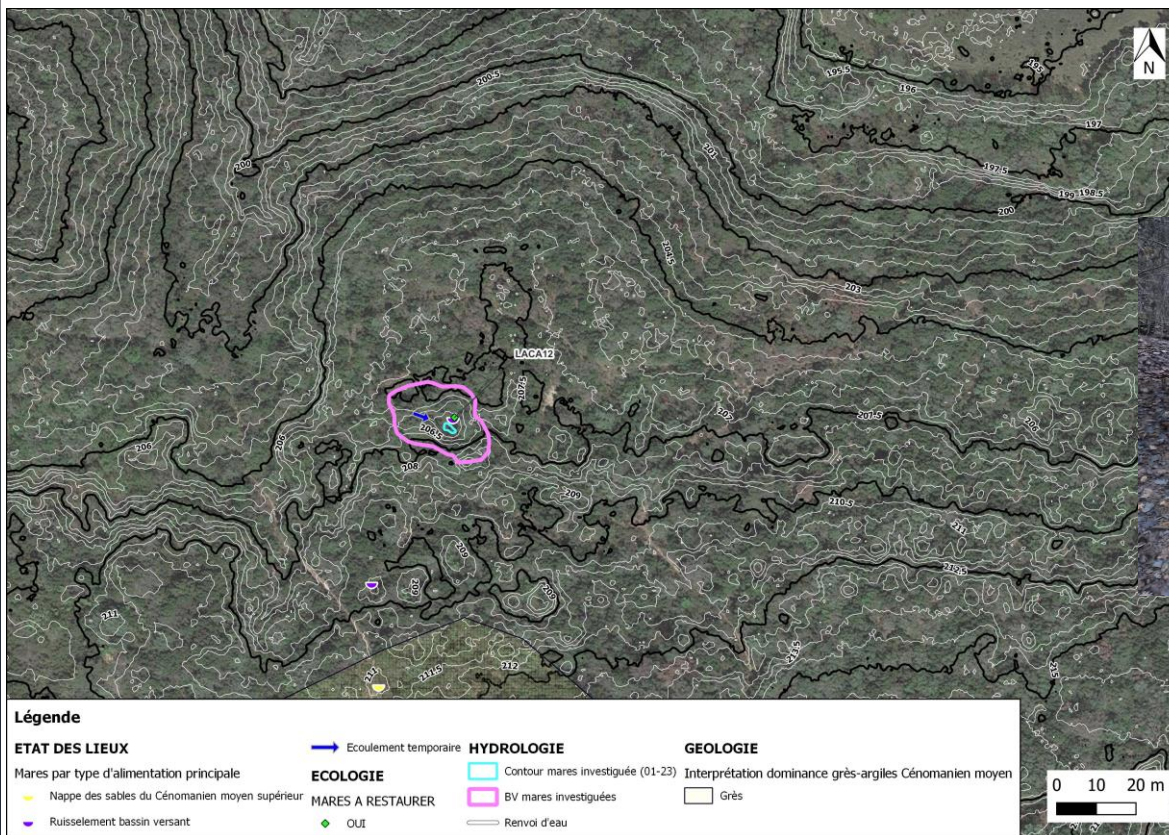
• LACA33 ET LACA163



Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention
LACA033	Moyen à fort	- Surcreuser sur environ 50 cm - Réouvrir la végétation rivulaire	Privé	Faible à moyen (pas de tritons ni charas), mais forte densité de mares à tritons dans le secteur	Moyen	Faible
LACA163	Fort	-Curage et surcreusement sur environ 50 cm - Couper le chêne qui surplombe la mare	Privé		Facile (proche sentier)	Faible à moyen

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

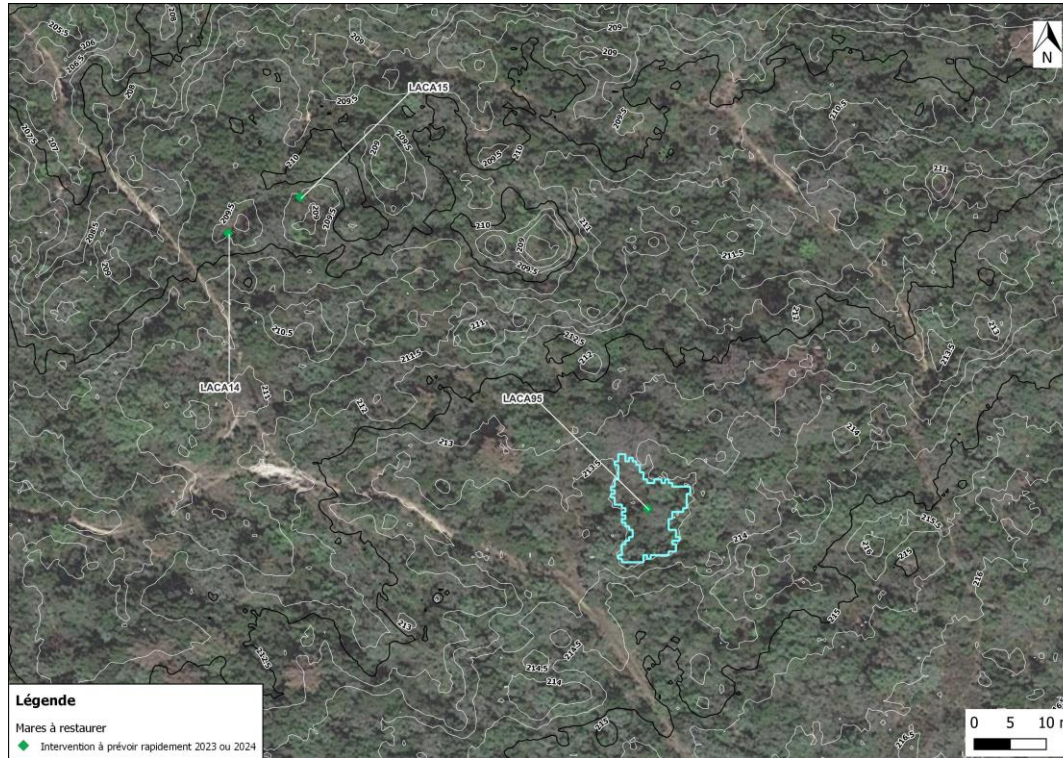
- LACA12



Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention	Remarque
LACA012	Avancé	<ul style="list-style-type: none"> - Réouverture (élagage à la tronçonneuse) - Agrandir la mare actuellement de faible extension - Surcreuser sur 50 cm à 1 m avec pentes douces 	Commune de La Capelle et Masmolène	Fort (triton + charas)	Difficile	Moyen à élevé	<p>Faible chance de pérennité s'il n'y a pas d'entretien dans le temps</p> <p>Surcreusement important (environ 1m) pour éviter un assèchement rapide</p>

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

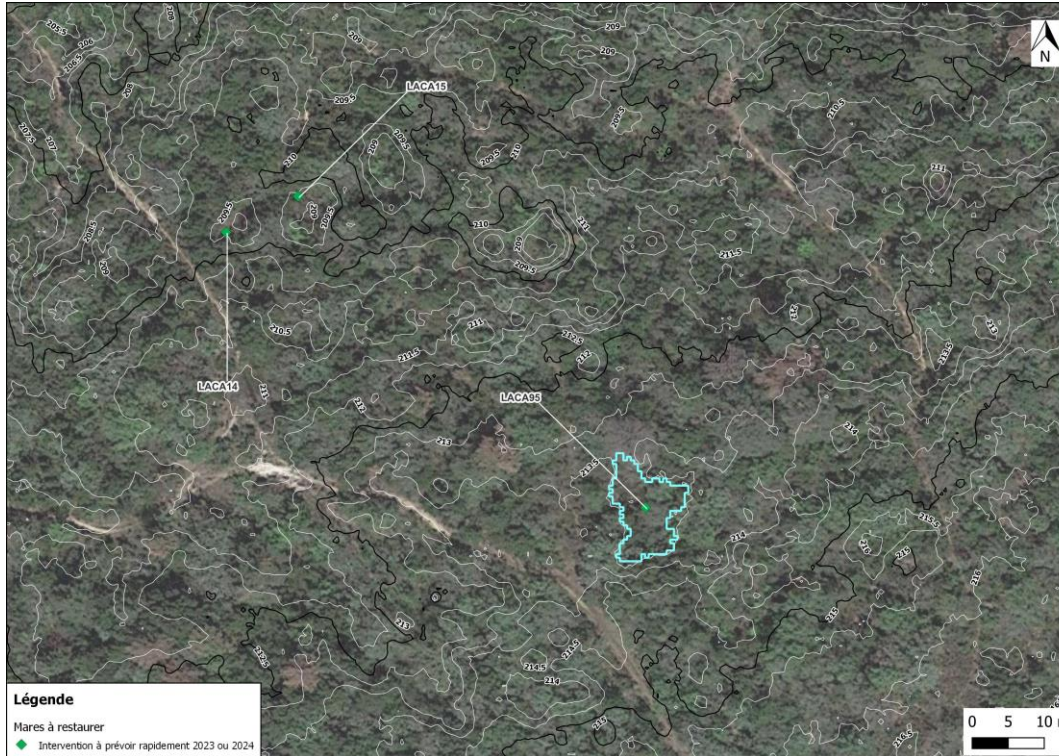
- LACA14 ET LACA15



Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention
LACA14	Comblé	<ul style="list-style-type: none"> - Surcreuser sur environ 80 cm à 1m - Réouvrir la végétation rivulaire 	Privé	Fort (tritons)	Moyen (proche sentier, mais couvert végétal dense)	Moyen
LACA15	Comblé	<ul style="list-style-type: none"> - Surcreuser sur environ 80 cm à 1m - Réouvrir la végétation rivulaire - Suppression des phragmites 				

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

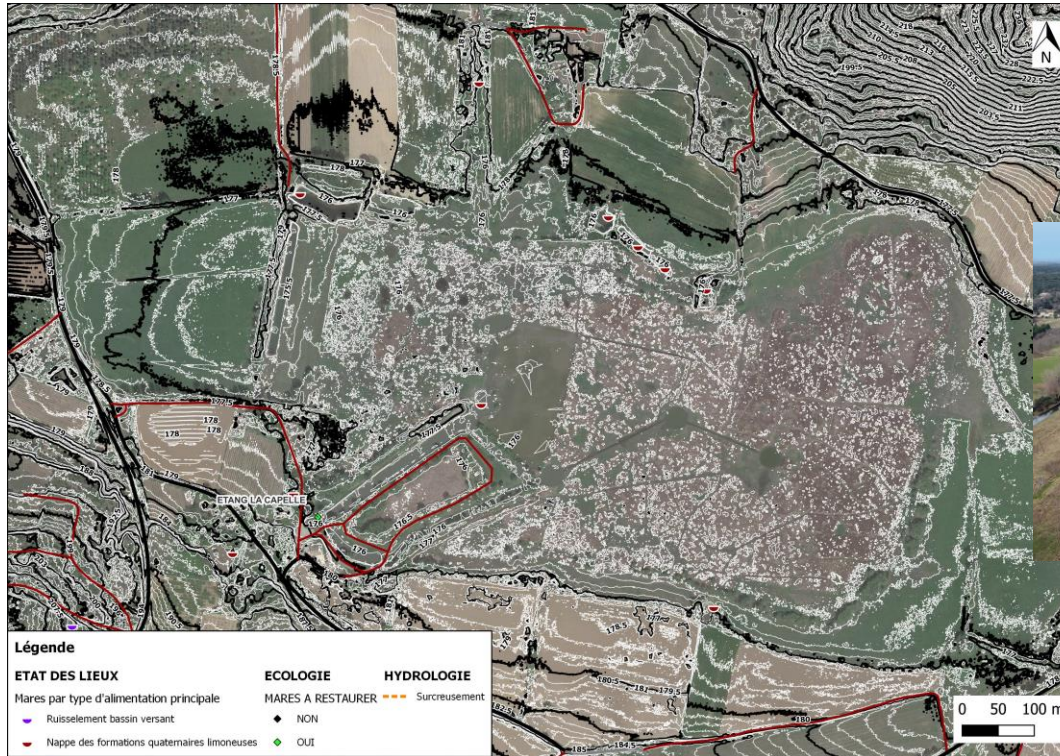
- LACA95



Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention
LACA95	Fort	<ul style="list-style-type: none"> - Supprimer arbre mort - Réouverture - Curage matière organique et feuilles mortes 	Privé	Fort (tritons)	Moyen	Moyen

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

• ETANG DE LA CAPELLE



Nom MARE	Niveau trophique	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention	Priorisation
ETG_LACA	-	Avancé	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de gestion à définir et mettre en œuvre - Sécurisation qualité eau BV via docs urbanisme et autres (PLU, notice impact N2000,...) - Gestion par faucardage phragmitaie, décaissement racine au moins 30 cm pour suppression des rhizomes, - Pâturage bovins+chevaux - Favoriser des mosaïques d'habitats - Sensibilisation/échnages avec les agriculteurs qui pompent sur les trous d'eau périphériques à l'étang (mise en place de compteurs?) - Mise en place d'un suivi piézométrique de la nappe en lien avec l'étang et des niveaux de l'étang, notamment en partie Ouest et suivi parallèle des niveaux des forages AEP afin d'estimer l'impact éventuel des pompages AEP sur les niveaux de l'étang. 	Principalement commune de La Capelle et Masmolène	Fort (Habitat 3170 notamment)	Dépend des secteurs d'intervention autour de l'étang	Elevé	Plan de gestion prioritaire qui devra définir les actions à mener et leur hiérarchisation

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

- MARES NON PRIORITAIRES
INTERVENTION À PRÉVOIR ASSEZ RAPIDEMENT (2024)

Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention
LACA08	Moyen	- Faucardage phragmite et décaissement sur env 30 cm pour suppression des rhizomes - Débroussaillage et élagage d'une partie de la végétation rivulaire	Privé	Fort (triton)	Facile	Moyen
LACA10	Moyen	- Réouverture (dont ouverture au sud pour ensoleillement) par élagage à la tronçonneuse. - Curage sédiment à la main. Pas de surcreusement	Privé	Fort (triton + charas)	Difficile 50 m de la piste mais sous couvert forestier	Faible
LACA23	Moyen	- Réouverture végétation rivulaire coté Sud et Est	Privé	Fort (triton + charas)	Facile	Faible
LACA55	Moyen	- Réouvrir par élagage au Nord / Nord-Est - Laisser des morceaux de bois coupés à l'interface eau-terre - Adoucir les pentes (47%) en cassant le talus côté Ouest pour faire communiquer la mare avec la LACA56 - Curage différencié	Privé	Fort (characées)	Difficile	Moyen
LACA77	Avancé	- Demande d'un avis technique d'experts concernant l'avifaune qui pourrait fréquentée cette mare avant toute intervention - Faucardage partiel des phragmites avec creusement sur env 30 cm à la minipelle pour enlever les rhizomes - Création d'un haut fond en queue de mare (nord-ouest) + fascinage en amont, et créer un bassin tampon de sédimentation en amont accessible et curable et ainsi limiter accumulation de sédiments - Terrassement des pentes de berges (adoucir et revoir la géométrie pour augmenter la longueur de l'interface eau-terre). Pente douce à prévoir nord-ouest pour le passage du triton.	Privé	Fort (triton)	Facile	Elevé
VICTOU08	Faible	- Réouverture légère de la végétation rivulaire - Mettre en bordure de mare les arbres morts accumulés dans la mare - Coupe éventuelle de quelques arbres morts encore sur pied	Privé	Fort (tritons et charas)	Facile	Faible
VICTOU09	Moyen à fort	- Faucardage phragmites	Privé	Fort (tritons)	Difficile	Faible à moyen

PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

- MARES NON PRIORITAIRES**

INTERVENTION À PRÉVOIR MOINS URGENTE (POST 2024)

Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention	Remarque
LACA45	Comblé	<ul style="list-style-type: none"> - Enlèvement des déchets - Surcreusement de la mare pour éventuellement recouper la nappe - Merlon côté route pour éviter que de nouveaux déchets soient déversés dans la mare - Faire un tas avec les morceaux d'arbres mort 	Privé	Fort (tritons)	Facile (proche piste)	Moyen à élevé	Prévoir un puits à la pelle (mini-pelle) sur une profondeur de 4m avant intervention en période estivale (juillet-août) afin de faire un levé des sols et formations géologiques en place et reconnaître la profondeur d'une nappe d'eau éventuelle
LACA93	?	-Rouvrir et surcreuser? Mare non observée	Privé	Fort (tritons)	Difficile	?	
LACA178	Moyen à avancé	<ul style="list-style-type: none"> -Diminuer les pentes sur un coté de la mare (côté Ouest) - Faucardage phragmites et curage sur au moins 30 cm à la minipelle pour enlever les rhizomes - Créer des irrégularités des contours des rives (augmenter la longueur de l'interface eau/terre) - Sensibilisation arboriculteurs avoisinants (produits phytosanitaires, engrais,...) - Ajout mare au Nord-Ouest pour connexion avec la population Est 	Privé	Fort (tritons et chara depuis 2022), située hors Zone N2000	Facile	Elevé	
VICTOU16	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation / échange avec chasseurs au préalable - Curage + surcreusement/élargissement - Réouvrir : élagage des arbres et coupe des bruyères - Mieux capter l'eau de ruissellement en amont venant de la piste - Piège à sédiments en amont de la mare (en bord de piste) 	Commune de Saint-Victor-des-Oules	Moyen à fort (charas, pas de triton)	Facile	Moyen	

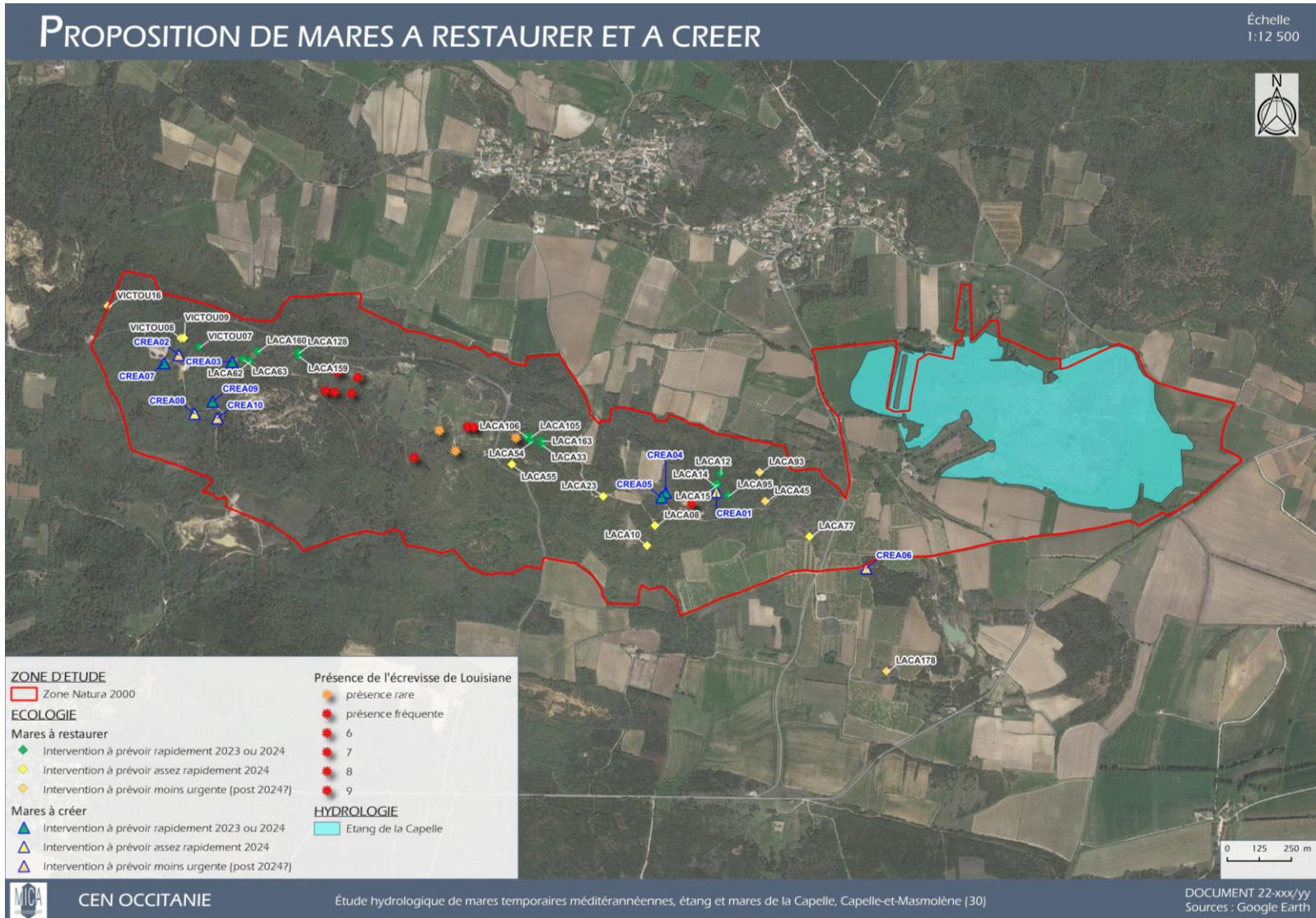
PROPOSITION DE MARES A RESTAURER

• MARES SANS RESTAURATION OU A SUIVRE

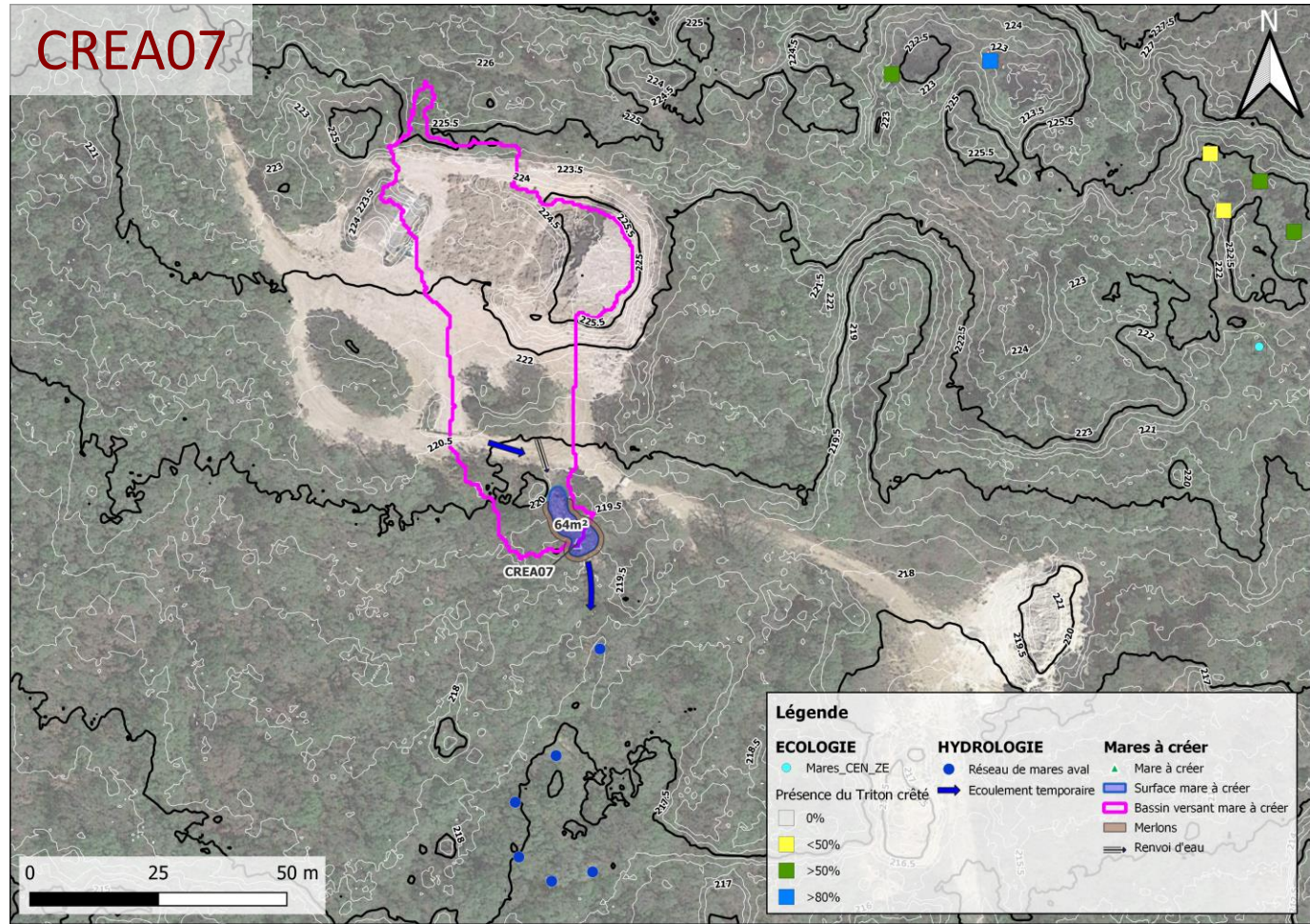
Nom MARE	Niveau d'atterrissement	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (faune/flore)	Accès	Coût / niveau d'intervention	Remarque
LACA19	Faible à moyen	-Néant	Privé	Fort (tritons)	-	-	
LACA21	Moyen	-Néant	Privé	Fort (triton)	-	-	
LACA32	Faible à moyen	-Néant	Privé	Fort (tritons)	-	-	
LACA47	Moyen	-Néant	Commune de La Capelle et Masmolène	Moyen à fort (pas de triton, pas de chara, mais espèces de plantes protégées)	Facile	-	Mares en amont aux eaux limpides - Impact des berges dénudées sur la turbidité de l'eau de LACA 47? Influence probablement forte des poissons sur la turbidité de l'eau
LACA52	Comblé	- Néant (mare comblée par de la végétation et des déchets) - Eventuellement prévoir l'évacuation des déchets)	Privé	Faible	Facile	-	
LACA59	Moyen	- Pas d'intervention de restauration préconisée - Suivi des écrevisses de Louisiane à poursuivre - Piégeage ou mesures pour limiter la propagation des écrevisses	Privé	Faible	-	-	
LACA108	Avancé	- Pas d'intervention de restauration préconisée (écrevisses de Louisiane à proximité et déjà observé dans cette mare)	Privé	Faible	Moyen	-	
LACA167	Faible à moyen	- Néant	Privé	Fort (tritons)	-	-	
LACA168	Faible à moyen	- Néant	Privé	Fort (tritons)	-	-	
MARE01	Faible	- Pas d'intervention de restauration préconisée - Suivi des écrevisses à poursuivre	Privé	Fort (characées plusieurs espèces)	-	-	

Annexe IV : Fiches descriptives des mares à créer

PROPOSITION DE MARES A CREER



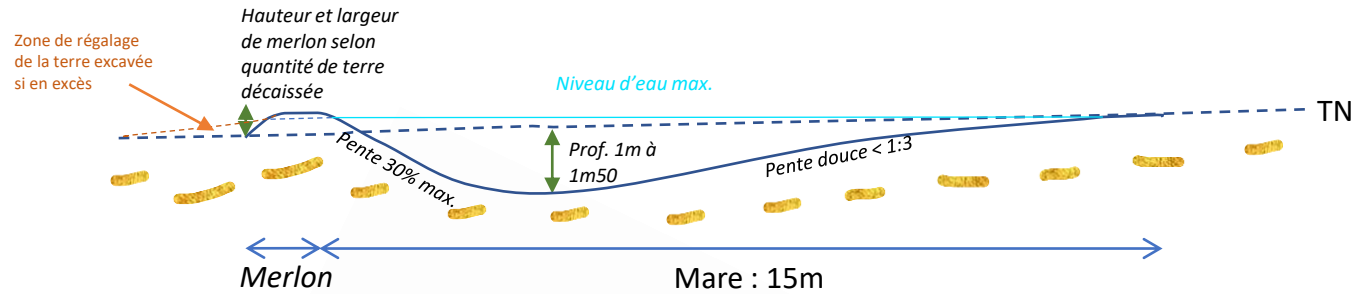
PROPOSITION DE MARES A CREER



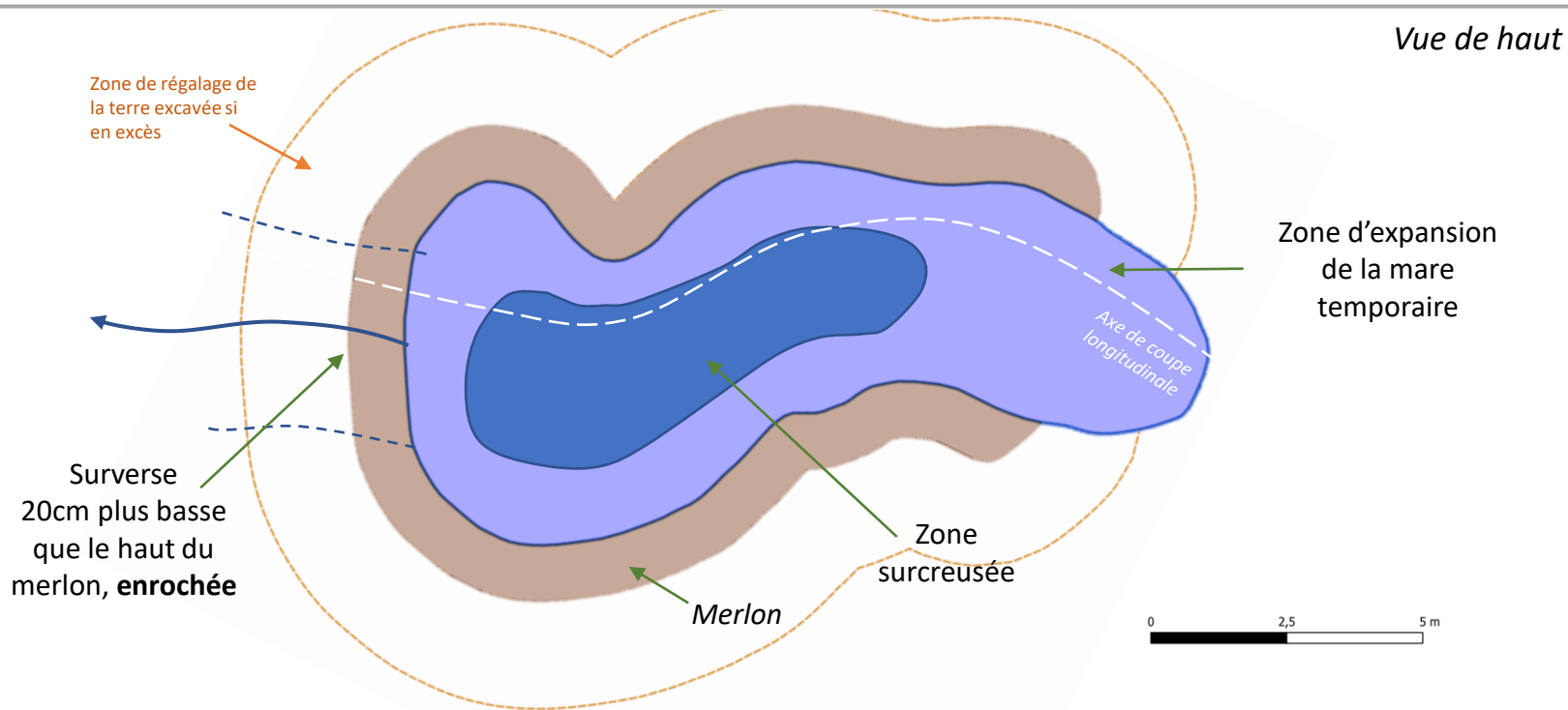
nom MARE	Surface BV (ha)	Alimentation supposée	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (connectivité et maillage du réseau de mares)	Accès	Coût (niveau d'intervention)
CREA07	0,219	BV amont (piste)	- Creusement d'un bassin de décantation pour limiter la quantité de fines provenant de la plateforme de concassage et de la piste de la carrière. Les écoulements de surverse du bassin alimenteront directement en aval un petit réseau de 6 mares en cascade	Privé	Extension de la population de tritons au Sud-Ouest (forte présence de tritons à moins de 300m)	Facile (en bord de piste)	Moyen

PROPOSITION DE MARES A CREER

CREA07

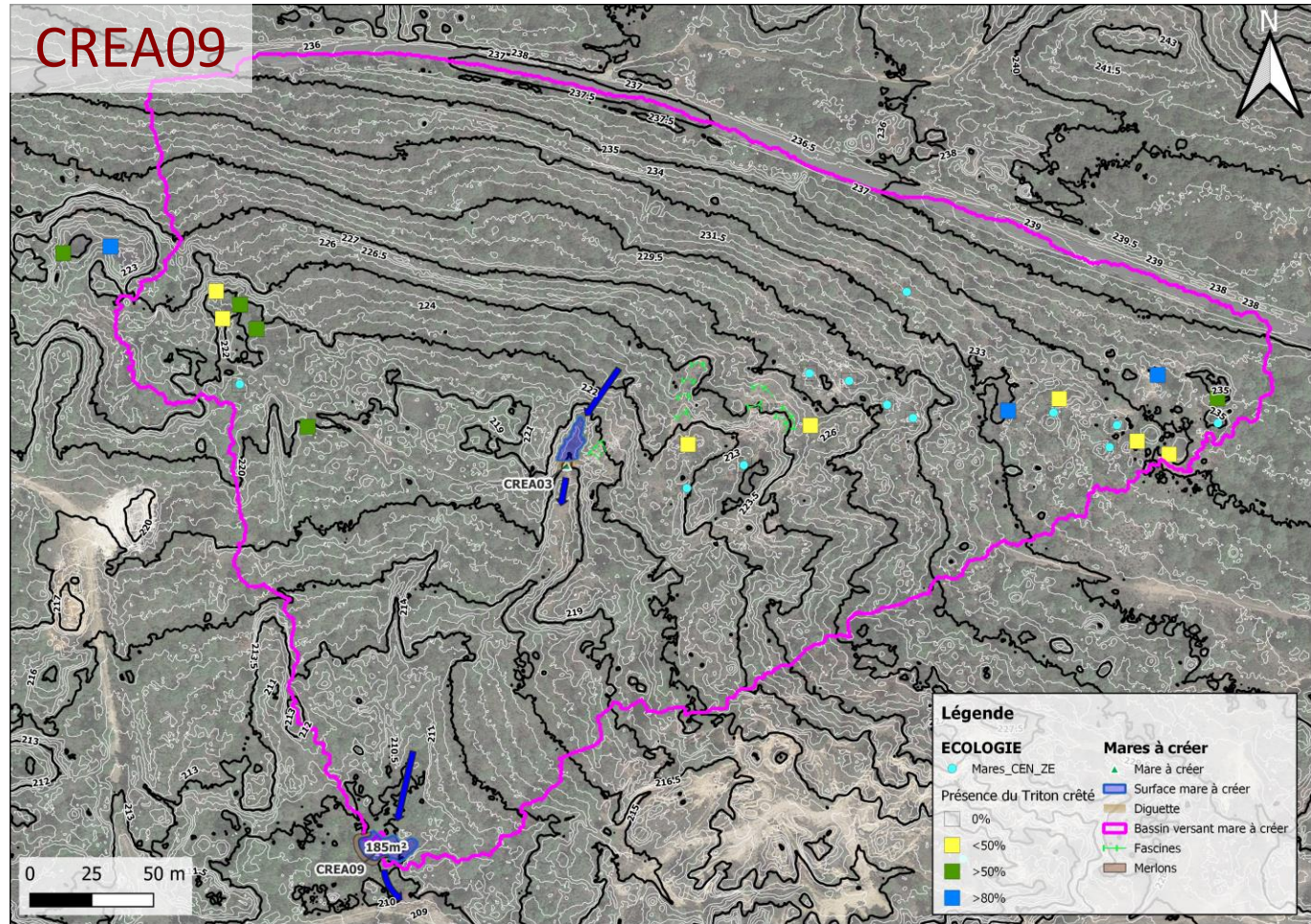


Coupe longitudinale



Vue de haut

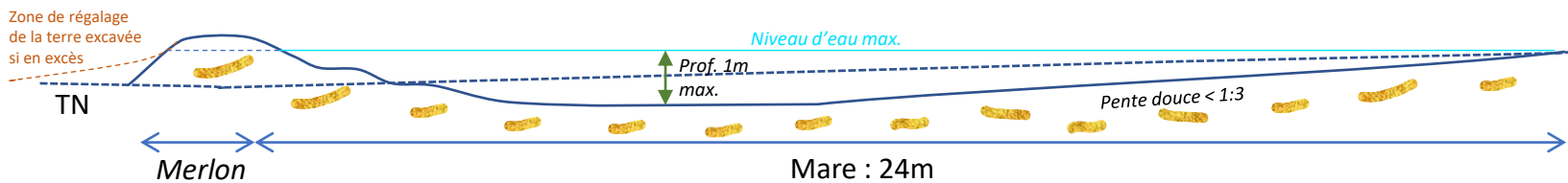
PROPOSITION DE MARES A CREER



nom MARE	X (RGF93)	Y (RGF93)	Surface BV (ha)	Alimentation supposée	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (connectivité et maillage du réseau de mares)	Accès	Coût (niveau d'intervention)	Priorisation	Remarque
CREA09	820 597	6 328 538	8.869	1 - BV amont (talweg)	<ul style="list-style-type: none"> - Surcreusement sur au moins 80 cm dans un secteur de replat humide dans l'axe d'un talweg - Mise en merlon des déblais autour de la zone surcreusée (au Sud et à l'Ouest) afin de fermer la mare - Réouverture de la végétation et faucardage des phragmites et suppression des rhizomes 	Limite privé/publique	Extension de la population de tritons au Sud-Ouest (forte présence de tritons à moins de 200m)	Moyen (à 25m d'une piste, mais une végétation dense sépare la piste de la future mare, qui nécessite d'ouvrir un accès à la minipelle)	Elevé	1	Importante zone actuellement en dépression et bonne alimentation par le talweg amont

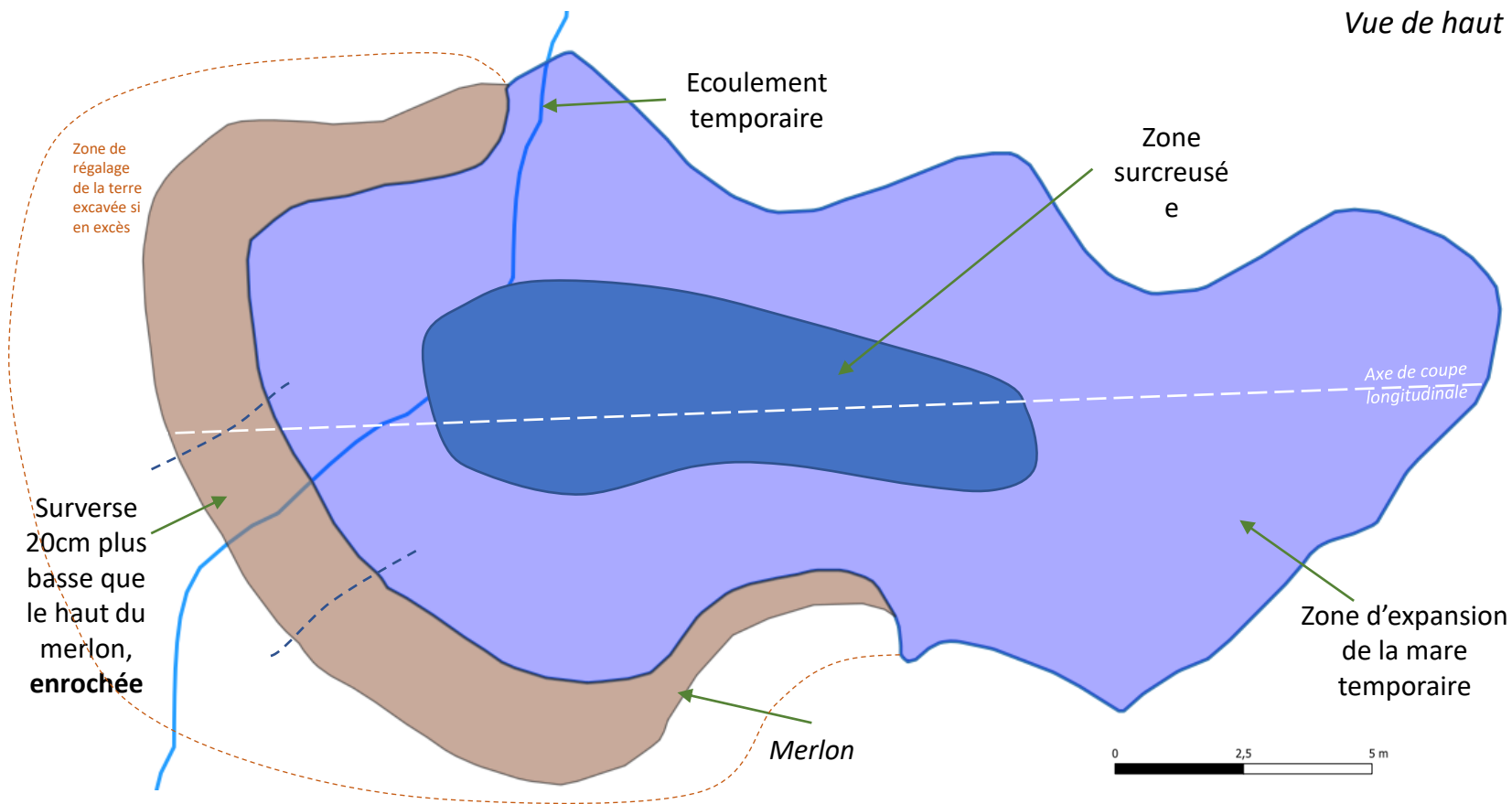
PROPOSITION DE MARES A CREER

CREA09

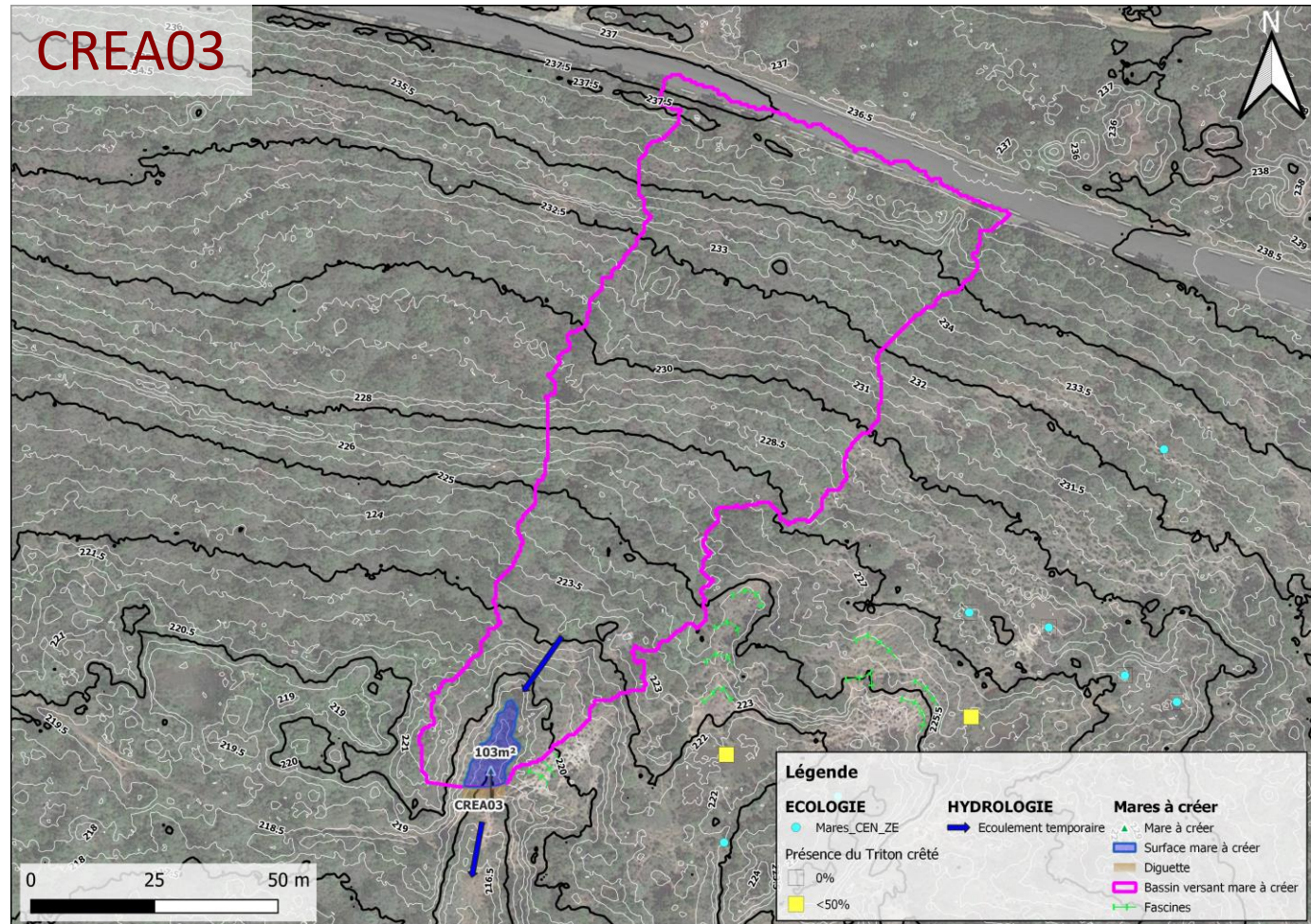


Coupe longitudinale

Vue de haut

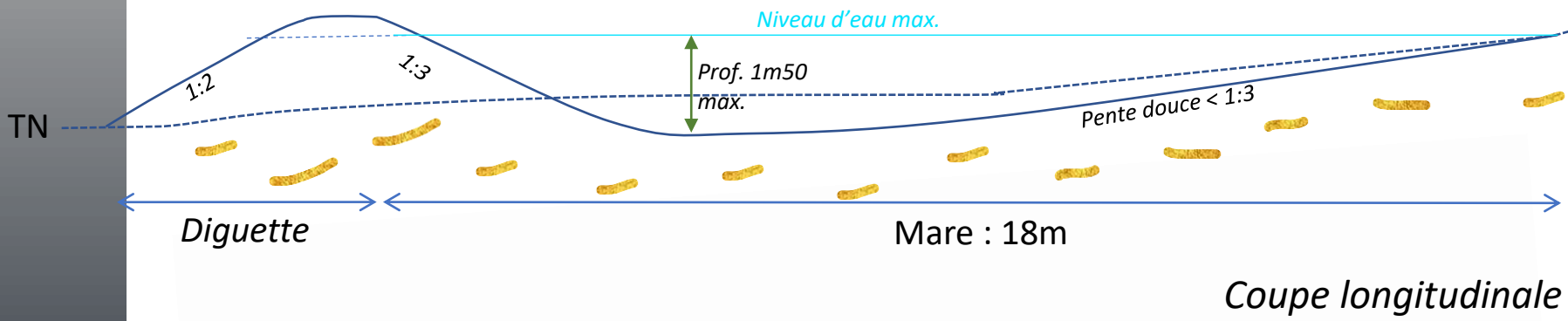


PROPOSITION DE MARES A CREER

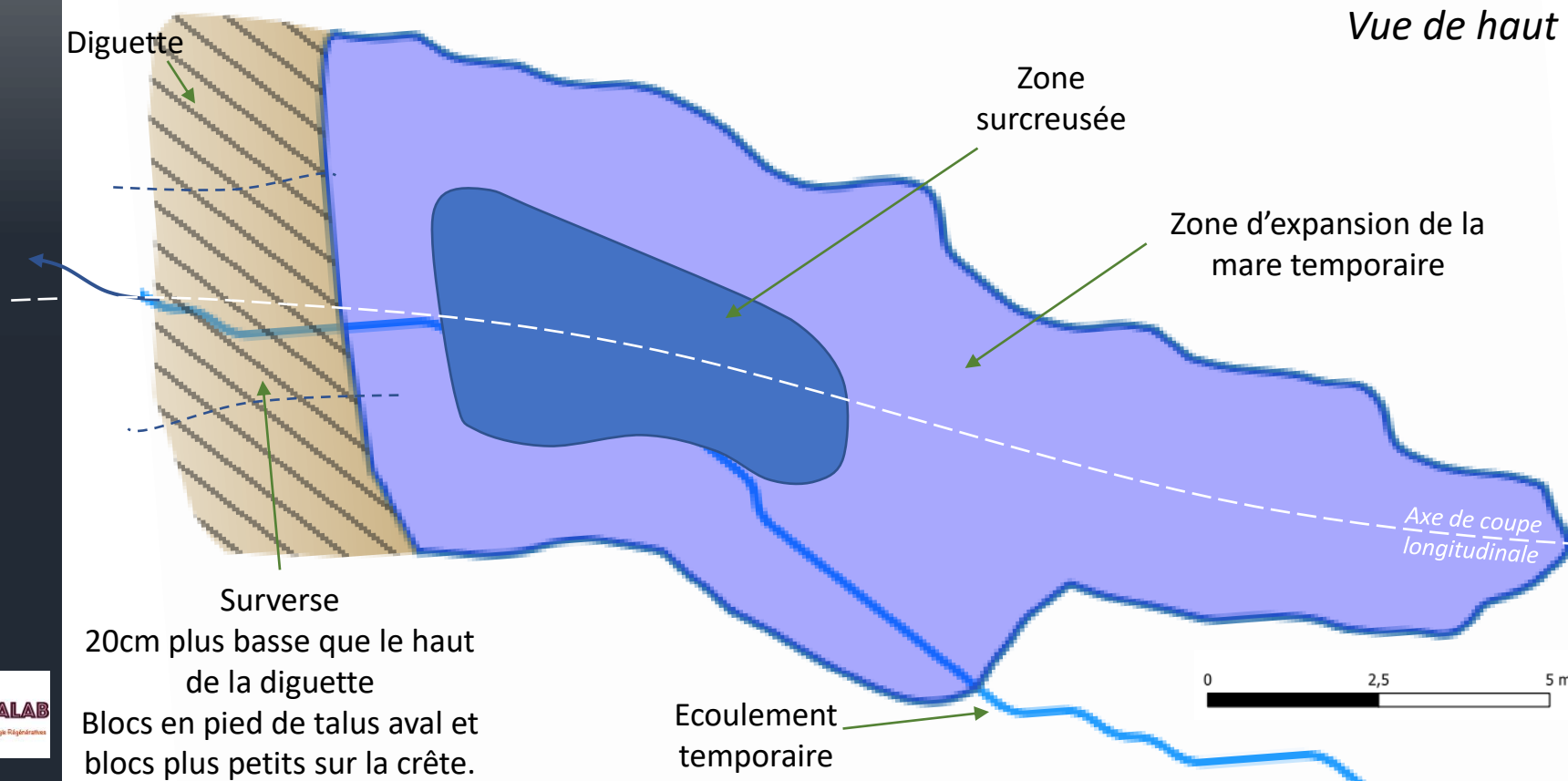


nom MARE	Surface BV (ha)	Alimentation supposée	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (connectivité et maillage du réseau de mares)	Accès	Coût (niveau d'intervention)	Remarque
CREA03	0,708	1- BV amont	<ul style="list-style-type: none"> - Surcreusement talweg (déblai) pour création (remblai) d'une diguette de 1m de haut qui ferme le talweg (Courbe de niveau 218,5) au nord du sentier - Diguette à compacter et enrochée sur le parement amont et aval - Fascinage piège à sédiment en amont sur zone érodée 	Commune de La Capelle et Masmolène	<ul style="list-style-type: none"> Améliorer la connectivité de deux sous-population de tritons / Ralentissement des écoulements sur le talweg 	Facile	Elevé (Minipelle, accès facile et peu de terre à déblayer-remblayer par rapport au volume d'eau potentiel dans la mare)	Chantier à combiner idéalement avec les chantiers sur LACA63, LACA62 et LACA160

PROPOSITION DE MARES A CREER CREA03

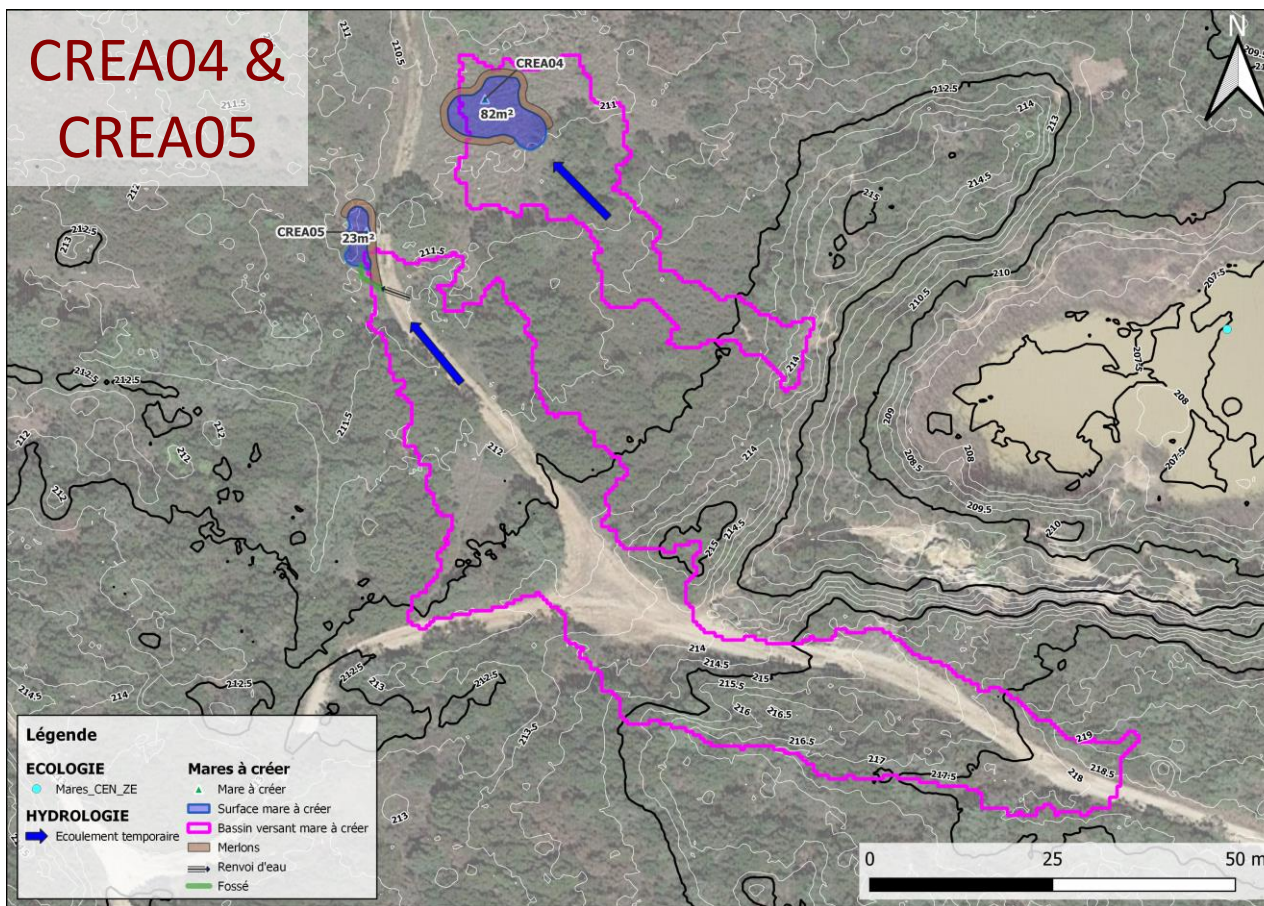


Coupe longitudinale



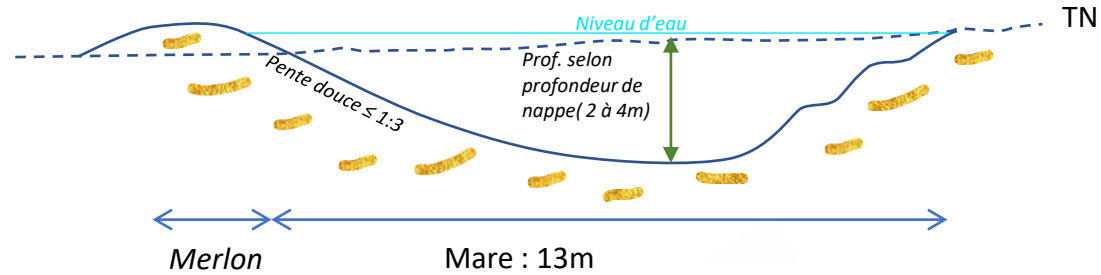
Vue de haut

PROPOSITION DE MARES A CREER



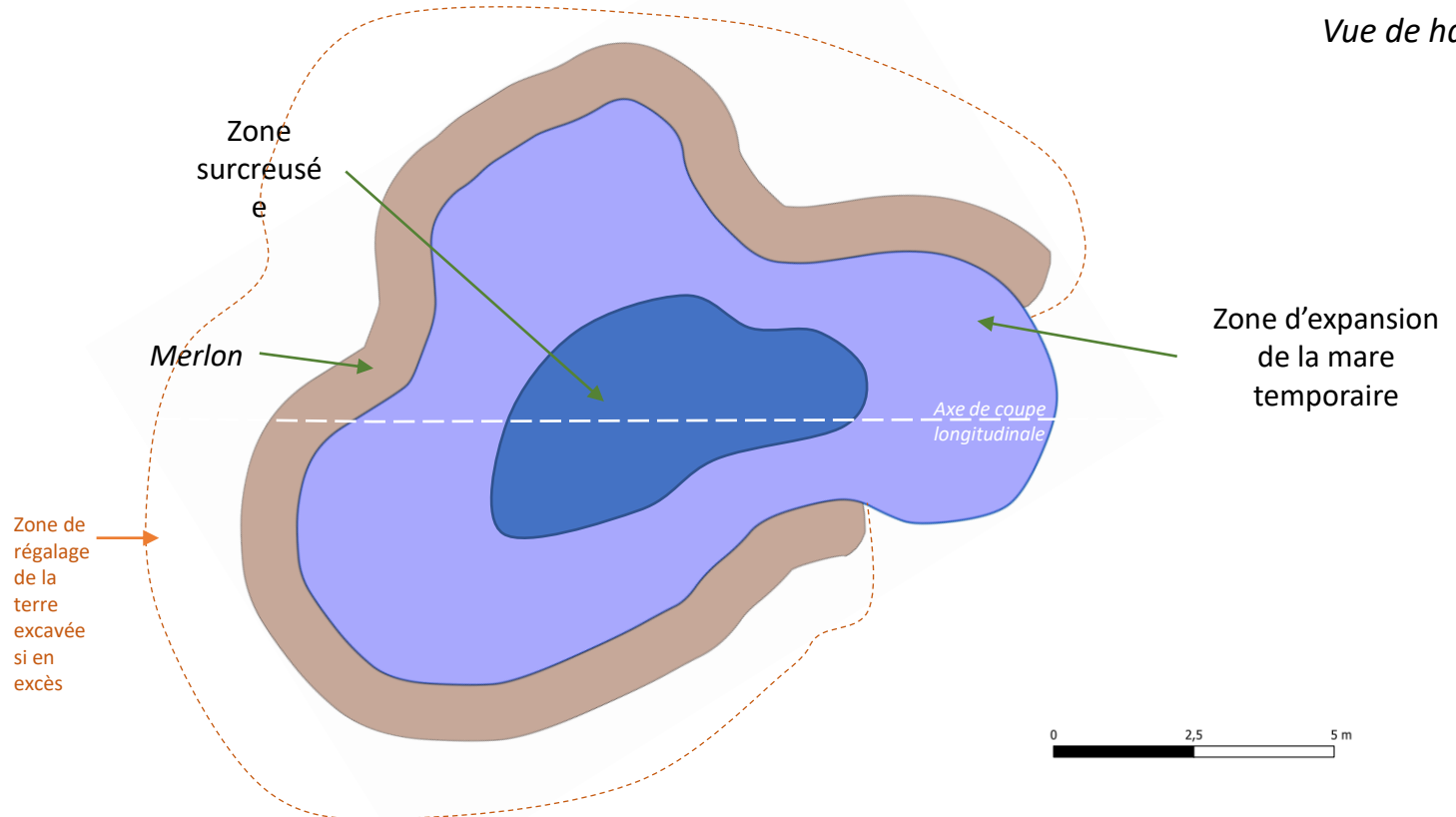
nom MARE	Surface BV (ha)	Alimentation supposée	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (connectivité et maillage du réseau de mares)	Accès	Coût (niveau d'intervention)	Remarque
CREA04	0,068	1- Nappe des sables du Cénomanien moyen supérieur 2 - BV amont	- Creusement de la mare dans la zone de clairière - Profondeur et profil des berges à définir en fonction des résultats du puits à la pelle (indications de surface et de profondeur données sur le plan de coupe)	Privé	Connectivité de deux sous-population de tritons	Facile	Moyen à élevé	Prévoir un puits à la pelle (mini-pelle) sur une profondeur de 4m avant intervention en période estivale (juillet-août) afin de faire un levé des sols et formations géologiques en place et reconnaître la profondeur d'une nappe d'eau éventuelle
CREA05	0,224	1- BV amont 2 - Nappe des sables du Cénomanien moyen supérieur	- Surcreusement en bord de piste pour création de la mare - Déviation eaux de la piste vers la mare, par renvoi d'eau	Privé	Connectivité de deux sous-population de tritons	Facile	Moyen (Minipelle, accès facile)	

PROPOSITION DE MARES A CREER CREA04

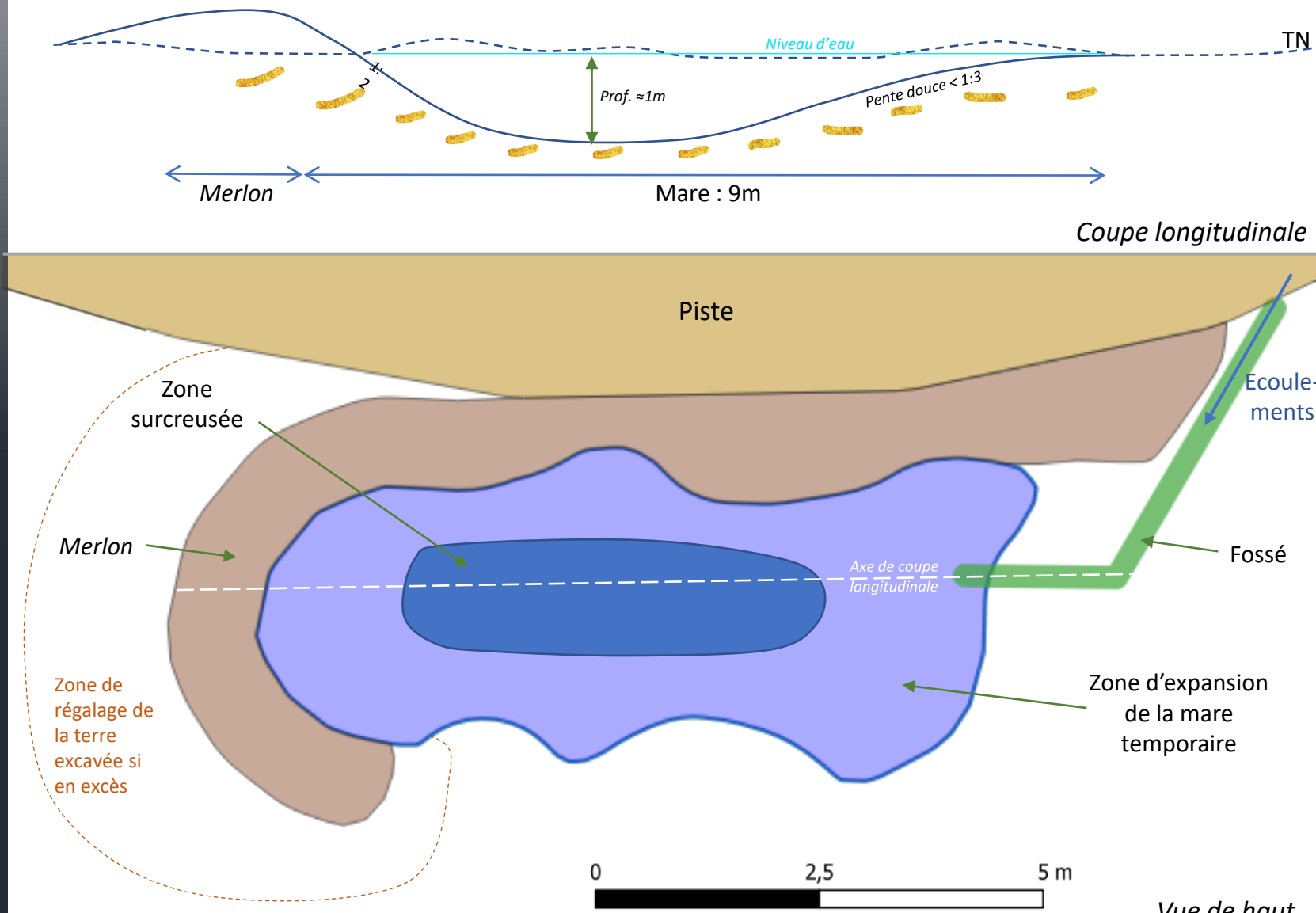


Coupe longitudinale

Vue de haut



PROPOSITION DE MARES A CREER CREA05



PROPOSITION DE MARES A CREER

• MARES NON PRIORITAIRES

nom MARE	Alimentation supposée	Surface BV (ha)	Préconisations	Foncier	Enjeu / Intérêt (connectivité et maillage du réseau de mares)	Accès	Coût (niveau d'intervention)	Priorisation	Remarque
CREA01	1- BV amont 2- Nappe des sables du Cénomaniens moyen supérieur	0,737	- Dérivation des eaux provenant du talweg qui passe quelques mètres à l'Ouest part mise en place d'un revers d'eau sur la piste et création d'un merlon dans le prolongement - Surcreusement de la petite dépression existante sur une profondeur d'au moins 1m - Panneau sensibilisation (bord de sentier)	Privé	Connectivité de deux sous-population de tritons	Facile	Moyen (Minipelle, accès facile)	2	Prévoir un puits à la pelle (mini-pelle) sur une profondeur de 4m avant intervention en période estivale (juillet-août) afin de faire un levé des sols et formations géologiques en place et reconnaître la profondeur d'une nappe d'eau éventuelle
CREA08	1- Nappe des sables du Cénomaniens moyen supérieur 2- BV amont (piste)	2,331	- Surcreusement d'une zone en dépression existante en bordure de la piste de roulage de la carrière et récupération des eaux de ruissellement de la piste - Laisser une pente douce côté Nord et une profondeur limitée - Approfondir la partie Sud-Est, mare en forme de L à prévoir - Améliorer l'alimentation par un renvoi d'eau de la piste vers la mare	Privé	Extension de la population de tritons au Sud-Ouest (forte présence de tritons à moins de 300m)	Facile (en bord de piste)	Moyen	2	Importante zone actuellement en dépression (environ 100m ²)
CREA02	1- BV amont	0,127	- Merlon 1 m de hauteur environ barrant le talweg pour formation d'une mare en amont - Réouverture de la végétation - Faucardage phragmite et suppression rhizomes	Privé	Extension Sud de la population de tritons Ouest	Facile	Faible à moyen (Accès facile et peu de terre à déblayer-remblayer par rapport au volume d'eau potentiel dans la mare)	3	
CREA06	1- BV amont	1,323	- Surcreusement d'une zone en légère dépression au sein d'un bosquet - Possibilité d'alimentation par les eaux piste passant à proximité - Merlon le long de la piste pour éviter le comblement de la mare par des déchets déversés depuis le bord de la piste	Privé	Extension Sud de la population de tritons Est	Facile	Moyen (Minipelle, accès facile)	3	A faire après restauration de la LACA77
CREA10	1- Nappe des sables du Cénomaniens moyen supérieur 2- BV amont	5,743	- Surcreusement dans un replat en fond de talweg - Abattage de pins pour éclaircir la zone	Privé	Extension de la population de tritons au Sud-Ouest (forte présence de tritons à moins de 300m)	Moyen (à son d'une piste, mais nécessité d'abattre plusieurs pins pour se frayer un chemin de la piste jusqu'à la	Elevé	3	Importante zone de replat existante avec traces d'humidité

Pour plus d'informations :

Luc Capon
Chargé de projet territoire Garrigues & Cévennes
luc.capon@cen-occitanie.org

Mélissa Hoffmann Bernard
Coordinatrice du projet LIFE Terra Musiva
m.bernard@gorgesdugardon.fr

www.LIFE-terra-musiva.org
www.facebook.com/LIFEterramusiva



Le projet LIFE Terra Musiva (Terre de mosaïque) fait partie des 52 projets européens retenus en novembre 2021 par la Commission Européenne. D'une durée de 5 ans (01/22 à 09/26) et porté par 9 partenaires associés, il vise à renforcer la conservation de la biodiversité d'intérêt communautaire de 6 sites Natura 2000 du territoire des garrigues gardoises.)



Coordinateur

Partenaires associés

Financier principal

Co-financeurs

